

Шығыс Қазақстан облысы  
өкімдігінің білім  
басқармасы  
КМҚК «Геология барлау  
колледжі» КМҚК



КГКП  
«Геологоразведочный  
колледж» управления  
образования Восточно-  
Казахстанского  
областного акимата

**0704000 «Пайдалы қазба кен орындарын іздеу мен  
барлаудың геофизикалық әдістері» мамандығына  
арналған « ПҚК іздеу мен барлаудың геофизикалық  
әдістерінің жалпы курсы » пәнінен базалық тірек  
конспектісі**

**Азмухаметов Н.Т.**

**0704000 «Пайдалы қазба кен орындарын іздеу мен барлаудың геофизикалық әдістері» мамандығына арналған «ПҚК іздеу мен барлаудың геофизикалық әдістерінің жалпы курсы» пәнінен базалық тірек конспектісі**

Колледждің әдістемелік кеңесінде бекітілген

Өзірленген 08.04.2015 ж.  
(мерзім)

Қайта өңдеген 18.01.2020 ж.  
(мерзім)

**2 и 3 листы вместе, т.е. 3 лист на обороте 2го листа**

**Семей қаласы, 2020 ж.**

Азмухаметов Н.Т. 0704000 «Пайдалы қазба кен орындарын іздеу мен барлаудың геофизикалық әдістері» мамандығына арналған «ПҚК іздеу мен барлаудың геофизикалық әдістерінің жалпы курсы» пәнінен базалық тірек конспектісі.- 248бет

Базалық тірек конспекті оқу жұмыс бағдарламасына сәйкес «08.04.2015ж.» мамандыққа әзірленген және 2-3курс студенттеріне арналған. Ол құрамында «ПҚК іздеу мен барлаудың геофизикалық әдістерінің жалпы курсы» пәні бойынша 7 бөлімнен тұрады, негізгі теориялық және тәжірибелік материалдар, сондай-ақ, құрамында бақылау сұрақтары мен тапсырмалары бар. Негізгі түсініктердің анықтылығына, олардың ерекшеліктері мен түрлеріне қысқа мерзімде жаңа ақпараттарды пайдалана отырып студент жауап бере алады және емтиханды сәтті тапсыра алады. Базалық тірек конспектісі студенттерге ғана емес, оқытушыларға да сабаққа дайындалу және оны өткізу кезінде тиімді.

## Мазмұны

№	Бөлімдер мен тақырыптар	Бет
1.	<b>Кіріспе.</b>	9
	<b>Бөлім I. Геофизикалық барлау жайла негізгі түсінік.</b>	
2	Физикалық өрісі мен қалыпсыздығы, геологиялық геофизикалық қималар	11
3	Дала геофизикалық зерттеу туралы жалпы мәлімет.	14
	<b>Бөлім II. Магнитобарлау</b>	
4	Магнитті барлауының физика-геологиялық негіздері.	16
5	Магнитті барлауының физика-геологиялық негіздері.	16
6	Жердің нормаларды және ауытқулы магнитті өрісі. Магнитті өрісінің вариациялары.	18
7	Геомагниттік өріс элементтерін өлшеуге арналған аппаратура. (тәжірибе)	20
8	Магниттік түсірімнің техникасы мен әдістемесі	22
9	Бақылау торы.	26
10	Бақылау торы.	26
11	Магниттік түсірім жүргізілетін алаң.	28
12	Магниттік түсірімнің техникасы мен әдістемесі. (тәжірибе)	35
13	Дала материалдарының талдау және өңдеу.	36
14	Магниттік барлаудың геологиялық мақсаттары.	41
15/16	Магниттік ауытқуларды (аномалияларды) талдау. (тәжірибе 4сағат)	44
	<b>Бөлім III. Гравибарлау</b>	
17	Гравибарлаудың қалыптасуы.	50
18	Гравитациялық барлаудың физико-геологиялық негіздері .	53
19	Ауырлық күшінің қалыпты мәні. Клеро теориясы.	56
20	Ауырлық күші өрісінің элементтерін өлшейтін аспаптар. Жанама және нақты өлшем. (тәжірибе)	57
21	Гравитациялық барлау жұмыстарын жүргізу техникасы мен әдістемесі.	60
22	Түсірілім түрлері. Негізгі техникалық жағдайлар.	62
23	ОГП-ның қызметі және оны құру.	64
24	Гравитациялық аномалияларды геологиялық тұрғыдан интерпретациялау. (тәжірибе)	65
25	Гравибарлау түсірімін жүргізудің әдістемесі мен техникасы. (тәжірибе)	70
26	Дала материалдарының талдау және өңдеу.	71
27	Фая, Прея және Буге редукцияларындағы ауырлық күштерінің ауытқулары.	74
28	Гравитациялық аномалияларды геологиялық тұрғыдан интерпретациялау.	81

29	Гравитациялық аномалияларды трансформациялау (түрлендіру). (тәжірибе)	86
30	Дала материалдарын интерпретациялау және өңдеу . (тәжірибе)	88
	<b>Бөлім IV. Электробарлау</b>	
31	Әдістің қалыптасуы.	89
32	Тау жыныстарының электрлік қасиеттері.	91
33	Электробарлау аппаратурасы мен жабдықтары. (тәжірибе)	93
34	Электробарлау аппаратурасы мен жабдықтары. (тәжірибе)	93
35	Тұрақты ток өрісіне негізделген электрбарлау әдістері	96
36	Электрофильдеу .	101
37	Тік электрлік зондылау	102
38	Электрлік зондылау қисық сызықтарын интерпретациялау.	103
39	Электр профилдеудің нәтижесінің сапалық интерпретациясы. (тәжірибе)	106
40	Кедергі әдісінің өңдеу материалдары.(тәжірибе)	107
41	Физикалық- химиялық әдістердің пайда болуы.	109
42	Жасанды поляризация әдісі.	111
43	Аппаратура және құрылғы.Материалдарды өңдеу. (тәжірибе)	112
44	Мәліметтерді өңдеу. (тәжірибе)	113
45	Айнымалы электрмагниттік өрістер әдістері. Магнит-теллурлық әдістері	115
46	Электромагниттік зондылау әдістері (тәжірибе)	117
47	Индукциялық әдістер. (тәжірибе)	118
48	Радиотолқынды әдістер.	119
49	Радиотолқынды әдістер. (тәжірибе)	121
	<b>Бөлім V. Сейсmobарлау</b>	
50	Сейсmobарлаудың физикалық негіздері.	124
51	Шағылған және сынған толқындар .	127
52	Сейсмикалық тербелісті тіркеу принципі.	128
53	Сейсmobарлау аппаратурасы мен жабдықтары. (тәжірибе)	132
54	Бақылау жүйесі.	138
55	Сынған толқындар тәсілінде пайдаланылатын бақылау жүйесі.	142
56	Сейсмикалық толқындардың годографтары туралы түсінік. (тәжірибе)	143
57	Шағылған толқындар годографының теңдеуі Сынған толқындар годографының теңдеуі. (тәжірибе)	145
58	Сейсмикалық материалды талдау (интерпретациялау).	149
59	Сейсмикалық барлау әдісінің нәтижелерін дайындау.	155
60	Шағылу және сыну шекараларын тұрғызу. (тәжірибе)	156

61	Шағылу және сыну шекараларын тұрғызу. (тәжірибе)	156
	<b>Бөлім VI. Радиометриялық барлау әдістері</b>	
62	Әдістің жалпы сипаттамасы.	159
63	Радиоактивтілік жайлы жалпы түсінік.	160
64	Радиоактивтікті өлшейтін приборлар мен өлшеу әдістері.	162
65	Дала гамма-әдісі.	165
66	Дала эманациялық түсірімі.	167
67	Аппаратура мен жабдықтар. (тәжірибе)	169
68	Ядролық-физикалық әдістер.	171
69	Ядролық-физикалық әдістер. (тәжірибе)	175
	<b>Бөлім VII. Ұңғыманы геофизикалық әдістермен зерттеу.</b>	
70	Әдістің маңыздылығы және қалыптасуы.	179
71	Кедергі әдісі.	185
72	Өздігінен поляризацияланған потенциалдар әдісі.	188
73	Электрлік каротаждағы қолданылатын өлшеу техникасы. (тәжірибе)	191
74	Каротаж станциясымен танысу (тәжірибе)	195
75	Бүйірлік каротаж (БК).	197
76	Индукциялық каротаж (ИК).	200
77	Радиоактивті каротаж.	204
78	Гамма-гамма каротаж.	205
79	Нейтрондық каротаж.	206
80	Радиоактивті каротаж . (тәжірибе)	210
81	Магниттік каротаж. Термометрия .	218
82	Акустикалық каротаж.	222
83	Кавернометрия. Инклинометрия.	226
84	Акустикалық каротаж және термометрия нәтижелерін өңдеу . (тәжірибе)	227
85	ҰҒЗ интерпретациясы. (тәжірибе)	230
86	Ұңғымадағы геологиялық-техникалық әдістер.	234
87	Газды каротаж.	237
88	Ұңғымадағы геологиялық-техникалық әдістер. (тәжірибе)	241
89	Ұңғымадағы геологиялық-техникалық әдістер. (тәжірибе)	243
90-91	Ұңғымалардағы геофизикалық зерттеулерді кешендеу.	244

## ПӘННІҢ ТАҚЫРЫПТЫҚ ЖОСПАРЫ

№ р/с	Бөлімнің, тақырыптың және тақырыпшаның Атауы	Оқытудың күндізгі формасындағы оқу сағаттарының саны	
		Барлығы	С. і. Зертханалық-тәж. сабақтар
1	2	3	4
	<b>Кіріспе.</b>	2	-
	1 Бөлім. Барлаудың геофизикасының негізгі ұғымдары мен қағидалары.		
1.1	Физикалық өрістер мен аномалиялар. Геологиялық-геофизикалық қималар.	2	-
1.2	Далалық геофизикалық зерттеулер туралы жалпы мәліметтер.	2	-
	Бөлім бойынша барлығы:	4	-
	<b>Бөлім 2. Магниттік барлау</b>		
2.1	Магниттік барлаудың физикалық-геологиялық негіздері.	6	-
2.2	Геомагнитті өрістің элементтерін өлшеуге арналған аппаратура мен жабдықтар.	4	4
2.3	Магниттік түсірімдерді жүргізу әдістемесі мен техникасы.	10	2
2.4	Далалық материалдарды өңдеу және түсіндіру.	8	4
	Бөлім бойынша барлығы:	28	10
	<b>3 Бөлім. Гравитарлау.</b>		
3.1	Гравитарлаудың физика-геологиялық негіздері.	6	-
3.2	Ауырлық күшінің өріс элементтерін өлшеуге арналған аппаратура.	2	2
3.3	Гравитарлау жұмыстарын жүргізудің әдістемесі мен техникасы.	10	4
3.4	Далалық материалдарды өңдеу және түсіндіру.	10	4
	Бөлім бойынша барлығы:	28	10
	<b>4 бөлім. Электрбарлау</b>		
4.1	Электрбарлаудың физика-геологиялық негіздері.	4	-
4.2	Электрбарлау аппаратурасы мен жабдықтары.	4	4
4.3	Тұрақты ток әдістері.	14	4
4.4	Физикалық-химиялық өрістердің әдістері.	10	4
4.5	Төмен жиіліктегі электромагниттік өрістің әдістері.	6	4
4.6	Жоғары жиіліктегі электромагниттік өрістің әдістері (радиотолқынды әдістер)	4	4
	Бөлім бойынша барлығы:	42	20
	<b>5 Бөлім. Сейсморлау.</b>		
5.1	Сейсморлаудың геологиялық-физикалық негіздері.	10	
5.2	Сейсморлау аппаратурасы мен жабдығы.	6	2
5.3	Сейсморлау жұмыстарын жүргізудің әдістемесі мен техникасы.	10	4
5.4	Далалық материалдарды өңдеу және түсіндіру.	10	4
	Бөлім бойынша барлығы:	36	10
	<b>6 Бөлім. Іздеу мен барлаудың радиометрлік және ядролық-</b>		

	<b>физикалық әдістері.</b>		
6.1	Радиоактивті әдістердің физикалық-геологиялық негіздері.	6	-
6.2	Далалық радиометрлік аппаратура мен жабдықтар.	2	2
6.3	Барлаудың радиометрлік әдістері.	8	2
6.4	Ядролық-физикалық әдістер.	8	2
	Бөлім бойынша барлығы:	24	6
	<b>7 Бөлім. Ұңғымалардағы геофизикалық зерттеулер.</b>		
7.1	Электрлік каротаж әдістері.	6	2
7.2.	Радиоактивті каротаж әдістері.	6	2
7.3.	Ұңғымалардағы каротаж бен зерттеудің өзге әдістері.	8	4
7.4.	Ұңғымалардағы геологиялық-техникалық әдістер.	10	4
7.5.	Ұңғымалардағы геофизикалық зерттеулерді кешендеу.	2	2
	Бөлім бойынша барлығы:	32	14
	<b>Пән бойынша барлығы:</b>	<b>196</b>	<b>70</b>



# Сабақ №1

## Кіріспе

### Жоспар:

1. Геофизика ғылымы туралы жалпы түсінік.
2. Геофизика ғылымы жалпы және қолданбалы (барлау) түсініктері.
3. Геофизиканың басқа ғылым салаларымен байланысы.
4. Геофизикалық барлау әдістеріне жалпы сипаттама.

Барлаудың геофизикалық әдістері деген сөзді қысқаша айтқанда – **барлау геофизикасы** деп біледі **Барлау геофизикасы** – жер туралы жаратылыс тану ғылымының бір саласы. Оның мазмұнына жер қойнауының геологиялық құрылысын игеру, пайдалы қазбалар кен орындарын іздестіру және барлау жүйесі кіреді

Бұл мәселелерді шешу үшін **табиғи** және **жасанды** физикалық жер өрісін өлшеу, және де жер қойнауының өзгеше геология құрылыстарын зерттеу қажет.

Геофизикалық өрістерді зерттеу негізіне мынадай негізгі физиканың заңдары жатады: гравитациялық және магниттік тартылыс, электромагниттік индукциясы, шығылысқан мен сынған серпімді толқындардың диффракциясы, радиоактивтік сәулелену және т.б. Физикада бұл заңдар өздері әрекет ететін қарапайым орта жағдайында қолданылады. Ал геологиялық құрылыстар өте біртектес емес орта болып келеді, соған қарай физикалық заңдарды қолдануы өте қиындыққа соғады. Сондықтан геофизика әдістерін қолдану үшін өте сапалы және жоғары нақты аппаратура құралдарды болу керек, олар жаңалдырылған электроника мен оптикалық бөлшектерінен құрастырылуы қажет, және ЭЕМ арқылы дала құжаттамаларының есептерін шығару керек.

Барлау геофизикасы екі өз бетті салаға бөлінеді: **дала геофизикасы** және **ұнғымадағы геофизикалық зерттеулері** (қысқаша айтқанда *каротаж*, басқаша айтқанда *өндіру геофизикасы*).

Дала геофизикасына көптеген әдістер тобы кіреді, олар жер қойнауын және дала зерттеу жұмыстарын атқарады. Бұл жұмыстар жердің үстінде, су аймақтарында және әуеде өткізіледі.

Өндіру геофизикасы басқаша айтқанда каротаж өзінің әдістер тобымен тек қана ұнғымалардың геологиялық құрылыстарын зерттейді.

Барлау геофизикасы жердің физикалық өрістерін зерттеуге арналған бір неше әдістерге бөлінеді. Ол әдістер: магниттібарлау, гравитарлау, электрбарлау, сейсморбарлау, радиометрия және каротаж.

*Магниттібарлау* – магнит өрісін және геомагниттік элементтерін өлшейді.

*Гравитарлау* – гравитация өрісін және гравитациялық аномалияларды зерттейді, олар тау жыныстарынан және олардың қасиеттерінен пайда болады.

*Электрбарлау* – жердегі тау жыныстары мен кендердің электромагниттік қасиеттерін зерттейді және электромагнит өрісін тарату әдістерін қолданады.

*Сейсморбарлау* – сейсмикалық толқындарды бақылау және тау жыныстардың сейсмикалық қасиеттерін зерттеуде қолданылады.

*Радиометрия* – радиоактивтік қасиеттері бар тау жыныстарын зерттеу.

*Каротаж* – ұңғымадағы физикалық өрістерді өлшеу және геофизикалық әдістермен геология құрылысын зерттеу.

Қазіргі заманда геофизика әдістерін өте көп қолданады, өйткені ол прогрессивтік және тиімді әдістердің бірі болып келеді. Геофизика әдістерін өзгеше кенорындарын іздестіру және барлау кезінде мұнай мен газ пайдалы қазбаларын зерттеуде арнайы қолданады.

Бақылау сұрақтар:

1. Геофизика ғылымы туралы жалпы түсінік.
2. Қандай геофизикалық әдістерді болады?
3. Тау жыныстардың физикалық қасиеттері?
4. Каротаж дегеніміз не?

## Сабақ № 2

**Физикалық өрісі мен қалыпсыздығы, геологиялық-геофизикалық қималар.**

### *Жоспар*

1. Физикалық өрістер туралы түсінік.
2. Табиғи және жасанды өрістер.
3. Геофизикалық өрістері – анықтама. (қалыпты, қалыпсыз)
4. Геофизикалық қима.
5. Геофизикалық есептер.
6. Сапалы және санды тұжырымдау.

Геологиялық есептерді шығару үшін, тау жыныстарының арасынан әртүрлі геологиялық нысандарды және олардың геометриялық өлшемдері мен ішкі құрылыстарын табу керек. Сол геологиялық нысандарды геофизика әдістерімен табу үшін, олардың және тау жыныстардың әртүрлі физикалық қасиеттері мол болу керек. Сол кезде ғана геологиялық нысандардың үстінен әртүрлі физикалық өрістер пайда болады.

*Физикалық өрістер* деп – материяның кеңістіктегі жағдайы және оның әр нүктесінің белгілі тұрақты немесе тұрақсыз өлшемі мен бағытын айтады.

Физикалық өрістің әр бір нүктесі белгілі бір көлеммен сипатталады. Сол көлемдер скалярлы немесе векторлы болып табылады, соған қарай физикалық өрістерді скалярлы немесе векторлы деп атайды.

Геофизикалық әдістермен *табиғи* және *жасанды* өрістерді зерттейді.

Табиғи өрістерге тек қана, адамның қатысуынсыз, табиғи өзгешегімен пайда болған өрістер жатады. Оларға келесі өрістер: магнитті және жердің гравитациялық өрістері, кейбір электр өрісі, жерге жайылған радиоактивтік өрістер жатады.

Жасанды өрістерге кейбір электромагниттік өрістер, серпінді толқындардың тарайтын өрісі, жасанды радиоактивтік өрістер жатады.

Сол өрістерді адамның көмегімен және техниканың күшін пайдаланып таратады.

Жер құрылысының ерекшелігінен пайда болған физикалық өрістерді - *геофизикалық өрістер* деп атайы.

Физикалық өрістермен жер құрылыстар арасында тікелей байланыс бар, олар бір объектілерді және бір жер құрылысын өзгеше көрсетеді. Сондықтан белгілі жер құрылысына белгілі физикалық өріс сәйкес келеді.

Осыған қарап, геофизикалық әдістерді қолдану кезінде, өлшеген геофизикалық өрістерді тұжырымдайды (геофизика нәтижелерін геологиялық талдаудан өткізеді).

Барлау геофизикасында геофизикалық өрістерді *қалыпты* және *қалыпсызға* бөледі.

Қалыпты өріс дегеніміз, ол біртектес геологиялық ортадан тап болған геофизикалық өріс.

Локальдық геологиялық нысандардан (қабат, желі, интрузия) тап болған өрістерді қалыпсыз деп атайды.

Сондықтан, әр-түрлі геологиялық құрылысынан тұратын объектілерден шыққан өлшенген геофизикалық өрістер, қалыпты және қалыпсыз болып танылады. Ал осыдан қалыпсыз өрісті шығару үшін, өлшенген өрістен қалыпты өрісті алу керек.

Геофизикалық өрістерді шартты түрде информативтік өріске және кері әсерін тигізуші өрістерге бөледі. Информативтік өрістер геологиялық объектілерден тап болады, оларды геофизикалық әдістермен зертейді. Ал кері әсерін тигізуші өрістер пайдасыз геологиялық объектілерден тап болған соң, оларға көп мән бере қоймайды.

Өлшенген геофизикалық өрістердің нәтижесінде график карталарын сызып және изоқалыпсыздық карталарын құрастырады.

Кейбір геологиялық қиманың физикалық өзгешеліктерін геофизикалық қимамен көрсетуге болады.

*Геофизикалық қима* дегеніміз – бақыланған геофизикалық өрістерінің - тығыздық, магниттік, электр және сейсмикалық қасиеттеріне негізделген тау жыныстарының тік жазықтықта бейнеленуі.

Геофизикалық қима – ол геологиялық қиманың физикалық үлгісі.

Нақты геологиялық кимаға тек қана бір геофизикалық қима сәйкес келеді, бірақ геофизикалық кимаға геологиялық киманың бірнеше нұсқасы сайкеледі. Соған қарай геофизикалық киманы тұжырымдау кезінде бірнеше геологиялық талдаудан өткізеді.

Нақты геология-геофизикалық кимаға бір ғана физикалық өрісінің өлшемі сәйкес келеді және оны есептеп шығаруға болады. Сол есепті - тура тапсырма шығару деп аталады, және де ол тек қана бірқалыпты болады.

Нақты өріске бірнеше нұсқалы геология-геофизикалық кимасы тап келеді. Соның сәйкес келетін нұсқаларын табу үшін шығарылған есепті – барлау геофизикасында кері тапсырма шығаруы деп атайды.

Геофизикалық өрістерді геологиялық талдау кезінде өткізілетін тұжырымдалуды *сапалысына және сандысына* бөледі.

*Сапалы тұжырымдау* кезінде геофизикалық өрістердің қалыпсыздығын анықтайды және олардың табиғи шыққан геологиялық құрылыстарын сол ауданға жататынын сәйкес келуіне теңдестіреді.

*Санды тұжырымдау* кезінде геофизикалық киманың санды қасиеттерін және геологиялық нысандардың жатқан тереңдіктерін, олардың мөлшемдерін есептеп шығарады.

## **Бақылау сұрақтар**

1. Физикалық өрістер туралы түсінік.
2. Геофизикалық өрістер туралы түсінік.
3. Қандай өрістерді қалыпты немесе қалыпсыз айтамыз?
4. Геофизикалық кима туралы түсінік.
5. Геофизикалық өрістерді геологиялық талдау кезінде қалай бөлінеміз?

### Сабақ № 3

#### Дала геофизикалық зерттеу туралы жалпы мәлімет.

##### Жоспары:

1. Геофизикалық жұмыстар.
2. Геология-геофизикалық зерттеулері.
3. Геофизикалық іздестіру жұмыстарын.
4. Бөлшекті-барлау жұмыстары.
5. Өлшейтін тор.

Геологиялық барлау жұмыстарының негізгі мақсаты пайдалы қазбаларды іздестіру және бөлшекті зерттеу болып келеді, олар еліміздің минералды шикізат базасын толықтырады.

Қазіргі уақытта геофизикалық жұмыстарды геологиялық барлау жұмыстарының *сатысымен* жүргізеді. Бұл сатыларға келесі геофизикалық жұмыстар жатады:

1) *аймақтық геофизикалық зерттеулер* 1:2000000 (1:1000000) масштабты және келесі геологиялық түсіру жұмыстарын сол масштабпен жүргізеді.

2) *іздестіру жұмыстары* 1:50000 (1:25000) масштабты, және жалпы іздестіру тапсырмаларын шығару кезіндегі геологиялық түсіру жұмыстары.

3) *бөлшекті-барлау жұмыстары* (1:10000 – 1:2000) масштабты.

Қашықтағы және аз зерттелген аудандарда бірінші кезеңде геология-геофизикалық зерттеулерін кіші масштабпен (1:200000 – 1:1000000) өткізеді, олардың мақсаты мұнай-газ және металлогенетикалық перспективті аймақтарын айқындау жұмыстары.

Сол аймақтарда келесі геофизикалық іздестіру жұмыстарын 1:50000 – 1:25000 масштабпен өткізеді. Сол өткізілген жұмыстардың нәтижесінде кен шығатын жерлердің болжамды қорын бағалап және соларды айқындап, мұнай-газ бар құрылымдарын бұрғылау жұмыстарына тапсырып бөлшекті жұмыстарды жүргізеді.

Сонымен, геофизикалық жұмыстарды, жоғарыда айтылғандай, жер бетінде, әуеде, ғарышта, су бетінде, ұнғымада, шахталарда өткізеді. Жұмыстарды сатымен өткізеді. Әр сатысын өз масштабына сәйкес геологиялық барлау жұмыстарында өткізеді.

Түсіру масштабын бағыттың ия болмаса қырынның арасындағы қашықтықпен анықтайды (яғни пикеттердің арасындағы қашықтықтар).

Учаскіні ия алаңды зерттеу кезінде өлшейтін нүктелердің тұратын жерін - дала өлшемінің жүйесі (өлшейтін тор), деп атайды.

Өлшейтін тордың жиілігі профилдың және пикеттердің арасындағы қалашықтыққа байланысты болады.

Өлшейтін тор жиілігін алғашқы өткізілген кіші масштабты геофизикалық жұмыстарының нәтижесінде байланыс түрде ең аз болатын аномалиялардың мөлшерінен таңдайды.

Біршама көлемді геофизикалық жұмыстарды арнайы партиялар мен отрядтар жүргізеді. Кіші-құрым геофизикалық жұмыстарды, геологиялық карта түсірумен бірге, геологиялық ұйымының геофизикалық қызметі өткізеді. Геофизикалық партияларын жұмыс кезінде қолдану әдістеріне қарай жиынтықтайды (сейсмикалық, гравиметрлік, каротаждық және т.б.).

Партия жұмыскерлері немесе жобалау тобы, геологиялық тапсырма алған кейін, жұмыс жобасын құрастырады. Жоба техника-экономикалық және смета бөлімдерінен тұрады. Сол жобада жиынтықталған геофизикалық әдістерінің керегін дәлелдейді, жұмастың көлемін, керекті транспорт және уақыт шығынын есептейді, құрал-жабдықтарды келтіреді, дала жұмыстарының техника мен әдістерін қолдануы, дала материалдарын өңдеу және тұжырымдалу әдістерін көрсетеді.

Дала жұмыстарын өткізу кезінде сол учаскіде топографтар алдын ала өлшейтін тор әзірлейді. Геофизиктер арнайы құралдарымен әр бір бақылайтын нүктелерден геофизикалық өрісінің көлемін өлшейді және сол учаскідегі геофизикалық өрістерін геологиялық құрылыстарына сәйкес болатын байланыстарын орнатады.

Барлық дала жұмыстары біткен соң партия жабылады, құрал-жабдықтар мен жұмыскерлерін партия базасына шығарады.

Экспедиция базасында тыңғылықты жұмыстарын (камералдық) аяқтайды, сол біткен жұмыстардың нәтижесінде есептеме құрастырылады.

## **Бақылау сұрақтар**

1. Геофизикалық әдістердімасштаб бойынша қалай бөлінеді?
2. Қандай геофизикалық жұмыстарды іздеу деп атайды?
3. Қандай геофизикалық жұмыстарды барлау деп атайды?
4. Бақылау тор дегеніміз не?

**Магнитті барлауының физика-геологиялық негіздері.**

Жоспар:

1. Магниттік барлау туралы түсінік.
2. Магнетизм.
3. Магниттік өріс.
4. Магниттік өрістің элементтері.
5. Магнитосфера.

Магниттік барлау (магниттібарлау) – тау жыныстары мен кендердің әртүрлі магниттік қасиеттерінің нәтижесінде туындайтын жер магниттік өрісі мен оның элементтерінің өзгеруін зерттеуге негізделген барлаулық геофизика әдістерінің бірі.

Магнитобарлау арқасында көптеген маңызды геологиялық мақсаттарды шешуге болады, соның бірі пайдалы қазбаларды іздеу және барлау, әсіресе күшті магниттік темір және титан-магниттік кендерді, әлсіз магниттік және бокситтік кендерді, сульфидтік және магнитті активтік минералдар бар кендерді, сонымен қатар магнитобарлауды геологиялық картаға түсіру және тектоникалық бұзылулардың аймағын зерттеуде қолданады.

Магнетизм дегеніміз - электрлік оқталған кішкентай бөлшектер арасындағы әрекеттестік тердің ерекше түрі.

Кез келген зат жеке элементтердің атомдарынан тұрады. Өз кезегінде атом белгілі орбиталар бойынша атом ядросын айналып жүретін электрондардан және ядродан тұрады. Электрон теріс электрлік зарядқа ие бола отырып, ядро маңайында орбиталды магниттік кез(момент)тудырады. Сонымен қатар электрон өз осымен айнала отырып арқалық (спинавой англ. яз to spin-вращать)магниттік кез(момент) тудырады. Арқалық магниттік кезге атом ядролары және оның барылық микробөлшектерді –протондар,нейтрондар және т.б ие. Заттардың магниттелуі олардың орбиталды және арқалық магниттік кездегі бағыттарына,әсеріне байланысты тарта алады.Осылайша магнитизбарылық газтәріздес,сұйық және қатты денелерге тән.Магнитизм әсер ететін кеңістік магниттік өріс деп аталады.

Кеңістікті магнетизм күштері бар болған кезінде, *магниттік өріс* деп атайды. Демек магниттік өріс күшке жатады, сондықтан ол векторлы болады.

Магниттібарлауда жердің магниттік өрісін – магниттік индукциямен (В) сипаттайды. Магниттік индукцияның вектор бағыты, тап осы нүктесіне орналастырылған, магниттік тілі солтүстік соңысына жұмыс істейтін күш

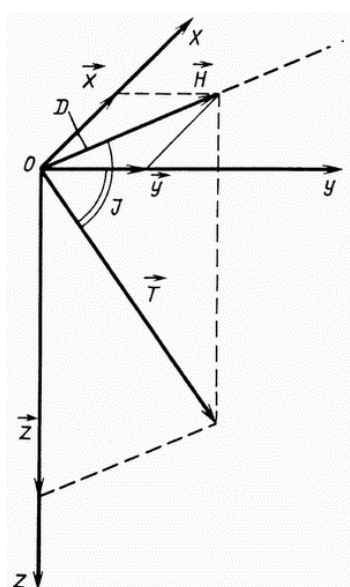


бағытымен сәйкес келеді Магниттік индукция өлшеу бірлігі СИ жүйесінде тесла (Тл) болып табылады Ал дала өлшеуінде өте кең қолданылатын ұсақ өлшеу бірлігін нанотесла (нТл) деп атайды  $1 \text{ нТл} = 10^{-9} \text{ Тл}$ .

Екінші көп таралған магниттік өрістің сипаттамасының бірі кейбір бақылайтын ортада *магниттік өріс кернеу* деп аталады және T- толық векторлы күш болып келеді.

Векторлардың модуль дерінің (B және T) араларында мынадай тәуелділік байланыс бар  $B = \mu T$ ,  $\mu$  - дегеніміз орта салыстырмалы магниттік өткізгіш

Геомагниттік өрісінің толық күш векторы координаталардың тік бұрышты жүйесінде өлшеу нүктесінің ортасынан алғанда өз құрастырушыларына жайылады. (Сурет 1)



Жазықтық xOy көлденең, ось x географиялық солтүстікке бағытталған ось y – шығысқа бағытталған z – тікпен төмен бағытталған. Вектор құрастырушыларын сол осьтермен сәйкес солтүстік, шығыс, тік деп белгілейді. Көлденендік жазықтыққа түсірген T проекциясын – көлденен құрастырушы H деп атайды. Тік жазықтық zOn (қайсыда H және T жатады) магниттік тік жазықтық деп аталады.

Географиялық және магниттік меридиан жазықтықтары аралық D - бұрышы магниттік ию бұрышымен немесе магниттік ию деп аталады

Вектор аралық бұрыш T толық кернеу және xOy көлденең жазықтығымен магниттік еңкею бұрышымен немесе магниттік еңкеюмен аталады.

D, I, H, Z, T – жердің *геомагниттік өріс элементтері* немесе жердің магнетизм элементтері деп аталады.

H, T, Z - элементтері СИ жүйесінде магниттік индукция бірліктерінің тесла (Тл), немесе нанотесла (нТл) мен өлшенеді;

D, I – бұрыштарын градусстармен өлшейді.

$\Delta Z$ ,  $\Delta T$ , T,  $\Delta H$ , H – мөлшерлер әдеттегі магнитобарлауда қолданады.

### **Бақылау сұрақтар**

1. Қандай өрісті геомагниттік деп атайды?
2. Магниттік өрістің анықтама?
3. Магнетизмнің турлері?
4. Магниттік өрісінің сипаттамасы?
5. Магниттік индукциямен кернеудің қандай байланысы болады?
6. Магнетизм элементтерің айтыңыз?
7. Магниттік индукцияның өлшем бірлігі?

### **Сабак № 6**

#### **Жердің нормаларды және ауытқулы магнитті өрісі. Магнитті өрісінің вариациялары.**

##### Жоспар:

1. Қалыпты магниттік өріс.
2. Қалыпсыз магниттік өріс.
3. Магниттік вариациялар.

Көптеген өзгертулердің нәтижесінде жердің магниттік өрісінің кернеуінің күрделі мінез-құлығы анықталған.

Жер түйіндегі электрлік токтармен байлаулы өрісті – қос өрісі (диполь) деп аталынады және  $T_d$  белгіленеді.

Әртүрлі тау жыныстарынан қосылған, әрбір материк қосымша материктік магниттік өрісті құрады ол  $T_m$  деп белгіленеді.

Материктерде ірі геологиялық түрлері бар және магниттік кендердің магниттенуі өте жоғары болса, олар аймақтық (регионалдық) және жергілікті (локалдық) өрістерінен құрады, сәйкес  $T_p$  мен  $T_l$  деп белгіленеді.

Нәтижелі магниттік өріс бұлардың сомасынан тұрады былайша:

$$T = T_d + T_m + T_p + T_l$$

Біздің республикамыздың жер аймағы бір материкте орналасқан соң, соған қарай барлығының өлшеу нүктелерінде сома ( $T_d + T_m$ ) бір деңгейлі болып қалады

**Соны қалыпты (нормалды) магниттік өріс деп атайды (кейде магниттік ауытқу дей береді) және былайша белгілейді**

$$T_0 = T_d + T_m$$

Ал мына сома ( $T_p + T_{л.}$ ) геологиялық құрылымған тәуелді болады және де оның өлшемі барлық нүктелерде әр түрлі болып келеді содан да оны қалыпсыз (аномалды) магниттік өріс деп атайды және былай ша белгілейді

$$T_a = T_p + T_{л.}$$

Осы магниттік өріс магнитобарлау зерттеулерінде негізгі нысан болып келеді .

Магниттік ауытқу мөлшерін анықтау үшін, жалпы магниттік өрістің мөлшерінен қажетті қалыпты магниттік өрістің өлшемін алу керек :

$$T_a = T - T_0.$$

Кейде магниттібарлауда бақылау нүктесінде магниттік өрістің күштенуінің жетілдіруін есептейді:

$$\Delta T = T - T_0 \quad (\Delta T \approx T_a \text{ есептегенде}) \quad \text{и} \quad \Delta Z = Z - Z_0$$

$Z_0$  және  $T_0$  мағынасын қалыпты карталардан алады, ал  $Z$  пен  $T$  мағынасын өлшейді.

Тау жыныстарының магниттенуі нәтижесінде, қалыпты жер өрісінің ықпалын жасау астында магниттік ауытқу өрісі пайда болады, қосымша сол өрісті қалыпсыз деп атайды.

Әрбір жердің магнетизм элементтері тұрақты болмайды, олар толассыз өзгеріп тұрады. Сондай өзгертулер жер магнетизм элементтерінің *вариациялары* деп аталынады немесе *геомагнитті вариациялар* делінеді.

Магниттік вариациялар бірнеше түрге бөлінеді: жылдамды (дәуірмен 1 жыл), баяу немесе атам заманғылар (дәуірмен 1 жылдан көбірек) және магниттік құйын, ол магниттік өрісінің тығызтандық өзгертулері наносфералы үрдістердің әсерінен туынады, полярлы нұр шашумен сәйкес келеді.

## **Бақылау сұрақтар**

1. Қандай геомагниттік өрісті қалыпты деп атайды?

2. Қандай геомагниттік өрісті қалыпсыз деп атайды?
3. Магниттік вариация ол не?
4. Магниттік вариациялардың турлері?

### *Сабақ 7 (тәжірибе)*

#### **Геомагниттік өріс элементтерін өлшеуге арналған аппаратура.**

##### Жоспар:

1. Магнитометрлер.
2. Тура өлшеу.
3. Жанама өлшеу.
4. Нақты (абсолюттік) және салыстырмалы өлшендер.

**Магнитометр** деп аталатын арнайы аспаппен жер бетіндегі магнит өрісінің жиынтығын (жердің бірқалыпты магнит өрісі мен рудалық денелердің қосымша магнит өрісінің қосындысы) өлшейміз. осы жиынтық магнит өрісінің үш құраушыларын ( $Z$  – тік және  $H$  – көлденен құраушылары,  $D$  – ауытқу) өлшеп және осы ауданға тән жердің қалыпты магнит өрісінің мәнін біле отырып (аномальды аймақтан алшақ жатқан орында өлшенеді), жоғарыда келтірілген формулар бойынша магнит өрісінің элементтерін және оның толық векторын есептеп шығаруға болады.

Дегенмен, жер бетіндегі әрбір нүктеде магнит өрісінің барлық үш құраушылығын өлшеу өте сирек жүргізіледі. Бұл жұмыстың қиындығына немесе уақыттың азыдығына байланысты емес, негізгі себеп әрбір өлшенетін профильдің бағытын геодезиялық өлшемдермен қамтамасыз етілуі қажет. Бұл күрделі жұмыс, сондықтанда магниттік түсірім кезінде әрбір нүктеде магнит өрісінің бір-ақ құраушысы (элементті) өлшенеді. Әдетте, бұл  $Z$  – құраушысы, оны өлшеу ынғайлы да және магнит өрісінің өзгерісін нақты көрсетеді.

Магнит өрісін элементтерін өлшеу тура және жанама тәсілдермен жүргізіледі.

**Тура** өлшеу деп өлшенетін шаманы басқа бір шамамен салыстыру арқылы (электр тоғы, магнит өрісі), (мәселен таразымен өлшеу сияқты) немесе қажетті өлшем бірлігінесәкес шкаласы бар өлшеуіш аспаппен тікелей (мәселен амперметрмен) өлшеуді айтады.

**Жанама** өлшеу деп өлшенетін шаманы басқа бір тура өлшенетін шамамен байланысы (тәуелділік) арқылы есептеліп шығарылады.

Әдетте,ғ магнит өрісінің барлық элементтері (оларды уақытпен өзгерісінен басқасы) жанама тәсілмен өлшенеді.

Тура және жанама тәсілдермен жердің магнит өрісінің элементтері **нақты** (абсолюттік) және **салыстырмалы** түрде өлшенеді. **Абсолюттік** өлшеулер арқылы өлшенетін магнит өрісің элементтерінің толық мәні анықталса, **салыстырмалы** өлшем нәтижесінде екі пункт аралығындағы магнит өрісінің элементтерінің айырымы немесе өсімшесі ( $\Delta Z$  немесе  $H$ ) анықталады.

Абсолюттік өлшеулер арқылы магнит өрісінің ауытқу  $D$ , еңкістігі  $I$ , көлденен құраушысы  $H$  және өріс кернеулігінің толық векторының модулі анықталады. Магнит өрісінің қалған элементтері осы өлшенген шамалар арқылы, жоғарыда келтірілген 2,2 формулалар көмегімен есептеледі.

Абсолюттік өлшеулер ірі обсерваториядаларда, ал салыстырмалы өлшеулер дала жұмыстары кезінде жүргізіледі. Кейінгі кезде протондық және кванттық магнитометрлер көмегімен дала жұмыстары кезінде де абсолюттік өлшеулер жүргізуге мүмкіндік туды.

Айта кететін жәйт, шаманы нақты және салыстырмалы өлшеу немесе өлшенетін шаманың нақты және салыстырмалы мәндері атаулытүсініктер әр түрлі мағыналарды білдереді. Мәселен, салыстырмалы өлшеу тәсілі арқылы магниттік өрістің бір жағдайда тік құраушысының нақты мәнін анықтау арқылы салыстырмалы мәнін ( $\Delta Z = Z_1 - Z_2$ ) табуға болады.

*Аспаптың сезгіштік қабілеті* (чувствительность) деп аспаптың өлшеген шамасының өлшенетін шаманың өзгерісіне қатынасын айтады.

Егер магниттік өлшеуді бір нүктеде біршама уақыттан кейін қайталасақ, онда өлшеу нәтижесі бастапқыдан өзге болады. Бұл құбылыс аспаптың *ноль-пунктінің ыңғылысу* деп аталады. Мұндай өзгеріс механикалық аспаптар үшін оның кейбір конструкциялық элементтерінің уақыт өткен сайын әр түрлі себептермен (механикалық сілкініс немесе басқа жағдайлар) өзара орналасуының өзгерісіне байланысты.

## Бақылау сұрақтар

1. Қандай аспаптарды магнитометр деп атайды?
2. Қандай тәсілдермен магнит өрісін элементтерін өлшейді?
3. Аспаптың сезгіштік қабілеті?
4. Геомагниттік өрісті өлшеу тәсілдерінің жіктелуі.
5. Магнитометрдің түрлері.

## **Магниттік түсірімнің техникасы мен әдістемесі**

### Жоспар:

1. Магниттік түсіру әдістемесі бойынша түсінік.
2. Магниттік түсіру турлері.
3. Геологиялық түсіру жұмыстарын бойынша магниттік түсірімдердің түрлері.
4. Бақылау пункт.
5. Жұмыс дәлдігі.

Магнитбарлаулық түсірімдер (немесе өлшеулер) жүргізу шартына байланысты құрлықтық (жер бетінде), аэромагниттік (ауада), ұңғымалық немесе жер астында (шахтада, тау қазыналарында, ұңғымада), гидромагниттік (су бетінде және су астында), спутниктік (ғарышта) деп бөлінеді. Лабораториялық (зертханалық) магниттік өлшеулер де кеңінен жүргізіледі.

Магниттік түсірімдер геологиялық қызметіне (аймақтық, іздестіру, іздестіру-барлау, барлау), өлшейтін параметрлеріне, қолданатын аспаптарына, өлшеу дәлдігіне байланысты да бөлінеді.

Құрлықтық, аэро- және гидромагниттік түсірімдер масштабтарына, метрологиялық қызметіне (тірек пункттері, қатардағы немесе жалпы пункттер, есептеу профильдері және т.б.), түсірім ауданына (көлемдік, профильдік, маршруттық) және геодезиялық мағлұматтармен қамтамасыз етуіне байланысты бөлінеді.

Магниттік түсірімді жоғарыда айтылғандай бөлу, геофизикалық барлау жұмысын жоспарлау және оны материалдық-техникалық жағынан қамтамасыз ету, түсірім процесін басқару және оның нәтижесін есепке алу, жұмыстың экономикалық тиімділігін есептеуді жеңілдетуге мүмкіншілік береді.

Магниттік түсірімдер бақылау пункттерінің кеңістіктегі жиілігі мен геометриялық орналасуына байланысты көлемдік және профильдік (маршруттық) болып бөлінеді. Көлемдік түсірімде бақылау пункттері магнит өрісі элементтерінің өзгерісін изосызықтар мен графиктер арқылы зерттеу үшін арнаулы жүйе бойынша орналастырылады. Профильдік түсірімде бақылау пункттері дербес профильдер (маршруттар) бойында орналасып, олардан алынған магнит өрісі элементтері тек қана графиктер түрінде бейнеленеді.

### *Магнитті түсірім жүргізу техникасы мен әдістемесі.*

Магниттік түсіру әдістемесі деп магнитобарлау жұмыстардың өткізу тәсілін түсінеді, оның негізінде әдіс таңдау және құралдарды қолдану, түсіру

масштабтар мен олардың түрі, бақылаулардың жүйелері және нүктелердің қою түрі, өлшеулердің дәлдіктері және нәтижелердің бейнелеулерінің қабылдауы жатады.

Магниттік түсіру түрлеріне келесі жұмыстар жатады: жердегі магниттік түсіру, әуемагниттік түсіру, гидромагниттік түсіру. Сонымен қатар, дала жұмыстар кезінде тау жыныстарының және кендердің үлгілерінің тұрғын мекенінде магниттік қасиеттерін және магниттік өрісінің өлшемін анықтайды.

Магнитобарлау жұмыстары, геология-геофизика әдістерімен құрылған жүйелермен қатар, мынадай іздеу мақсаттарды табысты шешеді: күшті және әлсіз магниттік кендерді, жеке-жеке туған кен орындарын, тас көмірді, мұнай және газ құрылымдарын табуын т. б.

Геологиялық түсіру жұмыстарын былайшы белгілейді: *іздеу және картаға түсіру, іздеу және барлау, барлау (бөлшектендіру) және арнайы жұмыстар.*

*Іздеу және картаға түсіру магниттік жұмыстарын* жердегі әдістермен ірімасштабты геологиялық карталау мақсаттардың шешімі үшін өткізіледі – магниттік тау жыныстарын табу соның ішінде интрузивтік және эффузивтік құрылымнан тұратын, тектоника құрылымдарын белгілеу, гидротермальды үрдістердің көрінуімен болған аймақтарды белгілеу, жәнеде тұзу ия жанама шығатын кен орындарын іздеулеріне арналған. Іздеу және картаға түсіру магниттік жұмыстарын әдеттегі орта дәлдік жанында 1:50000, 1:25000, 1:10000 масштабымен жүргізіледі.

*Іздеу және барлау магниттік түсіру жұмыстарын,* іздеу және картаға түсіру жұмыстарының нәтижесінде табылған қалыпсыздықтың бөлшектерін нақтылауы үшін өткізіледі, тектоника бұзулардың арасынан шығатын кен орындарын табу, олардың мөлшерлерін, түрін және денелердің жәйін бағалау. Іздеу және барлау магниттік түсіру жұмыстарын 1:10000, 1:5000, 1:2000 масштабтарымен жүргізіледі.

*Барлау (бөлшектендіру) магниттік түсіру жұмыстарын* 1:5000 жәнеде ірі масштабтармен өткізеді; дәлдік, ережеге сәйкес, өте биік болып келеді, оның мақсаты кен орындардың түрлерін және денелердің жайын анықтау, кен шығатын орнын барлау.

*Арнайы магниттік түсіру жұмыстары* микромагниттік түсіріске жатады. Оның ішінде: магниттік өріс градиенттерін өлшеу, интерпретациялық жер сызығын бақылау және учаскідегі қалыпсыз өрістің арнайы зерттеулерін өткізу.

Жердегі магниттік түсіру жұмыстары дайындау тәсілімен және жерлерге бақылау пункттерінің орналастыруы жағдайына қарап бөлінеді: ол *алаңды және бағытты (маршрутты)* болып келеді.

Алаңды түсіру жұмыстарын профильдерде өткізеді, топограф-геодезиялық құралдармен алдын ала дайындап қойылғаннан кейін. Бақылау профильдерді ірі геологиялық құрымдардың жатқан жерінің бағытына қарай қиылыстырып қояды. Жердегі өлшеу құралдарының тасу тәсіліне қарай жаяу және автокөліктік магниттік түсіру жұмыстарына бөлінеді.

Жердегі алаңдылы түсіру жұмыстарының масштабы бақылау профильдерінің аралығы қашықтықпен анықталады. Әрбір масштабтың артынан профильдердегі бақылау нүктелерінің аралық қашықтардың шектері анықталған. Мысалы, 1:10000 масштаб жанында профильдер аралығы 100 м дей қашықтыққа шектелген, ал бақылау нүктелерінің аралығы 10-25 м дей қашықтыққа шектеледі.

Далалық жұмыстар барысында өлшемдердің бақылау жұмысын жүзеге асырады, оларды қатардағы өлшемдермен салыстырады, квадраттық орта қателікпен жұмыс дәлдігін анықтайды:

$$m = \sqrt{\sum \delta^2 / 2n}$$

сондағы  $\delta$  – бір нүктенің қатардағы және қайталау өлшеулердің айырым аралығы;

$n$  – қайтадан өлшенген нүктелердің саны.

Далалық магнитобарлау жұмыстардың орындалуына арналған партиялар мен отрядтарды ұйымдастырады.

Далалық магнитобарлау отрядының жұмысына оператор басшылық етеді (бірінші категориялы техник-геофизигі). Жұмыстардың учаскесіне шығудың алдында оған далалық жұмыс өндірісін өткізу тапсырмасын береді, онда маршруттық нұсқаумен, рейсті, жұмыстардың көлемі және бақылау әдістемелері көрсетілген. Ол тапсырмамен барлық орындаушыларды таныстырады, құралдар мен жабдықтарды тексереді. Далалық журналда жұмыстардың бастаған және аяқталған уақытын күн сайын белгілеп тұрады. Жұмыстардың аяқтауымен оператор магнитограммыны (М -33) немесе далалық журнал (М-27,ММП-203) жазуларын дайындайды, орындалған жұмыстардың күндізгі көлемі, өлшемдерді есептейді, далалық құжаттарға қол қояды және оларды жауапты жұмыскерге тапсырады.

Автокөлікті магниттік түсіру жұмысы – қозғалып келетін автокөліктің бортынан магниттік өрісті өлшеу тәсілі, ол маусымның және жүру шартына байланысты болып келеді.



Ол әдіс ең алдымен, ашық далада және елсіз аудандардағы тегістелген бедер (рельеф) түрлері бар жерлерде қолданылады. Автокөлікті магниттік түсіру жұмыстарын автоматты түрінде қозғалыста жүргізеді, магниттік өрісті өлшеу және тіркеу үрдісі 5,10,15,20 метрлік қашықтықта орындалады.

Автокөлікпен магниттік түсіру жұмыстарын 1:5000-1:50000 масштабтарда аланды жерлерде жүргізеді.

Сол өлшеулер екі түрде орындалады: алдын ала топоторабын әзірлеген қалыпта және топобайлағыш қолдануымен. Топобайлағышпен түсіру жұмыстары шапшаң жүргізіледі.

Автомагниттік түсіру жұмыстарын, ережеге сәйкес, мамандандырылған отрядпен жүргізеді. Магнитобарлау жұмыстарын техникалық нұсқауларға сәйкес орындайды.

Әуемагниттік түсіру жұмысын – ұшақта немесе тік ұшақта жер бетінің үстінде орындайды. Сол түсіру түрі үлкен аймақтарды өте жылдам зерттеуге ықпал етеді, биік хабарлылықпен және тереңдікпен өзгешіленеді

Әуемагниттік түсіру жұмысын магнитобарлаумен сәйкес техникалық нұсқау жұмыстарының айқын әдістемесімен өткізеді .

Гидромагниттік түсіру жұмыстары – теңіздерде, мұхиттарда, көлдерде және өзендерде жүзуші құралдар арқасында орындалады.

Гидромагниттік түсіру жұмыстарының түрлері келесі белгілермен бөлінеді: геологиялық – аймақтықтарға, геокарталар түсіру, іздеулер; аудан қамтуымен – аландылы, маршруттылар; жүзу шарттарымен – мұхиттық, теңіз жағалауы, көлді-өзендер; аспап қолдануымен – феррозондық, кванттық, протондық магнитометрлермен.

Теңіз және өзен флотының министірлік нұсқамасына сәйкес, барлық гидромагниттік түсіру жұмыстарының түрлері нұсқау ерекшесімен және қауіпсіздік техникасының жалпы ережелерін қолдануымен өткізіледі.

### **Бақылау сұрақтар**

1. Қалай масштаб бойынша магниттік түсірімдерді бөленеді?
2. Қалай геологиялық тапсырма бойынша магниттік түсірімдерді бөленеді?
3. Қалай жұмыстарды жүргізу бойынша магниттік түсірімдерді бөленеді?
4. Бақылау пунктін қызметті?

## Сабақ 9-10

### Бақылау торы.

#### Жоспар:

1. Бақылау торы.
2. Тірек пункт.
3. Бақылау торының сапасын бағалау.

Барлық магнитобарлау жұмыстары бақылау пунктіне (БП) жүргізіледі. Бақылау пункті бастапқы нүкте болып қызмет етеді, осы пунктке қатысты басқа пунктерден өрістің өсімшелері анықталады. Одан басқа, бақылау пунктінен оператор аспаптың техникалық жағдайын қадағалайды (нөл пунктінің ығысуы). Барлық дерлік оптико-механикалық жанр үсті магнитометрлері бір кемшілікке ие, ол нөл пунктінің ығысуы, яғни бір пунктен алынатын өріс мәнінің уақыт өте өзгеруі, техникалық себептермен.

Бақылау пунктілерін жұмыс алаңына жақын магнит өрісі қалыпты жерде отряд тұрағының маңында алады. БП таңдаған жерде биіктігі 0,5-0,6 м ағаш бағана қойылып, мынадай жазба жазады: түсірім жолы, партияның қысқаша атауы, БП нөмері. Үлкен алаңдарда жұмыс істегенде уақыт шығынысыз алаңда бірнеше түсіріммен өту үшін бірнеше БП таңдайды. Барлық БП қатаң тұйық рейспен байланыстырады, бастапқы БП-дей кернеулікті басқа БП-не тарату үшін.

Аз нақтылықты магнит түсірімдері тек қана БП қатысты, одан таңертең жұмыс алдында және кешке жұмыс соңында бақылау алып жүргізеді. Жұмыс күні ішінде оператор қатардан пунктерде өлшем жүргізеді. Бұл ең қарапайым сызба, оны былай көрсетуге болады: БП таңертең – жұмыс күні ішінде қатардан пунктер – БП кешке.

Орташа нақтылықта түсірімдер (15-5) нТл кезінде жұмысты осындай сызбамен жүргізеді, тек қана екінші оператор отряд базасында магниттік вариацияларда өлшейді.

Жоғары нақтылықты түсірімдер (5нТл) кезінде жұмыс алаңында қосымша тіректік тор құрады және оларды екіншілік бақылау пунктері ретінде қолданады.

Іс жүзінде анықталған, ноль пунктінің ығысуы бірнеше сағат ішінде сызықты түрде жүреді, сондықтан тірек торын құрғанда оларға дейінгі рейс ұзақтығы 2-3 сағатартық болмауын есепке алады. Тірек пунктілердегі (ТП) өлшемдер біршама аспаптық ноль пунктінің ығысуын және магниттік вариацияларды бақылайды, оларды 2-3 сағат ішінде сызықты өзгереді. ТП

алаңда біркелкі магнит өрісі тұрақты, ыңғайлы, жақсы көрінетін жерлерде орналастырады.

Алаңдық түсірімдер кезінде ТП профильдің (Гр) магистральға (МГ) шығу жерінде орналастырады. Шығында азайту үшін оларды бір профиль арқылы орналастырып, орналасқан профиль нөмірлерін береді. Барлық ТП БП қатаң байланысылады. Алаңда ТП бағаналармен белгілейді. Тірек пунктерімен түсірім жүргізген кезде жұмыс тәртібі мынадай: БП таңертең – қатардағы пункт 2-3сағат – ТП 1 – қатардағы пункт 2-3 сағат – ТП 2 – қатардағы пункт 2-3 сағат – БП кешке.

Ең нақты түсірім (2-4) нТл кезінде ТП өлшемдерге қосымша жұмыс күні ішінде екінші оператор магниттік вариацияларды бақылайды.

ММП-203 және ММ-33 протонда және квант магнитометрлермен жұмыс кезінде өлшеулерді тірек нүктелерінсіз жүргізіп, БП өлшемдерді таңертең және кешке алады, бірақ магниттік вариацияларды сондай маркалы аспаппен өлшейді. Жоғары нақтылықта түсірім кезінде мұнда да тірек торы құрылады. Анықталған ауытқулар аймағында бұдан да нақты бақылаулар жүргізеді. Кейде тау жыныстарының жарықшақтығын анықтау, борпылдақ материалдың ығысу бағытын анықтау мақсатымен кішкентай аудандарда (100x100м дейін) микромагниттік түсірім жүргізеді (тор өлшемдері 1x1м). Бұл жағдайда БП-на әрбәр үш қатардағы пункттен кейін барады. Жұмыс үрдісінде бақылау өлшемдерін жүргізеді, оларды қатардағылармен салыстырып, жұмыс нақтылығын орташа квадраттық қателік көмеймен анықтайды.

Магнитометрдің техникалық күй-жағдайына жүйелі бақылау өткізіп тұру үшін және нүкте таңдауының, сонымен салыстырмалы жетілдіруі өріс күштенуін есеп айырысуға қажет болған, партия базасында бақылау пункті (БП) орналасады, немесе бастауыш нүкте деп атайды. Сол БП–де магнитометрмен өлшеу жұмысы бақылаулардың басының алдында өткізіледі (тәңертеңмен) және бақылау жұмыстары бітер кезінде (кешке). Сонымен қатар, түсіру жұмыс кезінде, бір жолғы бақылау өлшеулері мен қатар барлық түсірімдердің бақылауын өткізеді.

Магниттік түсіру жұмысының сапасын екі көрсеткіштермен: қатардағы өлшеулердің қателігімен және түсірген жұмыстың қателігімен бағалайды.

Төмендетілген және орта дәлдікті магниттік түсіру жұмыстарын, тек қана салыстырмалы БП–мен өткізеді, өлшемі таңертең және кешкі уақыттарында алынады. Магниттік түсіру жұмыстары мен қатар, күні бойы, екінші оператор отрядтың базасында, магниттік вариацияны өлшейді.

Магниттік биік дәлдікпен ( $\pm 5$  нТл) түсіру жұмыстарын өткізу кезінде учаскесінің жанында қосымша тіреу торабын жасайды, оны жұмыс барысында, екінші қайтара бақылау пункттер болып қолданады.

Тіреу пункттерінің өлшемдері М-27 құралының ноль-пунктілерінің қозғалысын және магниттік вариациясын байқайды, соның 2-3 сағат ішіндегі дерлік ұзындық ағысын көрсетеді. Тіреу нүктелерін алаң ішінде біркелкі бөлістіріп орналастырады, олар ыңғайлыда және жақсы белгіленген орындарында болуы тиіс, оператор үшін уақытын жоғалтпай жеңіл табылғаны керек.

Алаңды түсіру жұмыстарында, ТП (тіреу пункттерін) МГ магнитсральдегі ПР профильдің бастамасына шығарып қояды. Үнемдеу мақсатымен оларды бір профиль арқылы қояды және профильдің реттік номерімен иемдейді. Барлық тіреу пункттері қатты тұйық жүрулермен екі рет БП-мен (бақылау пункті) байланады. Жер бетінде ТП пункттерін БП сияқты бағаналармен бекітіп қояды.

Протондық ММП-203 және кванттық М-33 магнитометрлермен өлшеу жұмыстарын тіреу нүктелерсіз өткізеді, тек қана БП дан тәңертөңгі және кешкі өлшемдерін түсіріп тұрады, бірақта магниттік вариацияларын міндетті түрде сол құралдардың түрімен өлшеп тұруы тиіс. Жоғары дәлділікпен түсіру жұмыстарын сол құралдармен атқарған кезіндеде тіреу торабын қолдану керек.

### **Бақылау сұрақтары:**

1. Бақылау торы
2. Тірек пункті
3. Бақылау торының орналасуы.
4. Магниттік түсірімнің жіктелуі.

## **Сабақ 11**

### **Жоспар:**

Магниттік түсірім жүргізілетін алаң.

#### **Жоспар:**

1. Құрылықтық магниттік түсірім.
2. Автомобильді магниттік түсірім жүргізу әдістемесі.
3. Аэромагниттік түсірім.
4. Гидромагниттік түсірім.

### ***Құрылықтық магниттік түсірімдер***

Құрылықтық магниттік түсірімдер деп магнит өрісінің бір немесе бірнеше элементтерін немесе магнит өрісінің толық кернеулігін жер бетінде өлшеуді айтады. Бұл түсірім кезінде екі пункт аралығындағы магниттік өрістің вертикал құрастырушысының өсімшесі ( $\Delta Z$ ) анықталады. Ал,

протондық және кванттық магнитометрлер көмегімен магнит өрісінің толық векторының модулі  $T$  немесе оның өсімшесі  $\Delta T$  анықталады.

Құрлықтық магниттік түсірім жаяу, автомагниттік (қозғалыстағы автотранспорттан) және автодесанттық (автотранспорт оператор-байқаушыларды бір орыннан екінші орынға көшіру үшін пайдаланылады) болып бөлінеді.

Жаяу магниттік түсірімдер төмендегідей белгілер бойынша бірнеше топқа бөлінеді: а) геологиялық қызметке – іздестіру, іздестіру-барлау, барлау; б) түсірім жүргізілетін ауданы – кеңістікте, профильдік, маршруттық; в) масштабы; г) қолданылатын аспаптары; д) өлшенетін параметрлері ( $\Delta T$ ,  $T$ ,  $\Delta Z$ ,  $\Delta H$ ); е) өлшеу дәлдігі; ж) пайдалыналатын транспорт түріне – жаяу және автомобильдік.

Магнит өрісінің элементтерін өлшеу кеңістікте немесе профиль бойымен жүргізілуі мүмкін. Түсірімнің масштабы, профиль араларының және профиль бойындағы өлшенетін пункттердің арақашықтықтары, төмендегі 2.1-кестесінде көрсетілген.

Әдетте, магнит өрісінің элементтерін өлшеу дәлдігі алға қойылған геологиялық мақсатқа байланысты болады. Мүмкіндігінше, зерттелетін магниттік объектінің формасы, тереңдігі және магниттелуі туралы деректер еске алынады.

2.1-кесте

Түсірім масштабы	Профильдердің арақашықтығы, м	Профиль бойындағы пункттердің арақашықтығы, м
1:100 000	1000	100-200
1:50 000	500	50-100
1:25 000	250	20-50
1:10 000	100	10-40
1:5 000	50	5-20
1:2 000	20	5-10
1:1 000	10	2-5

Масштабы 1:1 000 000 және 1:100 000 аралығындағы құрлықтық магниттік түсірім (майда- және орта масштабты) өте сирек жүргізіледі. Рудалық кен орындарын іздестіруде магниттік түсірім масштабы 1:50000-нан майда болмауы қажет. Бұл іздестіруде ең кең таралған түсірім масштабтары: 1:50 000, 1:25 000 және 1 :10 000 болып саналады.

Әдетте, құрлықтық магниттік түсірімдер геофизикалық әдістердің басқа түрлерімен бірге қоса жүргізіледі. Мәселен, масштабы 1:50 000 және 1:25 000 геологиялық ашық және жартылай ашық аудандарда магниттік түсірім металлометрия және радиометриямен, электрбарлаудың кейбір тәсілдерімен, гравитарлау әдісімен қоса жүргізіледі. Геологиялық жабық аудандарда мұндай түсірімдер грави- және электрбарлау (ВЭЗ) әдістерімен қосарланып, тексеріс бұрғылау жұмыстары қосыла жүргізіледі.

Магниттік түсірім алдында зерттелетін ауданда тірек (опорные) және жалпы (рядовые) пункттерден тұратын бақылау жүйесі жасалынады. Өлшену сапасын тексеру мақсатында жүйеде бірнеше бақылау пункттері анықталады. Жүйедегі өлшем жұмысы осы бақылау пункттерінен басталып, жұмыс соңында осы пунктте аяқталады. Бақылау пунктіндегі магнитометрдің ертеңгілік және жұмыс соңындағы көрсеткіштері магнит өрісінің осы уақыт арасындағы өзгеруіне және температуралық режимнің ауысуына байланысты әртүрлі болады. Міне, осы бақылау пунктіндегі айырмашылық, жоғарыда айтылғандай, магнитометрдің ноль-пунктінің ығысуы деп аталады. Түсірім нәтижесінде алынған мәліметтерге осы ноль-пункттің ығысуы ескеріліп, түзету енгізіледі.

Жүйедегі тірек пункттер, негізінен, магнит өрісінің мәнін аса ұқыпты түрде анықтау үшін, жалпы пункттердегі өлшенген параметрлерді бір-бірімен үйлестіру үшін, магнитометрдің ноль-пунктінің ығысуын анықтау үшін пайдаланылады.

Әдетте, алдымен өлшеу процесі тірек пункттерде, сонан кейін жалпы пункттерде жүргізіледі. Айта кететін жәйт, өлшем барысында, міндетті түрде, магнит өрісінің тәуліктік өзгерісін қайталап өлшеу арқылы анықтау қажет.

**Түсірім нәтижесін графикалық түрде безендіру.** Әдетте, магнит өрісі индукциясын өлшеу нәтижесі сол түсірім масштабында немесе онан екі есе майда масштабта графикалық түрде тұрғызылады. Графикалық безендіру өріс индукциясының изосызықтары түрінде (изодинам), немесе әрбір маршрут бойымен график (қисық сызық) тұрғызу арқылы бейнеленеді. Бұл аталған тәсілдердің өзінше артықшылығы мен кемшіліктері бар. Изосызықтар тәсілінде ірі және кішігірім аномалиялар айқын көрінгенмен, изосызықтар тұрғызу барысында өрістің мөлшері тегістеліп, оның кейбір бөлшектері жойылып кетуі мүмкін (бұл бөлшектердің пайдасы зор болуы ықтимал).

Өрісті график (қисық сызық) түрінде бейнелеу, оның өзгерісін нақты көрсеткенмен, қарқындылығы жоғары өрісті тұрғызудың өзінше қиындығы бар.

### Автомобильдік магниттік (автомагниттік) түсірім

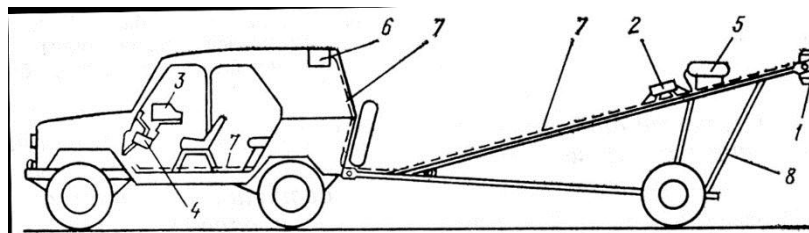
Автомагниттік түсірім деп магнит өрісі элементтерін жүріп келе жатқан автомобильден өлшеуді айтады. Бұл әдіс 1972-1974 жылдары бірінші болып Кеңес Одағында пайда болып, автомобиль жол қатынасы бар елсіз далалық аудандарда кеңінен қолданылды. Құрлықтық түсірімге қарағанда бұл әдістің өнімділігі әлдеқайда жоғары және бағасы төмен. Автомагниттік түсірім бір-бірімен параллель профильдердің бойымен тура және кері бағыттарда жүргізіледі. Әдетте, түсірім тірек пунктiнен басталып, автомобиль тура профиль бойымен жылжиды. Магнит өрісін өлшеу автоматты түрде жүргізіліп, оператор болса, автомобилдегі магнит станциясының жұмысын бақылап, таспаға қажетті мағлұматтарды түсіреді (профиль және пикет номерлері, бағыт, түсірімнің басталу уақыты, жолда кездескен кедергілерді айналып өту және т.б.).

#### 2.3-кесте

Автомагниттік түсірім кезіндегі көршілес магистралдардың қолайлы арақашықтығы

Түсірім масштабы	Магистралдар арақашықтығы, км	
	Тегістік жер (1 категория)	Адырлы жер (II+III категорилар)
1:5 000	1	0,5
1:10 000	2	1
1:25 000	3	2

**Аппаратура.** Түсірімде қолданылатын аспаптарға қойылатын негізгі мақсат – автомагнитометр құрамындағы магнитсезгіш түрлендіргіштің автомобиль селкіліне орнықтылығы. Мұндай талаптарды протондық МСС-1 және кванттық ММА-301 магнитометрлер толығымен қанағаттандырады.



2.10-сурет

Автомобильдік магнитометрдің негізгі бөліктерінің орналасу схемасы. 1-магнитсезгіш түрлендіргіш; 2-сигнал қоздырушы блок; 3-өлшеу-тіркеу блогы; 4-масштабты редуктор;

5-девиация (автомобиль әсері) компенсаторы; 6- компенсаторды басқару блогы; 7-жұмырсым; 8-прицеп

**Түсірім әдістемесі және оның нәтижесін өңдеу.** Автомагниттік барлауды жүргізудің негізгі әдістемелері - алға қойылатын геологиялық талаптар, зерттелетін учәскені таңдау, түсірім масштабы, маршруттар бағыты және т.б. – құрлықтағы магнитбарлау әдісімен бірдей. Тек қана автомагниттік барлауда автомашинаның девиациялық әсері әр уақытта еске алынуы қажет.

Автомагниттік түсірімнің нәтижесін өңдеудің өзінше ерекшеліктері бар. Олар алынған материалдың түріне (цифрлы магнитометрлер) және автотүсірім жұмысының технологиясына байланысты.

Камералдық жұмыс құрамына төмендегілер кіреді: а) алынған материалдар бойынша графиктер тұрғызу; б) түзетулер енгізу; в) магнит өрісі картасын жасау; г) аномалды магнит өрісін интерпретациялау.

Өріс графигін тұрғызу үшін түсірім кезінде жазылған магниттік таспа пайдаланады. Бұл жұмыстың өзінше қиыншылықтары бар: автомобиль спидометрінің нақты болмауына байланысты график тұрғызылатын нүктелер аралығы дәл болмауы мүмкін. Сонымен қатар жер бетінің тегіс болмауы, автомобиль дөңгелегінің көнелігі қосымша қиындықтар тудырады.

Әрбір графикте горизонталь және вертикаль масштабтарымен қатар станция номері, маршрут бағыты, күні, жылы, жұмыстың басталу аяқталу уақыттары, автомашинаның маршруттан бұрылып жүруі немесе тоқтауы және басқа да деректер жазылады. Бұл деректер келешек түзетулер енгізу үшін пайдаланылады.

**Түзетулер енгізу.**  $(\Delta T)_a$  – магнит өрісінің индукциясын анықтау үшін өлшеу нәтижесіне төмендегідей түзетулер енгізіледі: а) бағыттық; б) өрістің өзгерісі үшін; в) қалыпты өріс үшін; г) қалыпты өрістің градиенті үшін.

**Магнит өрісінің картасы.**  $(\Delta T)_a$  жоғарыда аталған түзетулер енгізгелгеннен кейін, арнаулы компьютерлік программалар көмегімен тұрғызылады.

### *Аэромагниттік түсірім*

Аэромагниттік түсірім деп магнит өрісін ұшақ арқылы өлшеуді айтады. Бұл түсірімнің физика-геологиялық негіздері құрлықтық түсіріммен бірдей. Олардың арасындағы айырмашылық аэромагниттік түсірімнің масштабы, басқа да параметрлер ұшақтың ұшу жылдамдығы және оның биіктігімен байланысты болуы керек. Әдетте, ірімасштабты түсірімдерді аса жоғары биіктікте жүргізу орынсыз. Өйткені, мұндай биіктікте майда рудалық денелерді сипаттайтын аномалиялар білінбеуі мүмкін. Ал, жер қыртысының ірі тектоникалық элементтерін, мәселен, алқапты алып



жатқан шөгінді түзілімдер астында кездесетін тау қыраттырын барлауда, ұшақтың ұшу биіктігі жоғары болғаны орынды. Өйткені, мұндай биіктікте майда аномалиялардың әсері барынша аз болады.

Аэромагниттік түсірімнің басым көпшілігі кеңістікте жүргізіледі. Олар бір-бірімен параллель, арақашықтығы бірдей маршруттардан тұратын жүйе арқылы орындалады. Ал, маршруттық аэромагниттік түсірімдер, масштабсыз, маршруттары бір-бірімен параллель емес, қосымша мәселелерді (алдын-ала барлау, тірек пунктерін жасау, т.б.) шешу үшін жүргізіледі.

Жоғары дәлдікті аэромагниттік түсірім көптеген геологиялық мәселелерді шешу үшін пайдаланылады. Жер бедері тегіс және магнит өрісі градиенті болмашы болған жағдайда, аэромагнитометрлер көмегімен мөлшері аз (0,7-2 нТл) аномалияларды анықтауға болады. Бұл деген шөгінді жыныстарды және тектоникалық жарылымдарды картаға түсіруге, мұнай құрылымдарын және көмір кен орындарына байланысты құрылымдарды, құрамында аз да болса ферромагниттік минералдар бар әр түрлі кен орындарын анықтауға мүмкіндік береді.

Дегенмен, аэромагниттік барлаудың түсірім қателігі әлі де болса жоғары  $\pm(0,5-0,7)$  нТл. Бұл қателік ұшақтың ұшу биіктігінің нақты болмауына, әр түрлі кедергілерге (дрейф, девиация, өзгерістер), магнит өрісі градиенті жоғары болуына, зерттейтін аудан көлемінің өсуіне, түсірім масштабы азайған сайын және т.б. әдістмелік қателерге байланысты өсуі мүмкін. Сонымен қатар, жер бетіне жақын орналасқан әр текті геологиялық денелерге байланысты шулар өлшенетін өрістегі пайдалы сигналды ажыратуға айтарлықтай кедергі жасайды. Міне, осындай факторлар (әлі де болса) аэромагниттік түсірімнің дәлдігін жоғарылатуға жол бермеуде.

**Аппаратура.** Аэромагнитометрлер магнит өрісі толық векторы модулін  $T$  және оның өсімшесін  $\Delta T$  өлшеуге арналған. Ол үшін феррозондты, протондық, кванттық аэромагнитометрлер және де көптеген қосымша аспаптар (аэрофотоаппараттар, радиогодезиялық жүйелер және т.б.) пайдаланылады.

Геофизикалық практикада кеңінен қолданылып жүрген аэромагнитометрлердің басты ерекшеліктері төмендегідей.

1. Феррозондты приборлар магнит өрісі векторы модулінің өсімшесін ( $\Delta T$ ) өлшеу үшін пайдаланылады. Бұл прибордың көрсеткіші өзінше уақыт өткен сайын өзгеруі мүмкін (тұрақсыз дрейф). Сондықтан да магнит өрісінің градиенті жоғары аудандарда өлшенген аномалияларда қателік болуы ықтимал.
2. Протондық аэромагнитометрлермен  $T$  модулі және оның өсімшесі  $\Delta T$  өлшенеді. Бұл приборларда тұрақсыз дрейф болмайды,  $\Delta T$  өсімшесін өлшеу дәлдігі (орташа квадраттық қателік) 2-10 нТл-ға тең. Прибордың кейбір түрінде сигнал/шум қатынасы жоғары емес, сондықтан да жазылған параметрлерде аз да болса қателіктер (разброс) болуы мүмкін.

3. Кванттық аэромагнитометрлер протондық сияқты Т және оның өсімшесін өлшеу үшін пайдаланады. Бұл прибордың көрсеткіштеріне өлшенетін өрістің мөлшеріне байланысты жүйелік қателер әсер етеді. Өлшенетін өрістің диапазоны жоғары болса, бұл қателік  $\pm(4-6)$  нТл-ға жетуі мүмкін, мұндай жағдайда түзетулер енгізілуі қажет.

**Аэромагниттік түсірімнің әдістемесі.** Аэромагниттік түсірімнің жалпы технологиялық схемасын бірнеше сатыға бөлуге болады.

1. Орталық базадағы ұйымдастыру жұмысының құрамына: а) жұмысты жоспарлау; б) приборларды тексеру, жөндеу, метрологиялық тексеру; в) приборларды ұшаққа бекіту; г) приборлардың жұмысын тексеру үшін бақылау (пробный) ұшу.

2. Зерттелетін аудандағы ұйымдастыру жұмысының құрамына: а) приборларды қайта тексеру; б) түсірімге дайындық.

3. Дала жұмыстары: а) ауданды зерттеу және түсірім әдістемесін нақтылау үшін алдын-ала ұшу; б) девиацияны зерттеу; в) геологиялық тапсырысқа байланысты маршруттық және көлемдік түсірімдер жүргізу; г) түсірімнің қателігін анықтау үшін ішкі (тірек және қайталау маршруттары) және сыртқы (үйлестіру маршруттары) маршруттармен қосымша түсірім жүргізу; д) жұмыс орнында (дала базасында) камералдық жұмыстарды жүргізу.

4. Камералдық мерзім: а) ұшақтың биіктігін және жоспарлы ұшу материалдарын өңдеу; б) девиация деректерін өңдеу; в) маршруттың материалдарын өңдеу; г) магнит өрісі графиктерін және карталар тұрғызу; д) түсірімнің және карталардың қателігін анықтау; е) түсірім нәтижесін интерпретациялау.

#### *Гидромагниттік түсірім*

Теңіздегі магниттік (гидромагниттік) түсірім деп магнит өрісін су бетінде немесе су астында (су түбінде) өлшеуді айтады. Бұл түсірім жүзіп келе жатқан кемеді жүргізіледі. Гидромагниттік түсірімдер *арнайы* және *геологиялық барлау* болып бөлінеді. Арнайы гидромагниттік түсірімдер магниттік картография жұмыстары үшін, су түбіне батып кеткен объектілерді табу үшін қолданылады. Ал, геологиялық барлау түсірімдері су түбінің геологиялық карталарын жасау үшін, пайдалы қазбалар кен орындарын іздестіру үшін жүргізіледі.

Гидромагниттік түсірімде, негізінен, протондық және кванттық магнитометрлер қолданылады. Өйткені, аталмыш приборлар магнит өрісінің элементтерін үздіксіз (толассыз) өлшеуге мүмкіндік береді. Әдетте, магнитометрге кеменің өз магнит өрісінің әсерін азайту үшін, магнитометр арнайы қорапқа салынып, кеменің буксиріне алынады. Түсірім, негізінен, параллель маршруттар бойымен, мүмкіндігінше, ықтимал рудалық дененің созылу бағытына перпендикуляр бағытта жүргізіледі.

Теңіздегі магниттік түсірімнің өзінше ерекшеліктері бар. Солардың бірі – теңіз толқынының түсірімге тигізетін әсері. Физика пәнінен белгілі, егер өткізгішті магнит өрісінде қозғалтсақ, онда электр тогы пайда болады. Осыған ұқсас процесс теңіз толқынында да кездеседі. Теңіз толқыны өткізгіш сияқты жердің магнит өрісінде жылжуына байланысты, онда электр тогы пайда болады. Ал, бұл ток электрмагниттік эффект туғызады, онан құтылу үшін арнайы түзетулер енгізілу қажет.

Түсірім нәтижесін картаға түсіру үшін кеменің координаталары белгілі болуы керек. Ол үшін, ертеде, жағалауда орналасқан радиостанциялардың көмегімен, кеменің әр сәттегі орны анықталып отыратын. Қазірде, бұл мәселе GPS (Global Positioning System – бүкіл жер шарын қамтитын позициялық жүйе, оның көмегімен жербетіндегі объектілердің координаталарын және дәл уақытты анықтауға болады) станциясы көмегімен шешіледі.

Жоғарыда айтылған, кемшіліктерге байланысты теңіздегі магниттік түсірімнің дәлдігі кей кездері аса жоғары болмайды.

## ***Сабақ 12 (тәжірибе)***

### **Магниттік түсірімнің техникасы мен әдістемесі**

#### **Жоспар:**

1. Тапсырма алу.
2. Жұмысты орындау.
3. Тапсырманы тексеру.

Тапсырманы шешу барысында келесі сұрақтарға жауап беру керек:

- 1) Прфильдердің арақашықтығы; Расстояние между точками;
- 2) Пунктердің саны  $1 \text{ км}^2$ ;
- 3) Түсірімнің масштабы;
- 4) Түсірімнің дәлдігі;
- 5) Бақылау пунктінің орташа биіктігін анықтау;
- 6) Бақылау торының орташа координатын анықтау; Точность рядовой съемки;
- 7) Тірек пунктінің дәлдігі; магистральдардың арақашықтығы;
- 8) Нүктелердің саны;

- 9) Бақылау нүктелерінің саны;
- 10) Тірек пункттерінің саны;
- 11) Профильдердің саны;
- 12) Магистральдардың саны.

### *Сабақ 13*

#### **Дала материалдарының талдау және өңдеу**

Жоспар:

1. Магниттік түсіру материалдардың өңдеудің кезендері.
2. Геомагниттік карталар.
3. Сапалы тұжырымдау.
4. Сандық тұжырымдау.
5. Геологиялық объектілердің жату элементтерін анықтау.
6. Магнитобарлауды қолдану мақсаттары.

Далалық магниттік түсіру материалдардың өңдеуі екі кезеңде өткізіледі: *далалалық және тыңғылықты* (камералдық). Далалық кезеңде отряд базасында қатардағы пунктлердің  $Z$  пен  $T$  - ның жетілдірулері мен бірге БП – тың қалыпты өрісінің айырмашылығын есептейді. Соның нәтижесінде кескіндер (графиктер) салынады және магниттік түсірім жұмыстарының алдын ала талдауы істелінеді. Ақырғы тыңғылықты өңдеуді  $Z$  пен  $T$  - ның аномалды мағыналардың дәл есептеу мақсатымен, қысқы кезеңде орындайды.

Қалыпты градиенттің түзету мөлшерлерін енгізу қажеттігі, учаскенің маңызды ұзындығы 5 км ден көп болса, сонымен қатар кішкене учаскігеде (1 км ден қысқа), егерде қимасы әлсіз магниттік және түсіретін жұмыстары прецизиондық түрінде болса. Нормалы градиенттің түзету мөлшерлерін енгізу үшін,  $Z_0$  және  $T_0$  қалыпты өрістің карталарын қолданады, жақын арадағы жұмыстардың маусымына және геомагнитті заманға сәйкес.

Прецизиондық магнитометрлермен (ММП-203, ММП-303) орындалған далалық өлшеулердің өңдеу кезінде  $\Delta T$  немесе  $T_a$  мөлшелерін есептейді.

Есептеуге арналған жалпы формуласы:

$$\Delta T = T_{\text{бак}} - T_{\text{БП}} - \delta T - \Delta T_{\text{нг}} ;$$

$$T_a = T_{\text{бак}} - \delta T - T_{\text{БП}}$$

$T_{\text{бак}}$  - бақылау нүктесіндегі құрал көрсеткіші;

$T_{\text{БП}}$  - бақылау пунктiнiң тәңертеңгi көрсеткіші;

$\delta T$  - өріс вариациясына арналған түзету;

$\Delta T_{\text{нг}}$  - өріс нормалы градиентік түзету.

Қазіргі прецизиондық магнитометрлерде ноль пункт қозғалысы және температура өзгерістері ықпалын жасамайды, сондықтан тап осы түзетулер енгізілмейді. Қаралған өлшеулердің өндеу техникасы барынша көп оңайтылған және жоғарыдағы айтылғандарға ұқсас болып келеді.

Қазыргы заманда, өндүріс ұйымдары, далалық материалдарын өндеу жұмыстарын ПӘЕМ арқылы, әр түрлі бағдарламалармен өткізеді.

Далалаық нәтижелердің өндеу жұмыстарының негізгі есеп беру материалдарына  $\Delta T_a$  мен  $\Delta Z_a$  – кесте (график) және изодинам карталары жатады. Сол материалдардың нәтижесімен ақырғы өндеу және оларды тұжырымдау жұмыстарын өткізеді.

*Кесте және изодинам карталарын құрастыру жұмыстары лайықты масштабтармен өткізіледі. Көлденеңді масштабы, есеп беру магниттік өріс карталарының масштабтарына сәйкес болу керек, немесе ірі болу керек. Тік масштабын өрістің күшіне және өзгеру түріне байланысты тандайды. Бірақ ол орта квадраттық түсіру қателігінен ( $N_c$ ) ірі болмау керек, немесе  $1\text{мм} = N_c$ .*

Магниттік өріс изодинам карталарын алаңды түсіру жұмыстары нәтижелерімен салынады. Изодинам карталарының масштабы алаңды түсіру жұмыстары масштабына тиісті талапқа сай болу керек.

Изодинам аралығының арасын (изодинам қимасы) түсіру дәлділігіне сәйкестіріп және қалыпсыз өрістердің күштеріне қарай іздеген объектілердің орналасқан күй-жағдайын есепке алып тандайды. Ең аз аралық негізгілердің изодинам мүмкіншілігіне  $2,5 N_c$  сәйкес болуы тиіс.

Нольды изодинамды жіңішке штрих пунктир сызығымен, оңды изодинамды - жаппай толассыз сызығымен, теріс изодинамды – штрих сызығымен өткізеді.

Изодинам карталарының түстері көк және қызыл реңктердің гаммасымен боялынады, олар оңды және терісше магниттік өрісінің мөлшелеріне сәйкесті болып келеді.

Ақырғы далалық және камералдық жұмыстардың ресімдеу түрі есеп нәтижесі болуы тиіс, соның ішінде жұмыстар туралы толық мәлімдемелері кіреді.

Магнитобарлау мәліметтерін тұжырымдауы геофизикалық тұжырымдау мен геологиялық түсіндірудің өз аралығының тар байланысымен өткізіледі.

*Тұжырымдау* деген терминнің мағынасы түсіндіру, талдау деп білдіреді. Магниттік түсіру нәтижелерінің геологиялық тұжырымдауын орындау дегеніміз – ол осы анықталған магниттік қалыпсыз өрістерінің бәріне геологиялық түсіндіру мәнісін беру керек.

Дәл осылай магниттік ауытқулар сияқты нысандар геологиялық нысандармен байланысты болады және олардың геометриялық мінездемелері мен орын жәйі сәйкес келеді. Сондықтан ауытқулардың түрімен геологиялық нысандардың түрін болжауға болады.

*Тұжырымдауды* екі түрге бөледі *сапалы* және *сандық*.

*Сапалы тұжырымдауды* магниттік түсірім жұмыстарының барлық түрлерінің нәтижелерімен өткізеді. Сапалы тұжырымдаудың орындалуына арналған, аудандағы барлық ертерек өткізілген геологиялық және геофизикалық жұмыстар нәтижелерін мұқият талдайды, сондағы бөлек жатқан белгілі геологиялық денелердің мекен шарттары еске алынады, олардың түрі, мөлшерлері, тереңдіктігі, магниттік қасиеттері,  $\Delta Z$  пен  $\Delta T$  қисықтардың түрі және олардың мөлшерлері.

Магниттік түсіру жұмыстарының материалдарының *сандық тұжырымдауды* толық жұмыстардың нәтижелерімен өткізеді немесе ауытқуларға арналған есеп айыратын профильдердің, геофизика пікірі бойынша, кен шығатын денелерге жауап береді.

*Сандық тұжырымдауды* есеп-қисаптар аналитикалық формулалармен өткізеді, әртүрлі графикалық палеткалармен, атластармен және теориялық интеграл әдістер қолдануымен.

***Геологиялық объектілердің жату элементтерін анықтау.***

Кері мақсаттардың шешім әдістерінің үлкен түрлілігі бар болады:

1. мінездемелі нүктелердің
2. шекті
3. интегральды
4. ампулитудалық
5. салыстырудың
6. іріктеп алудың
7. векторлық
8. қолданылатын.

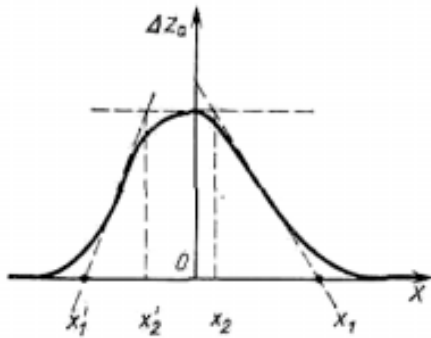
Функциялардың комплексті өзгерткіштігі. Барлық көрсетілген әдістер магниттік түсіндірулердің сапалы және сандық өрісі мен ауытқулары үшін арналған.

Сан магниттік ауытқуларды сандық тұжырымдау геологиялық денелердің жату элементтері анықталады: тереңдіктің төменгі және жоғарғы лекке жату объектісі, горизонтальдық қуаттылық, құлау бұрыштары және т.б. Магниттік ауытқулардың тұжырымдауы қарапайым денелерге арналған аналитикалық формулалармен I бөлімде жарым – жарты қаралған.

***Жанамалар тәсілі.*** Тәсіл магнитоауыспалы денелер жатыстарының тереңдігін бағалау үшін кең қолданыс табуда. Мінездемелі нүктелерге жанамалардың қисық бес магниттік өрістерін өткізеді: барынша толық нүктесінде, екі минимумдардың нүктелерде, екі қисықтардың майысу нүктесінде.  $X_0$  ауытқулардың барынша толық нүктесінде координатордың салыстырмалы шартты бастары горизонталдық және жантайған жанама кесіп өту нүктелерінің абсциссалары анықталады, сонымен қатар майысулардың нүктелерінің абсциссалары қисық –  $x_1, x_2, x_3, x_1, x_2, x_3$  болып келеді. Тереңдікте орналасқан денелердің жоғарғы жиіліктері келесі формуламен есептеледі:

$$n = \frac{1}{2} \left[ \frac{1}{2} x_3 - x_1 + \frac{1}{2} \right]$$

Қабаттық денелер үшін В.К. Пятницкий түзету коэффициенттерін есептеген, дене пішіні жатысының тереңдігі  $h$  анықталғанда және қуаттылығының  $2v$



*Мысалы жанамалар тәсілімен  $\Delta Z_a$  қисықты тұжырымдау.*

Кестенің сәйкес жолынан  $(x_3 - x_1) / x_1$  теңдеуін есептеп теңдеуін табады, олардың мәндері негізінде денелердің жату элементтерін және оның магниттерін анықтауды., 1.28 суретінде санды тұжырымдау мәліметтеріне май  $\Delta Z_a$  қисығы, 1:5000 маштабында тұрғызылған,  $2v = 165$  м қалыңдығының ортақ мәндері көрсетілген және жату тереңдігі  $h=80$ м геологиялық дененің. Қисықтық оң жақ минимум өрістің теріс мағынасымен болғандықтан, қисықтық сол жағы – минимум өрістің оң сағынасымен болады. Жанамалар тәсілімен құлау бұрышын анықтау келмейді.

Магнитобарлауды қолдану мақсатының әр түрлілері бар. . Көрсетілген облыстарға қосымша, келесі түрлері жатады:

- түрлі түсті металдардың шыққан жерлерінің іздеулері;
- сирек және мейірбан металдардың шыққан жерлерінің іздеулері;
- алмастардың шыққан жерлерінің іздеулері.

Геофизиктер, магнитобарлауды көп жағдайда әртүрлі кен орындарын іздеу кезінде, басқа әдістермен табысты жиыстырады.

## **Бақылау сұрақтар**



1. Магниттік түсіру материалдардың өңдеудің кезендері?
2. Изодинам карталары туралы түсінік?
3. Сапалы тұжырымдау?
4. Санды тұжырымдау?
5. Санды тұжырымдаудің әдістері?

## **Сабақ 14**

### **Магниттік барлаудың геологиялық мақсаттары**

#### Жоспар:

1. Магниттік барлаудың геологиялық мақсаттары.
2. Жер қыртысының геологиялық құрылымын зерттеу

Магниттік барлау жұмыстарының геологиялық мақсаттарына мыналар жатады.

1. Жас шөгінді түзілімдермен немесе теңіз суларымен жамылған аудандардың жер қыртыстарының жалпы геологиялық құрылыстарын зерттеу және бұл жерлерде тектоникалық аудандау жұмыстарын жүргізу.

2. Платформалық тыс (чехол) қалдығын және метаморфты фундамент тереңдігін анықтау

3. Борпылдақ жыныстар (құмдар, кесектастар) астындағы атқылама және метаморфты тау жыныстарының шығуын анықтап карталау.

4. Темір рудалы кен орындарын іздестіру.

5. Рудалы кен орындарының құрылым ерекшеліктерін зерттеу.

6. Бейрудалы кен орындарымен баланысты сырғымаларды (сброс), сығылмаларды (дайка), желілерді (жила) және басқа да құрылым элементтерін іздестіру.

7. Шөгінді қабаттарындағы басты жарықшалар мен тектоникалық кернеуліктің бағыттарын анықтау үшін микромагниттік түсірімдер жүргізу.

Аталмыш мәселелерді шешу үшін магниттік барлау жұмыстарының масштабтары, дәлдіктері, бақылау торабының жиілігі әртүрлі болуы керек.

1,2 және 3 пункттердегі мәселелерді көлемдік магниттік түсірімдер арқылы, ал 4, 5, 6 және 7 пункттердегі мәселелер көлемдік магниттік түсірімге қосымша, табылған магниттік аномалияларды нақтыла барлау арқылы шешіледі. Сондықтан, магниттік аномалиялар карталарын жасау үшін жүргізілетін әртүрлі масштабты көлемдік магниттік түсірімдер – 1:1 000 000 -нан 1:25 000-ға дейінгі (аэромагниттік түсірім нәтижесінде) магниттік барлау жұмыстарының ең маңызды түрінің бірі болып саналады.

*Жер қыртысының геологиялық құрылымын зерттеу.* Магниттік аномалиялардың көпшілігі атқылама және метаморфты тау жыныстарымен

байланысты. Сонымен қатар, магниттік аномалиялар, кейінгі кезде пайда болған магма ошақтарындағы жер қойнауынан көтерілген лаваның суыған кезіндегі магниттелінген тау жыныстарына да байланысты.

Магниттік аномалиялар тау жыныстарының қалдық магниттелуінен де болады. Ал, жер магнит өрісінде тау жыныстарының, әсіресе, атқылама және метаморфты тау жыныстарының индуктивті магниттелуінен де жер бетінде магниттік ауытқу болуы мүмкін. Бірақта, олардың қарқындылығы қалдық магниттелуінен әлдеқайда аз.

Міне, магнит өрісінің мұндай ерекшеліктері жер қыртысының геологиялық құрылымы әртүрлі блоктары мен белдемдерін магнит өрісінде жақсы көрсетеді.

Жер қыртысының ірі блоктары өзара үлкен жырылымдармен бөлінген. Негізінен магма жер қойнауынан сол жарылымдармен көтеріліп, жер бетіне жетпей, батолит деп аталатын ірі интрузивті шоғырлар құрайды. Олар жер бетінде оң таңбалы ірі магниттік аномалиялар туғызады.

Іргетасы (фундаменті) өте тереңде орналасқан ірі платформалық ойпаттар жер бетінде бірқалыпты (бір деңгейде) магнит өрісімен сипатталып, олар осы ерекшеліктерімен анықталуы мүмкін.

Қалың шөгінді жыныстармен толтырылған жер қыртысының геосинклинальды индиейастары (прогибы) жер бетінде болмашы біркелкі магнит өрісімен сипатталады.

Терең геосинклинальды және платформалық ойпаттарды зерттеуде магниттік, әсіресе, аэромагниттік барлаудың орны айрықша. Олардың нәтижесінде сол ойпаттардың мөлшері, тереңдігі, толтырылған шөгінділердің қалыңдығы туралы алғашқы мәліметтер алуға болады.

*Мұнай мен газ кен орындарын зерттеудеде магниттік барлаудың мүмкіндігі.* Магниттік аппараттардың жетілуі, магниттік түсірімдердің дәлдігінің артуы және шөгінді жыныстарының магниттік қасиеттері туралы қосымша деректердің жиналуы магниттік барлау әдісінің мұнай мен газ кен орындарын іздестіруде мүмкіншіліктерін әлдеқайда арттырды. Бұрында, бұл салада магниттік барлаудың негізгі міндеті фундаменттің құрылымын зерттеп, ондағы тектоникалық жарылымдырды немесе шөгінді тысының ерекше құрылымдарын іздестіріп табу болатын, тек кейбір қолайлы жағдайларда ғана мұнай мен газ тұтқыштарын табуға мүмкіндік болатын.

Қазірде, магниттік барлау әдісі мұнай мен газ шоғырларын тікелей болжау үшін қолданыла бастады. Әдетте, шөгінді жыныстары магниттік қабілеті бойынша нашар бөлінеді деп саналатын. Дегенмен, қазіргі магниттік аппараттардың сезгіштік деңгейінің жоғарылауына байланысты, шөгінді жыныстарының магниттік қасиеттерінің айырмашылықтары магнит өрісінде айқын білінуі мүмкін. Кейінгі зерттеулердің нәтижелері мұны толығымен

растап отыр. Атап айтқанда, мұнай-газ кен орындары қимасында магниттік қасиеттерінің ерекшеліктерімен төрт түрлі элементтер ерекше бөлінеді: шоғырлар мен оны кіріктіруші коллекторлар, қалыптасу белдемі (зона восстановления), тік орналасқан әр текті белдемдер, тотығу белдемі. Осы аталған элементтердің мұнай мен газ кен орындарында қатысуы, өлшенетін магнит өрісінде магниттік ауытқу тудырады.

*Рудалы кен орындарын іздестірудегі магниттік барлаудың орны.* Қатты пайдалы қазбаларды іздестіру және барлау жүргізілетін ашық территориялардың құрылысын зерттеуде геологиялық түсірімдермен қатар, міндетті түрде, орташа және ірі масштабты магниттік түсірімдер де жүргізіледі. Мұндай жұмыстар рудалы кен орындарын зерттеу барысында келешек барлау жұмыстарының жүргізілетін бағытын анықтау үшін өте қажетті.

Темір рудалы кен орындарын барлауда магниттік түсірімнің орны айрықша. Өйткені, темір рудасы құрамында ферромагниттік минералдар (магнетит, магниттік колчедан, гематит) кіреді. Темір рудалы ірі кен орындары СССР-де көптеп ашылған. Мәселен, әлемдік маңыздары бар Курск магнит аномалиясы, Қазақстандағы Соколов-Сарыбай кен орны және т.б.

Басқа да рудалы кен орындарын барлауда магниттік барлаудың орны айрықша. Мәселен, құрамында магниттік қасиеті жоғары ильменит минералы бар титан кен орындары, магнитті пирротин минералы бар никель кен орындары және с.с.

Аллюминий шикізатының қоры боксит кен орындарын барлауда да магниттік барлаулар кеңінен жүргізіледі. Өйткені, боксит рудалары табиғатта әртүрлі магниттелген түрде кездеседі. Әсіресе, мұндай кен орындары магнитсіз фундаментте орналасқан болса, онда оны барлау оңайға түседі.

Бейрудалы кен орындары арасында табиғатта сирек кездесетін ең қатты минерал алмасты іздестіруде магниттік барлау әдісі қолданылады. Жер бетіне жақын жатқан алмас жарылыс трубкасы (трубка взрыва) магниттік түсірім, әсіресе, аэромагниттік түсірім кезінде айқын анықталады.

Міне, магниттік барлау әдісі пайдалы қазбаларды барлау үшін тиімді геофизикалық тәсілдердің бірі болып саналады. Сонымен қатар, магниттік барлау әдісі жер қыртысының геологиялық құрылысы мен құрылымын зерттеуде де кеңінен қолданылады.

*Микромагниттік түсірім және оның геологиялық мүмкіндігі.* Микромагниттік түсірім дегеніміз аумағы шағын, жер бетіне жақын жатқан геологиялық денелерді зерттейтін магниттік барлау әдісінің бір түрі. Бұл әдісте өлшеу торабының тығыздығы аса жоғары болып, түсірім өте жоғары дәлдікпен жүргізіледі.

Қазірде микромагниттік түсірімнің үш түрі қолданылады: а) микроалаңдарда – шаймаапан (карст), шөккін (оползень), фундаменттегі депрессиялар, тау жыныстарының жарқыншақтығы жоғары жерлер және т.б. осылар сияқты құрылымдарды зерттеу үшін; б) микроалқаптарда – жарылым белдемдерін, тектоникалық бұзылыстарды, жерасты аңғарларын (погребенные долины), сығылмаларды (дайки) және басқа да ұзынша құрылымдарды зерттеу үшін; в) зерттелетін геологиялық объектілердің бағытының өзгерісіне байланысты кескінді (профилді) өзгертуге негізделген корреляциялық тәсіл.

#### **Бақылау сұрақтары:**

1. Далалық материалдарды өңдеу.
2. Магниттік өрістің өлшенген элементтінің изодинамаларының карталарын және графиктерінің карталарын құру.
3. Вариациялар бақылауларының әдістемесі мен техникасы.

### ***Сабақ 15 , 16 (тәжірибе 4 сағат)***

#### **Магниттік ауытқуларды (аномалияларды)**

##### **талдау**

##### *Жоспар:*

1. Магниттік ауытқуларды талдау.
2. Магниттік түсірім нәтижелерін талдау және интерпретациялау.

Магниттік түсірімнің нәтижесін *талдау* немесе *интерпретациялау* деп, табылған аномалияның себеп-салдарын түсіндіру және оны тудырған жер қойнауындағы геологиялық объектінің формасын, мөлшерін және тереңдігін анықтауды айтады. Магниттік барлаудың бұл кезеңі күрделі жұмыстардың қатарына кіреді. Өйткені, магниттік аномалияның мөлшері мен қарқындылығы геологиялық объектінің магниттік қасиеттеріне, оның мөлшеріне, формасы мен тереңдігіне, магниттелу бағытына, магниттік меридиан мен жер бетіндегі ендікке байланысты орналасуына тікелей байланысты.

Магниттік түсірім нәтижесін талдау *сапалық* және *сандық* болып екіге бөлінеді. Талдаудың бұл екі түрі бір-бірін толықтырып, жұмыстың сапасын арттыруға көмектеседі.

Сапалық талдаудың негізгі мақсаттары:

1. Тау жыныстарының магниттік қасиеттерін зерттей келе магнит өрісінің осы ауданға тән ерекшеліктерін тудыратын ықтималды геологиялық факторларды анықтау.

2. Өлшенген магнит өрісінің құрылымы бойынша жер қойнауындағы геологиялық объектінің орнын анықтау.

3. Келешек толық зерттеулер немесе басқа геофизикалық әдістер жүргізілуі қажетті учаскелерді бөлу.

4. Сандық талдау жүргізудің мүмкіндіктерін анықтау.

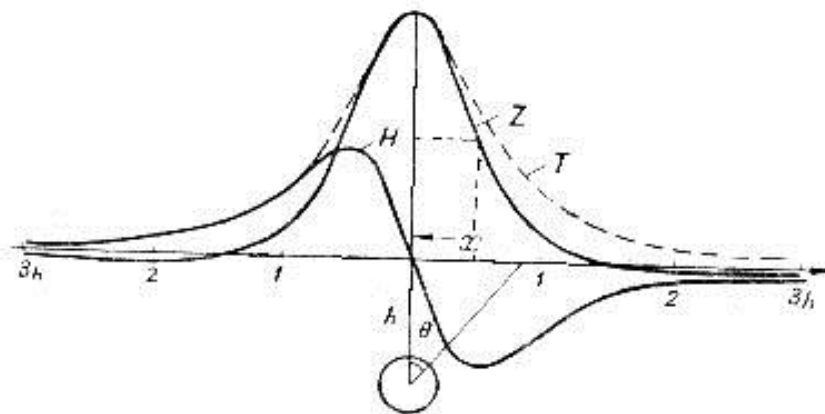
Талдаудың келесі сатысы – сандық талдау, ол бірнеше жолдармен жүргізілуі мүмкін.

1. Аналитикалық формулаларды қолдану.
2. Арнайы палеткалар мен номограммалар қолдану.
3. Жер қойнауында орналасқан геологиялық объектілер үшін алдын-ала есептелген теориялық аномалиялар түрлерімен салыстыру.
4. Тікелей интегральды тәсілдермен есептеу.

Жұмыс барысында білікті мамандар магнит аномалиясын өз тәжірибесіне сүйене отырып та немесе бұрын кездесіп талданған аномалиялармен ұқсастығына қарай да түсіндіреді.

Магниттік аномалияны *аналитикалық формулалар* көмегімен талдау, негізінен, сыртқы формасы қарапайым, мәселен, шар, цилиндр, эллипсоид сияқты геологиялық денелер үшін жүргізіледі.

Төменде, 2.7-суретінде шар формалы тік магниттелген рудалы дене үшін есептеліп тұрғызылған  $Z$  және  $H$  теориялық аномалиялары келтірілген. Егер, магниттелу бағыты кері өзгертін болса, барлық векторлар бағыты да және кернеулік таңбалары да керісінше өзгереді.



## 2.11-суреті

### Шар пішінді дене үстіндегі Z және H аномалиялары

Сонымен, центрі (кіндігі)  $h$  - тереңдікте орналасқан шар пішінді рудалы дененің жер бетіндегі магнит өрісінің  $Z$  және  $H$  құрастырушылары төмендегідей формулалармен өрнектеледі.

$$Z = \frac{M}{h^2} (3 \cos^2 \theta - 1) \cos^2 \theta; \dots H = \frac{-3M}{h^2} \sin \theta \cos \theta \quad (2.11)$$

Мұнда,  $M=I \cdot v$  – шардың магниттік моменті,  $I$  – магниттелу қарқындылығы,  $v$  – шар көлемі,  $\theta$  - өлшенетін нүктемен тік бағыт аралығындағы бұрыш.

Бұл формулаларды талдай келе, төмендегідей тұжырымдар жасауға болады.

1. Шардың центрі үстінде  $H=0$ , ал  $Z$  болса ең жоғарғы (максималды) мәнін қабылдайды ( $Z_m$ ).
2. Аномалия эпицентрінен  $X=-0,54 h$  қашықтықта  $Z$  және  $H$  аномалиялары бір-бірімен қиылысады және олардың әрбіреуі  $0,42 \cdot Z_m$ -ге тең.
3.  $X=\pm 0,5h$ ,  $H$  қисық сызығы  $0,43Z_m$ -ге тең максималды мәнін қабылдайды.
4.  $X=\pm 1,41h$ ,  $Z=0$ .
5.  $X=\pm 2,0h$  болғанда  $Z$  қисық сызығы теріс таңбалы болады, мәні -  $0,018 \cdot Z_m$ -ге тең.
6.  $Z$  изосызығы жер бетінде дөңгелек формалы, ал  $H$  векторы барлық жақтан шардың эпицентріне бағытталған.

Төменде мұндай аналитикалық формулалар мен графиктер басқа да қарапайым денелер үшін келтірілген (2.4-кесте).

Жоғарыда келтірілген формулаларды қолдана отырып, барлау нәтижесінде тұрғызылған  $Z$  немесе  $H$  қисық сызықтарын талдау арқылы, жер қойнауындағы рудалы дененің орналасу тереңдігін және магниттік моментін анықтауға болады. Егер де ол дене үшін басқа тәсілдермен магниттік қарқындылық немесе магниттік қабілеттілік белгілі болса, онда ол дененің мөлшерін және көлемін табуға болады. Мәселен, шар тәрізді денелер үшін оның центрінің тереңдігімен қатар, көлемін, радиусын және жоғарғы бетінің тереңдігін анықтауға болады.

Осындай тәсілмен, формасы күрделі денелердің де параметрлерін анықтауға болады. Бірақта, күрделі денелер үшін талдау процесі де күрделі болады.

Аналитикалық формулаларды қолдану кемшілігі, барлау нәтижесінде тұрғызылған аномалияның формасы бойынша, алдымен, осы формаға сәйкес келетін қарапайым денелерді (шар, цилиндр) алып, сосын осы денелерге сәйкес формамен есептеу керек. Мұндағы кемшілік қарапайым денелер үшін есептелген формулаларды күрделі денелерге қолдану көптеген қателер енгізуі мүмкін.

Күрделі денелердің, әсіресе, еңкіш магниттелген денелердің формасы мен орналасу тереңдігін анықтау үшін аналитикалық формулалар орнына арнайы есептеліп тұрғызылған *палеткалар* қолданылады.

2.4-кесте

Қарапайым денелер үшін тура есепті шешудің аналитикалық формулалары

Дене пішіні	Z құрастырушысы	H құрастырушысы	Толық вектордың модулі
Нүктелі полюс (шексіз жұқа және шексіз ұзын тік немесе көлбеу тақташа)	$Z = \frac{mh}{(h^2 + x^2)^{\frac{3}{2}}}$	$H = -\frac{mx}{(h^2 + x^2)^{\frac{3}{2}}}$	$T = \frac{m}{h^2 + x^2}$
Тік қосөріс (вертикальн ый диполь яғни біркелкі магниттелген шар)	$Z = m \frac{2h^2 - x^2}{(h^2 + x^2)^{\frac{5}{2}}}$	$H = -\frac{3mhx}{(h^2 + x^2)^{\frac{5}{2}}}$	$T = m \frac{\sqrt{4h^2 + x^2}}{(h^2 + x^2)^2}$

Көлденен айналма цилиндр	$Z = 2M \frac{h^2 - x^2}{(h^2 + x^2)^2}$	$H = -2M \frac{2hx}{(h^2 + x^2)^2}$	$T = \frac{2M}{h^2 + x^2}$
Шексіз калыңдықты тік тақташа	$Z = 2\sigma \arctg \frac{2bh}{h^2 + x^2 - b^2}$	$H = -\sigma \ln \frac{h^2 + (x-b)^2}{h^2 + (x+b)^2}$	$T = \sigma \cdot \sqrt{4 \left[ \arctg \frac{2bh}{h^2 + x^2 - b^2} \right]^2 + \left[ \ln \frac{h^2 + (x-b)^2}{h^2 + (x+b)^2} \right]^2}$ $\sigma$ - беткейлік магниттік зарядтар тығыздығы, $b$ – тақташа ені.

Бұл палетка жер қойнауындағы магниттелу бағыты әртүрлі ұзынша келген денелер үшін,  $Z$  және  $H$  магнит өрісі құрастырушыларын есептеуге арналған. Ол үшін, дененің формасы профиль бойымен сызылып, палетканың центрі өлшенетін нүктеге орнатылады. Сосын дененің нұсқасы /контуры/ ішіндегі нүктелер саны есептеліп (өз таңбасымен),  $Z$  немесе  $H$  қисық сызықтары тұрғызылады.

Геофизикалық практикада палеткалардың басқа түрлері де қолданылады.

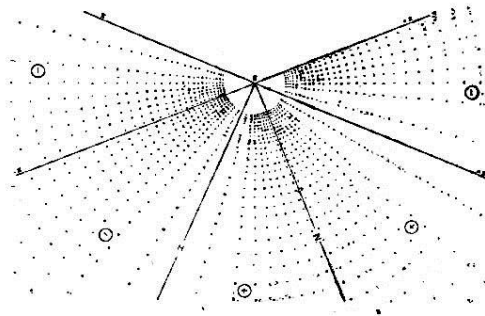
Жер бетінде өлшенген магниттік аномалияның формасына байланысты геологиялық дененің орналасу тереңдігін анықтау басқа да әдістермен жүргізіледі. Мәселен, жанама сызықтар әдісі (метод касательных), жартылай максимум әдісі (метод полумаксимумов) және т.б.

Кейінгі кезде, геофизикалық практикада *тікелей* немесе *интегралды* интерпретациялау әдістері кеңінен қолданылуда. Бұл әдістер аномалиялар формаларына сәйкес күрделі интеграл формулаларды шешу арқылы геологиялық объектінің магниттік моменттерін, центрінің координаталарын және басқа да параметрдерді анықтауға болады.

*Өңдеу процесін автоматтандыру.* Магнитбарлау нәтижелерін өңдеу және интерпретациялау – аса күрделі процес, сондықтан да оларды орындау үшін қазірде әр түрлі автоматтандыру әдістері кеңінен қолданылуда. Ол үшін бүгінгі ғылым мен техника жетістіктері, атап айтқанда компьютерлік жүйелер өңдеу және интерпретациялау процесінің әрбір сатысында



(редукциялау және түзетулер енгізу, карталар мен графиктер тұрғызу, сандық талдау, геологиялық кескіндер тұрғызу, магниттік өлшеу материалдарын жинақтап сақтау) толығымен пайдаланылады.



2.12-суреті

Күрделі денелер үшін Z және H  
құрастырушыларын есептейтін палетка

Магнитбарлаудың тура және кері есептерін шешу үшін математикалық және физикалық кескіндеу жұмыстары кеңінен жүргізіледі. Кескіндеу деп зерттелмек объектіні сол объектіге дәлме-дәл сәйкес келетіндей етіп ауыстыратын қосымша қондырғыда (үлгіде) жүргізілетін зерттеу әдісін айтады. Егер, кескіндеу барысында құбылыстың (процестің) физикалық тегі (жаратылысы) мен оның натурасы арасында геометриялық сәйкестігі сақталса, онда мұндай кескіндеу физикалық деп атайды. Егер же, кескіндеу барысында физикалық тегі натураға қарағанда басқа бір құбылысты суреттесе, бірақ оны натура сияқты бірдей математикалық теңдеумен өрнектеуге болса, онда мұндай кескіндеуді математикалық деп атайды.

Арнайы қондырылармен физикалық кескіндеу магнитбарлау әдісінде 40-жалдардан басталып, бұл зерттеулер күрделі магнит өрісін талдап шешуде өз көмегін тигізді. Қазірде де магнитбарлау практикасында физикалық және математикалық кескіндеулер жан-жақты жүргізілуде.

### Бақылау сұрақтары:

1. Далалық материалдарды өңдеу.
2. Магниттік өрістің өлшенген элементтінің изодинамаларының карталарын және графиктерінің карталарын құру.
3. Вариациялар бақылауларының әдістемесі мен техникасы.

## БӨЛІМ 3.

### Гравибарлау.

#### *Сабақ 17*

##### Жоспар:

1. Гравибарлаудың қалыптасуы.
2. Гравибарлаудың КСРО-да қалыптасуы.
3. Гравибарлаудың шет елде қалыптасуы.

#### Гравибарлаудың қалыптасуы

Гравиметриялық барлау - геофизикалық әдістердің арасындағы ертеден белгілі бір түрі; бұл әдісті жүйелі түрде пайдалану мұнан 100 жылдай уақыт бұрын басталған, тіпті кейбір гравиметриялық тәжірибелік өлшеулер өткен ғасырда болғаны жайлы деректер бар. Әдіс жердің тартылыс күшіне негізделіп жасалған, латынша **gravitas** – салмақ, ауырлық, ал **metreo** - өлшеймін деген мағынаны білдіреді.

Гравиметрия деген сөз, қазірде, кең мағыналы түсінікті білдіреді. Өйткені, гравиметриялық өлшеу нәтижелері ғылым мен техниканың әртүрлі саласында кеңінен қолданылады. Мәселен, жер мүсінін (фигурасын) зерттеуде *геодезиялық гравиметрия* өзінше дербес пән ретінде қаралады. Жердің гравитациялық өрісін зерттеу жаратылыстану ғылымының маңызды салаларының бірі. Өйткені, табиғатта болып жатқан барлық процестер жердің гравитациялық өрісінің заңдылығына сәйкес жүреді. Сондықтан да, гравитациялық өрісті зерттеу аспан механикасының, физиканың, геодезияның, гравиметриялық техниканың және геофизикалық әдістердің дамуымен тығыз байланысты.

Табиғаттың тартылыс күші ғалымдар мен философтарды ерте кезден бастап ойландырған. Гректің ұлы философы Аристотель біздің эрамызға дейін IV ғасырда, дененің жерге еркін түсуі оның салмағымен тікелей байланысты деп жорамалдаған. Бұл қате түсінік ғылымда 1,5 мың жыл бойы орын алып келді. Тек қана XVI ғасырда италия ғалымы Галилейдің, дененің жер бетіне ауырылық күші әсерінен еркін түсуіне арналған тәжірибесі, бұл түсініктің қателігін дәлелдеді. Ауырлық күшінің шамасы, Галилейдің тәжірибесі бойынша, сол еркін түсетін денеге ауырлық күшінің беретін үдеуі болып саналады (ауырық күшінің үдеуі деп дененің еркін түсу барысында жылдамдығының көбею дәрежесін айтады). 1590 жылы Галилей ауырлық күші үдеуінің сандық мәнін алғаш рет анықтаған, сол кісінің құрметіне ауырлық күші үдеуінің өлшем бірлігі *гал* деп аталады ( $1 \text{ гал} = 1 \text{ см/с}^2 = 10^{-2}$

$\text{м/с}^2$ , 1 мгал(миллигал)= $10^{-3}$  гал= $10^{-5}$  м/с<sup>2</sup>, 1 мкгал(микрогогал)= $10^{-6}$  гал= $10^{-3}$  мгал= $10^{-8}$  м/с<sup>2</sup>).

Галилей тәжірибесінен шамамен 100 жыл өткеннен кейін, голландық ғалым Г.Гюгенс (1659 ж.) және француз астрономы Ж.Рише (1672 ж.) ауырлық күшінің географиялық ендікке байланысты өзгерісін дәлелдеді. Ол кезге дейін ауырлық күші жер бетінде бірдей болады деп жорамалданған.

Ауырлық күшінің өзгерісі және оның жер экваторында азаюы, Ришенің пікірінше, жер шарының айналуына және оның полюстарындағы қабысуына байланысты болады. Мұнан 10 жыл өткеннен кейін, бұл болжамның растығын И.Ньютон (1687 ж.) ғылыми тұрғыда дәлелдеді.

1849 жылы ағылшын ғалымы Д.Стокс гравиметриялық деректерді пайдалану арқылы жер мүсінін анықтаудың жаңа теоремасын ашты (қазірде бұл теорема сол кісінің атымен аталады). 1887 жылы гравиметриялық мағұлматтарды талдай келе Ф.Гельмерт алғаш рет ауырлық күшінің жер бетіндегі қалыпты таралу формуласын есептеп шығарды.

Ауырлық күші мен жердің ішкі құрылысы арасындағы ықтималды байланыс туралы, алғаш рет М.А.Ломоносов жорамалдаған. 1753 жылы ол тіпті ауырлық күшінің жер бетіндегі өзгерісін өлшеу үшін арнайы прибор жасамақта болған.

1896 жылы венгер физигі Р.Этвеш гравитациялық вариометр приборын құрастырды. Оның көмегімен өлшенген жер бетіндегі ауырлық күші мәндері және оның нәтижелері, бұл саладағы геологиялық мәселелерді шешуде алғашқы қадамы деп санауға болады.

Бұрынғы СССР аймағында алғашқы рет қазба байлықтарды барлау мақсатында гравиметриялық зерттеулерді пайдалану «Курская магнитная аномалия» (КМА) аумағындағы зерттеуден басталды. П.П.Лазаревтің ұсынысы бойынша, осы ауданда ауырлық күшінің өзгерісін зерттеудің пайдалылығы айтылған болатын. П.М.Никифоров бұл жұмысты жүзеге асыруда көп еңбек жасады, теориялық және тәжірибелік зерттеулер жүргізіп, пайдалы қазбаларды іздестіру және бақылау жұмыстарында гравиметриялық әдістердің құндылығын дәлелдеді. Сонымен қатар ол жаңа гравиметриялық приборлар жасауда да көптеген еңбектер сiңiрдi. Оның басшылығымен 1924 жылы СССР-де бiрiншi гравиметриялық вариометр приборы жасалып шығарылды.

Гравиметриялық әдістің геологиялық мақсаттарда мүмкіндігін 1927 жылы Ленинград маңында жүргізілген тәжірибелік жұмыстар тағы да дәлелдеді. Гравиметриялық вариометр приборымен түсірілген көлдің суасты бедері тікелей өлшенген нәтижелермен дәл келуі, гравиметриялық түсірімнің және оның нәтижелерін талдау әдістемелерінің дұрыс жолда екендігін анықтады.

Гравиметриялық барлаудың алғашқы ғылыми мектептерінің бірі Ленинградта құрылып, оны белгілі ғалым-астроном, гравиметриялық әдісті мұнай кен орындарын зерттеуде бірінші болып қолданған, П.В.Нумеров басқарды. Ол, жалпы гравиметрия теориясының жеке есептерін шешу арқылы гравиметриялық әдісінің нәтижелерін талдауда айтарлықтай жаңалықтар енгізді. Сонымен қатар, П.В.Нумеров СССР территориясының жалпы гравиметриялық картасын жасау жұмыстарының бастаушысы болып, бұл жұмыс 1932 жылғы 20 қыркүйекте қабылданған Еңбек және Қорғаныс Советінің қаулысымен кейін іске асырылды.

30-жылдардың басында Мәскеу Мемлекеттік Университетінде (ММУ) гравиметрияның жаңа бір саласы - *теңіздік гравиметрия* дами бастады. Оның іргетасын қалаушы белгілі астроном, гравиметрист, ММУ-дің профессоры Л.В.Сорокин болатын. Ол бірінші болып теңіздік гравиметр приборын құрастырып, оның көмегімен зерттеулер жүргізді. Кейін, мұндай түсірімдер Каспий теңізінде кеңінен жүргізілген.

Л.В.Сорокин ММУде және Мәскеу геологиялық барлау институтінде (МГБИ) болашақ геофизика мамандарын дайындауда айтарлықтай еңбек сіңірді. Оның геофизика мамандығына арнап шығарған «Гравиметрия и гравиметрическая разведка» оқулық кітабы бірнеше рет СССР-да (1940, 1950 және 1953 жылдары), ГДР-де, Венгрияда, Румынияда аударылып шығарылды.

Теңіздік гравиметрия саласын дамытуда Л.В.Сорокиннің шәкірті, белгілі ғалым-геофизик, «Разведочная геофизика» (М., Недра, 1967) кітабының авторы, 60-70 жылдары СССРде геофизикалық қызметті басқарған, В.В.Федынский болды.

Сонымен, XX ғасырдың басына дейін гравиметриялық мәліметтер планетарлық (жердің мүсінін анықтауда) мәселерді шешуге пайдаланса, 20-жылдардан бастап қазба байлықтарды барлауда кеңінен қолданылды. Кеңес Үкіметінің алғашқы жылдарында гравиметриялық зерттеулер «КМА» кен орнын барлауда, кейін жер қойнауының құрылысы мен құрылымын зерттеуде кеңінен қолданылды, жаңа теориялық және әдістемелік жаңалықтарды енгізуде айтарлықтай жаңалықтар ашылды.

Гравиметриялық барлаудың келешек даму бағыты арнайы приборлар мен аспаптар шығару, олардың дәлдігі мен нақтылығын жоғарылату, алынған мағлұматтарды өңдеу және талдау жұмыстарын дамыту, пайдалы қазбалар кен орындарын ашуда кеңінен қолдану және т.б. жұмыстар бағытында жүргізілді.

### **Бақылау сұрақтары:**

1. Гравиметрия туралы жалпы түсінік.
2. Дүние жүзілік тартылыс заңы және ауырлық күші туралы түсінік.

3. Теңестірілген бет және геоидтің беті.
4. Гравибарлаудағы түзетулер мен редукциялар.

## Сабақ 18

### Гравитациялық барлаудың физико-геологиялық негіздері.

#### Жоспар:

1. Гравитациялық барлау – анықтама.
2. Гравибарлаумен шешілетін негізгі мақсаттар.
3. Ньютонның (1642 -1727) тартылыс заңы .
4. Ауырлық күштің потенциалдар.
5. Потенциалдың туындысы.

*Гравитациялық барлау* – жер бетіндегі немесе оның маңындағы ауырлық күшінің өрісін зерттеуге негізделген барлаулық геофизиканың әдісі. Гравибарлаудың физикалық негізіне әртекті емес тау жыныстары мен кендердің ерекшеліктері жатады.

Гравибарлаумен шешілетін негізгі мақсаттар:

- а) жер қыртысының терең құрылымын зерттеуі;
- б) ірі аймақтарды тектоникалық және петрографиялық аудандастыруы;
- в) жабық аумақтардың геологиялық картаға түсіру;
- г) мұнай және газдың, көмірдің, шикізаттың кен орындарын іздестіру;
- д) мұнай және газ перспективалық құрылымдардың іздеу жұмыстары.

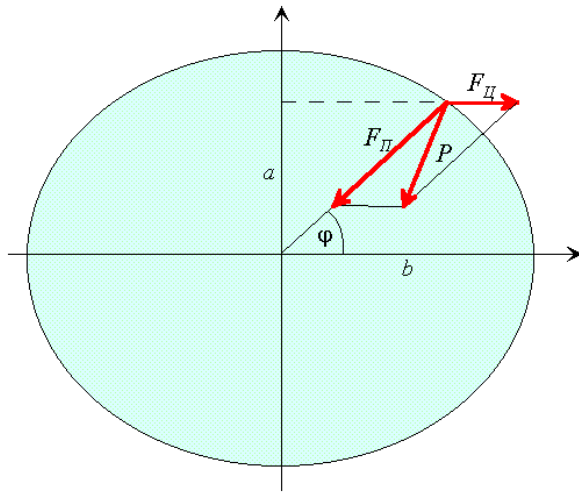
Гравибарлау жұмыстары инженерлік-геология, гидрогеология, геодезия мақсаттарының шешуіне арналып, кең қолданылады.

*Гравибарлау теориялары негізіне* Ньютонның (1642 -1727) дүние жүзілік тартылыс заңы жатады. Сол заңға сәйкес, барлық денелер бір біріне, өз салмақтарына тікелей пропорционалды және ара қашықтық квадратына кері пропорционалды күшпен тартылады.

Осы заңға бағынышты қозғалыс және барлық аспан денелердің әрекеттестігі, сонымен қатар олардың ішіндегі салмақтарының таратуы. Жердің, бөлек салмақтарға көрсетілетін тартысы, дүние жүзілік тартылыс заңына бағынышты болады.

Әр бір денелердің жерге тартылатын күштерін, ауырлық күші деп аталады.

Ауырлық күшіне әсер ететін екі тең күштер болады: жерге тарту күші  $F$  және орталық жер айналым күші  $F_{ц}$ , ол тәуілік бойы ось арқылы жердің айналуымен пайда болады.



Ньютон заңына сәйкес, екі нүктелі салмақтардың  $m_1$  мен  $m_2$  бір бірінің ара қашықтығы  $r$  деп табылса, солардың тартылыс күші  $F$  мына формуламен анықталады:

$$F = \gamma \frac{m_1 * m_2}{r^2}$$

ондағы  $\gamma = 6,673 \cdot 10^{-11} \text{ н} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{кг}^{-2}$  - гравитациялық тұрақты.

$F$  тартылыс күші – векторлық мөлшер болып келеді, ол сандық мағынасы және кеңістіктегі бағыты мен сипатталады. Гравитация күшін салмақтар бірлігіне бөлінген мөлшерін тездететін күш салмағы деп аталады және ол гравитарлауда  $g$  деп белгіленеді.

$$G = F / m \text{ (мГал).}$$

$$1 \text{ мГал} = 10^{-3} \text{ Гал.}$$

Гравиметрия теориялық және практикалық мақсаттарының шешімін оңайлатуына арналған ауырлық күштің потенциал  $W$  – деген ұғымы енгізіледі, ол тартылыс потенциалынан  $V$  және орталық айналым күштерінің потенциалынан  $U$  құрылады.

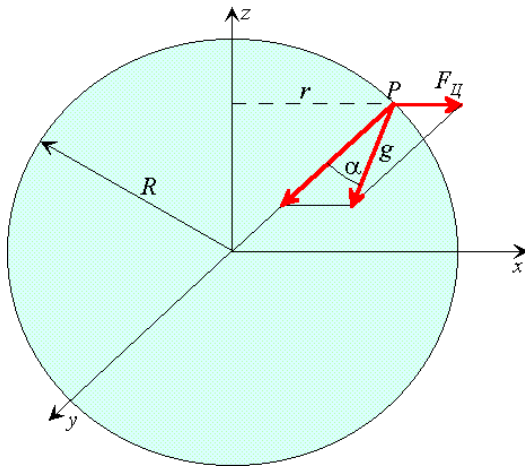
$$W = V + U = f \int_U \frac{\partial M}{r} + \omega^2 \frac{\rho^2}{2}$$

Жер бетінің әрбір нүктесінде потенциалы бірдей, ал ауырлық күші нормальмен бағытталған болса, оны тең потенциалдық немесе деңгейлік үстірт деп аталады.

Сол үстірттің жер тепе-теңдігінің пішін сипаттайтын және оның түрі жер эллипсоидке немесе сфероидке таяу келсе, ол *геоид* деп атайды.

Ауырлық күштің толық векторы бір мағыналы үш координаттық осьтар арқылы потенциалдың туындысымен анықталады:

$$g_x = \partial W / \partial x; \quad g_y = \partial W / \partial y; \quad g_z = \partial W / \partial z;$$



Сонымен қатар, егер  $Z$  осы жер орталығына бағытталған болса, онда:  $\partial W/\partial x = \partial W/\partial y = 0$ , ал  $g_z = \partial W/\partial z$ ;

Гравиметрияда бірінші туындылардан басқа екінші потенциалдық туындыларын да зерттейді:

$$\partial^2 W/\partial x \partial y, \quad \partial^2 W/\partial x \partial z, \quad \partial^2 W/\partial z \partial z, \quad \partial^2 W/\partial x^2, \quad \partial^2 W/\partial y^2, \quad \partial^2 W/\partial z^2$$

Бұлардың физикалық мәніндегі жеңіл түсінігі былайша болады, егерде  $\partial W/\partial z = g$ . Дәл осылай, екінші туынды  $\partial z = \partial g/\partial x$ ,  $X$  осы мен бағытталған ауырлық күштерін өзгерту жылдамдығын көрсетеді, яғни  $X$  осымен бағытталған ауырлық күштер горизонтальдық градиент болып келеді.

$\partial^2 W/\partial y \partial z$  және  $\partial^2 W/\partial z^2$  екінші туындылардың мәні ұқсас болып келеді.  $\partial^2 W/\partial x \partial y$  и  $\partial^2 W/\partial y$  —  $\partial^2 W/\partial x^2$  осы екінші туындылар үстірт бетінің қисықтығын (геоидтің) мінездейді.

Ауырлық күштерінің градиент өлшемінің бірлігі Этвеш деп қабылданады.  $1 (E) = 10^{-9} 1/c^2$ .

### Бақылау сұрақтар

1. Гравитарлаумен шешілетін негізгі мақсаттар?
2. Ньютонның тартылыс заңы?
3. Гравитация күшін өлшейтін бірлігі?
4. Ауырлық күштің потенциалдар?
5. Потенциалдың туындысы?

## Сабақ 19

### Ауырлық күшінің қалыпты мәні. Клеро теориясы.

#### Жоспар:

1. Қалыпты гравитациялық өрісі.
2. Клеро формуласы.

*Қалыпты гравитациялық жер өрісі* деп, теориялық есептелген өрісті атайды, ол жердің дұрыс геометриялық түрінде (сфероид) алынған. Сфероид беті теңіз деңгейімен сәйкес келеді. Бірнеше ғалымдардың есептелген ауырлық күш тездету нормалы мағынасы  $\gamma_0$  теңіз деңгейі арқылы алынған. Ең жиі қолданылатын формулаларының бірі Клеро формуласы болып табылады, оның көрінісі былай:

$$\gamma_0 = g_0 (1 + \beta \sin^2 \varphi)$$

$g_0$  - экватордағы ауырлық күші;

$\varphi$  – бақылау пунктiнiң кеңдігі;

$\beta$  - тәуелді бұрыштағы айналу жылдамдықтары және сфероид қысулары коэффициенті.

Ауырлық күш тездету нормалы мағынасы бақылау пунктiсi кеңдігінен тәуелді болады (  $\varphi$  бұрышының ), әр түрлі кеңдіктерде оның мөлшері де әр түрлі болады.

Нақты жер құрылымы бірнеше шоғырланған әр түрлі тығыздығына және қуаттылығына байланысты қабаттардан тұрады.

Жоғарғы қабық – жер қыртысы – әртүрлі тығыздығына сәйкес геологиялық құрылымдарынан тұрады, солар арқылы жер беттерінде гравитациялық ауытқулары байқалады.

Тездету ауырлық күшін өлшенген мағынасынан есептеп шығарылған нормалы мағынаның айырымын *ауытқума ауырлық күштері* деп аталады.

$$\Delta g_a = g_n - \gamma_0; \quad g_n = g_{\text{изм}} - g_{\text{попр.}}$$

Бақылауға алынған мағыналарға ауырлық күштері редукциялары немесе түзетулерді енгізіледі. Түзету кіріспесі қажетті себебі нормалы мағыналар жер сфероид бетіне жатады ( геоидтің ), ал өлшенген мағыналарды нақтыда жер беттің , немесе таулыларды өндірулердегі беттерінен, немесе мұхит түбінде алынған, сондықтан оларды бір беттің үстімен, яғни бақылаулардың бетімен сәйкес келтіреді.



*Геоид* деңгейінің үстінде бақылау нүктелері биіктің артынан ықшамдау түзетулердің кіріспесіне апарылады, нақты бет қабат аралық тартуының артынан және мына деңгеймен, және қоршаған рельеф үшін.

### **Бақылау сұрақтар**

1. Қалыпты гравитациялық өрісі дегеніміз не?
2. Клеро формуласы?
3. Геоид дегеніміз не?
4. Ауытқыма ауырлық күштері дегеніміз не?

### ***Сабақ 20 (тәжірибе)***

**Ауырлық күші өрісінің элементтерін өлшейтін аспаптар. Жанама және нақты өлшем.**

#### Жоспар:

1. Ауырлық күші өрісінің элементтерін өлшейтін аспаптар.
2. Абсолютті және салыстырмалы өлшем.
3. Гравиметрлер.

*Ауырлық немесе үдету күш салмағын өлшеу тәсілдерінің*, негізіне физикалық құбылыстары салынған, олар тартылыс заңы мен өте байланысты. Сондай физикалық құбылыстарға денелердің бір-бірінің тартылысы және тепе-теңдік жағдайлары жатады, олар қарама-қарсы тұрған бағытта немесе басқа ұмтылу күштерімен теңеседі.

Ауырлық күштің өзгеруін денелердің қозғалыс үдетулері көрсете алады, дәл осылайша тепе-теңдік жайларыда өзгереді. Осыған байланысты барлық әдістер динамикалықтарға және статистикалықтарға бөлінеді.

Ауырлық күштердің толық мөлшерін өлшеуге болады. Сонымен қатар өлшеу әдісін *абсолютті*, ал өлшеу пунктінде алынған мөлшерді – ауырлық күштердің абсолютті мағынасы деп атайды.

Бір пунктіден басқа пунктіге дейін құралды тасу жолымен ауырлық күш үдетулерін жиі өлшейді. Сондай әдісті *салыстырмалы* деп атайды.

#### Гравиметрлер

Гравибарлауда гравитация өрісін өлшеуіне арналған құралдардың үш түрін қолданады .

1. Тілді құралдар - негізгі бөлімі тіл болып саналады, тік жазықтықтарда тербелулер жасайтын. Бұл құралдарда тіл қозғалыстары

процестерді байқайды және тербелеудің бір уақытын өлшейді. Үдету еркін жығылу күштері тіл тербелу мөлшеріне тәуелді болады.

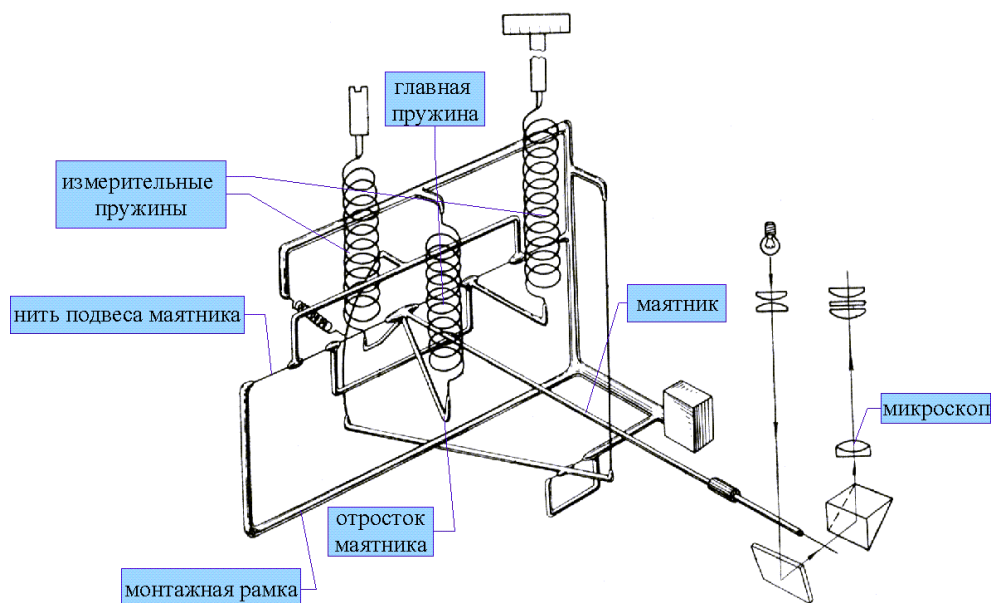
2. Серіппеде ілініп қойылған гравитациялық салмақ  $m$  жүйесі - гравиметрлерге жатады. Жүк салмағы ( $p=mg$ ) еркін жығылу үдетулер мөлшеріне тәуелді өзгереді. Серіппе түр өзгертулері арқылы салыстырмалы үдету өзгерістерін анықтауға болады.

3. Гравитация вариометрлер және градиентометрлер жүйесі бұраулық салмақтармен келтірілген. Бұл құралдармен екінші гравитациялық потенциалды өлшейді.

Гравибарлаудың негізінде статистикалық серіппелі кварц гравиметрлерін қолданады, олар салыстырмалы үдетулер ауырлық күштерін өлшейді.

Салыстырмалы өлшеулердің ауырлық күштерін гравиметрлермен ғана анықтайды.

Гравиметрлердің принципті әрекеттері серіппелі салмақтардың бір түрімен келеді, серпінді күштерімен теңеседі.



Әр түрлі гравиметрлерді жүйелерімен айырады: серпінді жүйелердің құрылғысымен, ең басты гравиметрдің бөлімі, жасалған материалымен, есеп тәсілімен немесе сырттағы тиетін әсерін жою әдісімен.

Гравиметрлерді сонымен қатар геофизикалық пен барлаулыққа бөледі, бірінші құралдардың түсінігі кең шкаласымен 4-5 Гал. Гравиметрлердің екінші категориясы биік дәлдікпен және өлшеу диапазонымен ие болады 80-100 мГал.

Сол себепті, биік дәлдігі, үлкен өнімділігі, жұмыста қарапайым және бақылаулардың өңдеу жеңілдігі арқасында гравиметрлер кең таралды.

Бірақ, гравиметрлердің бір жетіспеушілігі бар, ол құралдың ноль пункті жылжымалы болып келеді.

Ноль пункттің жылжу әсерінен, бір орында алынған ауырлық күш өлшемдері, өзгермейтін шарттар жанында ( температура және қысым ) өзгермесе, гравиметрдің нолі барлық уақыт бойы өзгеріп тұрады және бүгін

алынған өлшемнің мөлшері кеше алынған мөлшеріне сәйкес келмейді. Сол жылжу табиғаты, қалай болады десек, онда серпінді элементтің «шаршағандығы» болып келеді, сол себепті, оған күш сала бергендіктен бірте-бірте формасы өзгертіледі, яғни физикалық және моральдық тозыққа бөленеді.

Гравитарлаудағы жердегі барлық физикалық бақылаулардың ең басты көлемі гравиметрлермен орындалады ГНУ-КВ және ГНУ-КС (жердегі гравиметр тар диапазондық) сыныптардың - жоғары дәлділік және орта дәлдіктің.

ГНУ-КВ гравиметрі толық гравитарлау жұмыстар үшін қолданылады. Өріс өлшеу рейстерде ұзақтығы 4 сағатқа дейін, қателігі - 0,03 мГал құрастырады .

Бағыттылық өріс өзгертулері өлшемін микрометрлік бұранда айналымдарының санымен өлшеніп, құрылғы қызмет етеді.

Ноль-пункті аз тұрақтылығымен ГНУ-КС гравиметрі ГНУ-КВ гравиметрінен өзгерісті болады, не қысқа рейстер және айналдыратын өлшеулердің үлкен саны көбірек істеуге мәжбүр етеді .

Барлық гравиметрлердің ГНУ-түрлері серпінді жүйелері цилиндрлік денеде құрастырылған, ол салмақты тақтаға қорғанып бекітілген. Цилиндрлік тақта саңылауына резеңке сақина киілген, ол серпінді жүйелерді герметизациялық қамтамасыз етеді . Цилиндрлік тақтада бес тесік болады – екеуі жарық түсүргішке және микроскопқа, екеуі микрометрлік бұрандаларына және біреуі вакуумдық кран үшін. Цилиндрлік тақтаның төменгі бөлімінде үш тік тұрғыш бекініс бар, зақым келудің серпінді жүйесін қорғаушылар қорғау стаканыншешкенде .

Жылу сақтайтын жайпақ пластмассалық цилиндрден жасалған бөлшек, цилиндрлік тақтаға бекітілген. Жылу сақтайтын бөлшекке жоғарғы панель бекітілген, ол пластмассалық тегеріштен тұрады. Осында өлшеу құрылғы есепші, микроскоп окулярі, жарық беруші лампыша, термометр шкаласы және деңгейлерді түзететін құрылғыш орналасқан.

Гравиметрдің сыртқы қаптамасы тоттанбайтын цилиндрліктен жасалған.

Гравиметрдің басқа үлгілеріне мынадай түрлері жатады: ГДК (су кварц гравиметр) және ГМНК ( теңіз кварц гравиметрі ); Гравиметр ГС –110 (скважиналық гравиметр).

## **Бақылау сұрақтар**

1. Ауырлық күші өрісінің элементтерін өлшейтін аспаптар?
2. Абсолютті және салыстырмалы өлшем?
3. Гравиметрлердің түрлері?
4. Гравиметрлердің құрылымы?
5. Гравиметрлердің жұмыс істейтін принципі?

## Сабақ 21

### Гравитациялық барлау жұмыстарын жүргізу техникасы мен әдістемесі.

#### Жоспар:

1. Гравибарлау мақсаттар бойынша түрлері.
2. Профильдік және алаңдық түсіру.

Гравибарлау түсіру жұмысының әдістеме түсінігіне далалық жұмыстардың өткізу тәсілі, құралдарды таңдауы, өлшеулердің әдісі, түсіру жұмыстарының түрі және ерекшелігі, бақылау торын қоюы, масштабты таңдауы, техникалық және дала түсіру бақылаулардың дәлдіктері, түсірілген графикалық материалдардың түрі жатады.

Гравибарлау жұмыстары гравиметрлер арқылы орындалады және әртүрлі геологиялық барлау мақсаттарының шешімі үшін қызмет етеді.

Гравибарлау әртүрлі мақсаттарға қарай, аймақтық және толық тұратын (іздеу - барлау) жұмыстарға бөлінеді.

*Аймақтық гравибарлау жұмыстарын* Ірі аймақтардың ауырлық күштер ауытқымаларын зерттеу мақсатына қойылады. Түсіру жұмысының масштабы 1:2 000 000 ұсағырақ болады.

Толық гравибарлау - іздеу және барлау жұмыстарына бөлінеді.

*Іздеу жұмыстарын* жергілікті құрылымдардың табу және олардың пайдалы қазбаларының перспективасын анықтау мақсатымен өткізеді. Іздеу жұмыстардың масштабы 1:100000–1:50000.

*Барлау жұмыстары* ұсақ құрылымдардың және бөлек кен орындарын барлауы үшін арналған. Толық барлау масштабы 1:50000.

Гравиметрия - *профильдік* және *алаңдық* түсіру жұмыстарына бөлінеді.

Гравиметрияны өткізу орынына қарай жердегі, теңіздегі, жер асты және скважиналық түсіру жұмыстарына айырады.

Алаңдық түсіру жұмыстары деп зерттейтін ауданның гравитация өрісінің күштену изоаномалын картаға құрастырып, нәтижесінің көрсеткен түрін айтады.

Егер бақылаулардың пункттерінің аралық қашықтығы немесе профильдердің аралығы бірдей немесе әртүрлі болса, алаңдық түсіру біркелкі және әркелкі болып келеді.

Профильдік түсіру деп өлшеулердің нәтижелерін бөлек сызықтардың үстімен алынған және олар бақылау пункткерге сәйкес келіп гравитация өрісінің өзгерістерін көрсеткен болса ғана атайды.

Түсіру дәлдігі және бақылау тор қоюлығы гравитация өрісінің мөлшерлерінен және ауытқылардың күшейте түскендіктерінен тәуелді болады.

Әдеттегі бұл жұмыстардың мінездемелері, жуық тәжірибеден белгілі және өткізілген жұмыстардың нақты материалдардың ұқсас мақсаттардың шешімі жанында, ұқсас геологиялық шарттардан, сонымен қатар түзу мақсаттардың шешімі теориялық есеп-қисаптарының негізінен алынған.

Бақылау тор қоюлығы және дәлдіктері таңдауы жанында келесі ережелерді негізінде басшылыққа алады, олар гравитарлау нұсқауында практикалық жұмыстардың үлкен тәжірибе негізінде анықталған.

Алаңдық түсіру кезінде, гравитация өрісінің күштену ауытқымасын анықтауы үшін орта квадраттық қателігімен алғанда, құрастырылған изоаномал карталарының қимасы - 0,4, ал таулы жерде 0,5 аралығында болуы тиіс.

Ауытқымаларды анықтау үшін іздеу жұмыстарын түсіру кезінде орта квадраттық қателігі -  $1/5$ , ал аймақтық түсіру кезінде –  $1/3$  шамадан гравитациялық өрістің жергілікті ауытқымаларының ең аз мөлшерлерінен асырмағаны тиіс, олар ізделіп отырған объектілерден туындалады.

Интерпретациялық профильдерде осы қателіктер маңызды азырақ болуы тиісті.

Профильдік түсіру жұмыстары ережеге сай, түзу сызықты, зерттейтін объектілерге кресті бағытты болуы тиісті.

Гравиметриялық ауытқымасы ең анықты анықталған деп есептеледі, егерде ол үш пунктісінің әртүрлі буындарынан анықталған болса және оның амплитудасы изоаномал карта қимасынан азды болмаса.

## **Бақылау сұрақтар**

1. Гравитарлау мақсаттар бойынша қалай бөлінеді?
2. Қалай масштаб бойынша гравиметриялық түсірімдерді бөленеді?
3. Қалай геологиялық тапсырма бойынша гравиметриялық түсірімдерді бөленеді?
4. Қалай жұмыстарды жүргізу бойынша гравиметриялық түсірімдерді бөленеді?
5. Бақылау пунктін қызметті?

## Түсірілім түрлері. Негізгі техникалық жағдайлар

### Жоспар:

1. Гравиметрияның рейстері.
2. Тіреу торның қызметі.
3. Түсіру жұмыстарының сапасы.

Гравиметриямен бақылауды *рейстермен* өткізіледі .

Жүйелі бақылауларды тіреу және қатардағы пункттерде өткізіп, оның нәтижесінде ауырлық күштің мағыналары алынса, ол *рейс* деп аталады,

Рейс бөлімін - жүйелі бақылаулар өткізген кезіндегі, екі тіреу пункттерінің аралығын – *буын* деп аталады.

Гравиметриялық түсіру кезінде жоғары дәлдік далалық *тіреу пункттерінің* торы жасалады, олар қатардағы рейстердегі ноль-пунктінің жылжығанын есепке алуына қызмет етеді және осы түсірімдерді бірыңғай деңгейге келтіруіне арналған.

Далалық тіреу торы мемлекеттік тіреу пункттеріне байланады, олар I және II сынып болады.

Тіреу пункттері жердің үстінде жеңіл және сенімді белгіленеді, олардың ыңғайлы кірме жолдары және ұшақ қонатын орындары болу тиісті. Мүмкіншілікпен, оларды триангуляция белгілерімен, мемлекеттік нивелирлеу реперлерімен немесе басқа берік заттармен бірлестіруге болады.

Бекітілген тіреу пункттерде бірнеше жыл қайта бақылаулар өткізуге болады, олар III- сынып тіреу пункттері деп аталады.

Ауырлық күш анықтама қателігі тіреулердегі пункттерде қатардағылардан көрі 1,5–2 ден азырақ болуы тиіс.

Тіреулердегі бақылаулардың дәлдік жоғарылауы - дәлдік гравиметриялар қолданумен, көбірек пункттерде қайта-қайта гравиметриялар тобымен өлшеулермен, рейс буындарының ұзақтық қысқартуымен жеткізіледі.

Түсіру жұмысының сапасын бағалау үшін, далалық жұмыстардың барысында тәуелдісіздер бақылаулары өткізіледі: әрбір рейсте бір немесе бірнеше бақылаулар пункттері алдыңғы рейстерден қосылады, және бақылаулар рейстер орындалады, қатардағы тордың қиғаш профильдерінен бақылау өткізіледі.

Бақылаулардың көлемі 5-10% жалпы көлемнің мөлшеріндей болу керек және мүмкіншілікпен алаңдағы түсіру біркелкі өткізіледі.

Бақылаулардың жалпы саны 50 ден кем болмау керек.

Орындалған түсіру жұмыстар сапасының негізгі белгісі – жеке өлшеу квадраттық орта қателігі, ол алғашқы және бақылау өлшеулердің жинақтылық негізінде мына формуламен есептеледі:

$$\varepsilon = \pm \sqrt{\frac{\sum \delta^2}{N-n}};$$

$\delta$  - өлшенген  $\Delta g$  орта мағынасының ауытқытуы;

$N$  – өлшеулердің жалпы саны;

$n$  – тіреу пункттерінің саны .

Сапалы өлшеулер деп есептеледі, егерде анықталған орта квадраттық қателік жұмыстар жобасының қателігінен кем болмаса.

Рейс немесе оның буыны бракка шығарылады, егер қайта бақылаумен бақылайтын мағыналардың айырмашылығы осы рейстің үш пунктінен көбірек дәлелденген болса және, сонымен қатар, барлық оқиғаларда гравиметрлердің жұмыстары бұзұлған кездерінде.

*Топогеодезиялық жұмыстарды* бақылау пункттерінің жайларын қабылданған координаталардың жүйесінде анықтау үшін өткізіледі.

Гравиметрия түсіру кезінде келесі топогеодезиялық жұмыстарды өндіреді:

- жобаға сәйкесті тіреу және қатардағы гравиметриялық пункттерінің орналастыру жұмыстары (профильдерді, магистральді бөлу және т. б.),
- гравиметриялық пункттеріді лайықты белгілермен бекіту,
- гравиметриялық пункттерінің координаталарын және биіктерінің мөлшерін анықтау;
- пункттерінің айналасының жер рельефі салыстырмалы арттыруларының анықтауы, және ықпалын жасауы есебі мақсатымен,
- гравиметриялық карталарға және басқа материалдарға арналған геодезиялық негізін жасау,
- бақылау және орындалған жұмыстардың дәлдік бағалауын өткізу.

### **Бақылау сұрақтар**

1. Рейс дегеніміз не?
2. Тірек торның қызметі?
3. Гравиметриялық жұмыстарның сапасын қалай анықтайды?

ОГП-ның қызметі және оны құру

Жоспар:

- 1.Тірек торының тағайындалуы.
- 2.Тірек пунктерін құру әдістері.
- 3.Тірек торының түрлері.

1.Гравиметриялық түсірім жүргізгенде жоғарғы дәлдікті тірек пунктерінің торы құрылады.Тірек торы мыналар үшін құралады:

- құралдың нольдік пунктінін ығысуын есептеу үшін;
- түсірімді бір деңгейге келтіру үшін;

Далалық тірек торы мемлекеттік бірінші,екінші класты тірек торларымен тығыз байланысқан.

2.Тірек пунктері жоғары дәлдікті болу керек.Түсіру категориясына байланысты түсірімнің қателігі 0.03-тен бастап 0.01 мГал болуы керек.Жоғары дәлдікті тірек пунктерді:

- жоғары дәлдікті гравиметрді қолдану;

Тірек пунктерде жоғары дәлдігі мынаған байланысты:

- жоғары дәлдікті гравиметрді қолдану;
- бірнеше гравиметрлермен өлшемдерді қайталап жүргізу;
- буын уақытының ұзақтығын қысқарту;
- қолайлы жағдайда гравиметрді тасымалдау;

Тірек пунктердің торлары далалық пунктер алдында немесе жұмыс жүргізу барысында жасалады.

3.Тірек тор пунктеріндегі бақылау 4 түрде жүргізіледі:

- орталықтанған;
- екі сатылы;
- полигонды;
- түйінді;

1)Өлшем жүйесінде әрбір тірек пункт бастапқы тірек пунктермен байланыста болады.Орталықтанған тірек торларын мемлекеттік гравиметриялық тірек торларымен байланыстырады.Бұл байланыс каркасты тірек торлары арқылы байланысады егерде белгіленген қуаттылықта болса.Орталықтанған бақылау әр түрлі схемада болуы мүмкін ол түсірілімнің әр түрлігіне байланысты;

2)Екі сатылы жүйе каркасты және толықтыратын тірек торынан тұрады.Каркастар бойынша орталықталған жүйе жасалынады.Толықтыратын тірек торы рейстер арқылы анықталады.Олар каркасты тірек



пунктерінде басталып сонда аяқталады;

3)Бұл тірек торы тәуелсіз рейстерде анықтаған полигондық жақтардың байланысының құрылуымен жүзеге асырылады.Полигондық жүйеде тірек торын құрады егерде оны орталық және екідеңгейлі етіп жасай алмағанда, оны құрудың негізгі себебі осындай жағдайда жұмыс алаңының проектінің құру;

4)Екідеңгейлі жүйенің әр түрлігімен ерекшелінеді.Толықтырушы тірек торы ролін қатарлы рейстер өзегіндегі нүктелер атқарады.Өзекті нүктелер деп – екі немесе одан да көп нүктелердің қиылысуын және де олар әр түрлі каркасты пунктерге тіреледі.Түсірілімнің нақтылығына байланысты қиылысулардың санын есептейді.Өзектердің торларын теңестіреді. Содан кейін оларды тірек торлары ретінде қолданады;

### **Бақылау сұрақтар**

1. Тірек пунктерді не үшін жасайды?
2. Тірек пунтерді қалай жасайды?
3. Тірек тордың турлері?
4. Невязка ол не?

### ***Сабақ 24 (тәжірибе)***

#### **Гравитациялық аномалияларды геологиялық түрғыдан интерпретациялау**

##### *Жоспар:*

1. Интерпретациялаудың физикалық негіздері.
2. Қарапайым геометриялық денелер үшін гравитациялық өрісті есептеу.
3. Сыртқы пішіні күрделі денелер үшін гравитациялық өрісті есептеу.

**Интерпретациялаудың физикалық негіздері.** Гравитациялық өрістің өзгерісі (аномалияның пайда болуының басты себебі) – жер қойнауын құрайтын тау жыныстарының тығыздығы жағынан бір-бірінен айырмашылығына байланысты. Міне, осы алғышарт гравиметриялық барлау әдісінің геологиялық зерттеуде және кенорындарын барлауда тиімді болуының басты шарты. Кіріктіруші (вмещающие) жыныстар мен рудалық дененің тағыздық жағынан айырмашылығы көбейген сайын гравитарлаудың мүмкіндігі де өсе түседі.

Гравитациялық аномалияны интерпретациялаудың негізгі мақсаты – олардың жер бетіндегі таралу заңдылығының жер қойнауындағы геологиялық объектілермен байланысын анықтау және осы нәтижелерді әр түрлі геологиялық мәселелерді шешу үшін пайдалану.

Интерпретациялау нәтижелері зерттелетін ауданның геологиялық құрлысының күрделілігіне, геологиялық және геофизикалық зерттелу деңгейіне тікелей байланысты. Егер бұл мәліметтер шектеулі болған жағдайда, табылған аномалияны тек қана сол ауданның жер қойнауын құрайтын жыныстардың жалпы қасиеттерімен немесе ықтималды тектоникалық элементтердің (жарылымдар, антиклинальдық және синклинальдық қатпарлар) орналасуымен ғана байланыстыруға болады. Мұндай геологиялық интерпретациялауды *сапалық* деп атайды. Ал, кейбір қолайлы жағдайларда сапалық талдаулармен қатар, арнайы математикалық тәсілдермен сол гравитациялық аномалияның көзі болып есептелетін геологиялық объектінің параметрлерін (тереңдігі, мөлшері, сыртқы пішіні) анықтауға мүмкіндік туады. Мұндай интерпретациялауды *сандық* деп атайды.

*Сапалық* талдау интерпретациялаудың алғашқы және маңызды сатысы болып саналады. Бұл талдау барлық уақытта жүргізіліп, ол үшін осы ауданға белгілі әртүрлі геологиялық және геофизикалық мағлұматтар пайдаланылады. Талдау барысында ықтималды геологиялық факторлар анықталады, құрылымның кейбір элементтері бағаланып, болашақ толық геологиялық және геофизикалық түсірімдер жүргізілетін учаскелер белгіленеді, тіпті бұрғылау ұңғымаларының орны да анықталуы мүмкін.

*Сандық* интерпретациялау барлық уақытта жүргізілмейді, тек қана аномалия мен оны тудыратын геологиялық факторлар туралы болжауларды тиянақтау үшін жүргізіледі. Сандық интерпретациялау барысында гравиметриялық *тура* және *кері* есептер шешіледі. *Тура* есеп деп жер қойнауындағы аномалдық массалардың таралуына (рудалық дененің тығыздығы, формасы және мөлшері) байланысты жер бетіндегі гравитациялық аномалияны есептеуді айтады.

Ал, *кері* есеп деп жер бетіндегі гравитациялық аномалияның таралуына байланысты жер қойнауындағы рудалық дененің параметрлерін (формасы, мөлшері, тығыздығы) анықтауды айтады.

*Тура* есеп интерпретациялау барысында қосымша ретінде қаралады, өйткені ол *кері* есептің ықтималды шешімін табуға себебші болады (мәселен, қарапайым денелердің аномалиясы арқылы күрделі денелердің параметрлерін анықтау).

Тура есептің шешімі әр уақытта бір мағыналық болыр саналады. Өйткені, белгілі формулалар арқылы әр түрлі геометриялық пішіні бар геологиялық денелер үшін жербетіндегі гравитациялық аномалияны жоғары дәлдікпен есептеуге болады.

Гравиметриялық кері есеп теориялық көзқарастан бір мағыналық болып саналмайды, өйткені аномалияның түрі жер қойнауындағы аномалиялық массалардың таралуының әр түріне сәйкес болуы ықтимал (2-суретті қара).

Мұндай әр мағыналық тек қана зерттелетін аудан үшін рудалық дененің формасы мен тығыздығы жайлы қосымша геологиялық және геофизикалық мағлұматтарды қоса пайдалану арқылы шешіледі.

Гравиметрияның кері есебін шешу барысында зерттелетін геологиялық объект туралы мәліметтерді анықтап қана қоймай, сол интерпретациялау нәтижелерінің дұрыстығын бағалау қажет. Ал, бұл мәселе шешімнің тұрақтылығына (орнықтылығына) байланысты. Әдетте, егер жер қойнауындағы геологиялық объектінің мөлшері мен формасының аз ғана өзгерісі жер бетіндегі гравитациялық аномалияның аз ғана өзгерісіне сәйкес келсе, гравиметрияның кері есебінің шешімі тұрақты деп саналады.

Сонымен, гравитациялық аномалияны интерпретациялаудың сенімділігі (надежность) зерттелетін аудан үшін геологиялық, геофизикалық және қосымша мағлұматтардың толықтылығына тікелей байланысты.

**Қарапайым геометриялық денелер үшін гравитациялық өрісті есептеу.** Әдетте, жербетінде гравитациялық аномалиялар тудыратын геологиялық объектілер параметрлерін анықтау үшін сыртқы пішіні қарапайым денелермен ауыстырады. Мұндай денелерді есептеу математикалық тұрғыдан оңай, оларды сандық интерпретациялау жеңілге түседі және де нақты геологиялық объектінің кейбір сипаттамаларын анықтауға мүмкіндік береді. Әрине, алынған нәтиженің нақтылығы, геологиялық объектінің сол қарапайым денеге сәйкестігіне тікелей байланысты.

Сыртқы пішіндері қарапайым денелердің жер бетіндегі гравитациялық әсерін арнайы аналитикалық формулар арқылы немесе графикалық тәсілдермен анықтауға болады.

Аналитикалық тәсілмен шешу барысында гравитациялық потенциалдың әр түрлі туындылары зерттеліп, олардың кейбір ерекше нүктелері (максимум және минимум, нольден өту, бүгілген және т.б. нүктелері) дененің параметрлерімен байланысты анықталады.

Ал, графикалық тәсілде аналитикалық формулалар арқылы потенциал туындыларының әр түрлі параметрлері бар (тереңдігі, мөлшері және т.б.) денелер үшін теориялық қисық сызықтар, арнайы палеткалар тұрғызылады. Есептелген қисық сызықтарды теориялық қисық сызықтармен салыстыру арқылы пішіні жуық теориялық сызық табылып, оның параметрі анықталады. Төменде, осындай денелердің бірі сфераға арналып гравиметрияның тура және кері есептерінің шешімі келтірілген.

*Сфера* (табиғатта мұндай қарапайым денеге ұқсас дiңгек (шток) сықылды денелер немесе тұз күмбезді (солянокупольные) құрылымдар сәйкес болуы мүмкін).

Егер координаталар бастауын сфера центрінің жер бетіндегі проекциясына сәйкес деп алып, сфера центрінің тереңдігі  $h$  деп алсақ, онда  $\Delta g$  ауырлық күші және оның градиенті  $U_{xz}$  аномалиялары төмендегідей формулалармен табылады:

$$\Delta g = kM \frac{h}{r^3} \quad (3.60)$$

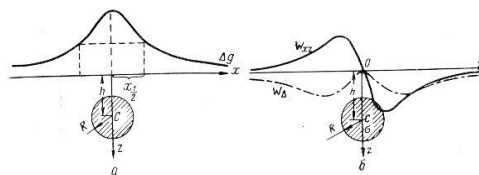
$$U_{xz} = -3kM \frac{xh}{r^5} \quad (3.61)$$

$$U_{\Delta} = -3kM \frac{x^2}{r^5}$$

$$U_{yz} = 0$$

мұнда,  $k$ - гравитациялық тұрақты, ал  $r = \sqrt{x^2 + h^2}$  .

Міне, осы формулаларға сәйкес аномалияла түрі 3.12-суретте келтірілген.



3.12-сурет

Сыртқы пішіні сфераға ұқсас денелер үшін

## $\Delta g$ , $U_{xz}$ және $U_{\Delta}$ аномалиялары

$\Delta g$  аномалиясы арқылы гравиметрияның кері есебін шешу үшін яғни  $h$  және  $M$  мәндерін былайша табуға болады. 3.12-суретте көрсетілгендей, егер  $x=0$  болғанда,  $\Delta g$  аномалиясы  $\Delta g_{\max}$ -ге тең. Олай болса, (3.60) формуласына  $x=0$  қойып

$$\Delta g_{\max} = \Delta g(0) = \frac{kM}{h^2} \quad (3.62)$$

Бұл табылған формула  $h$  және  $M$  мәндерін табудың бірінші теңдеуі болып саналады. Екінші теңдеуді табу үшін  $x=x_{1/2}$  деп аламыз, онда  $\Delta g = 1/2 \Delta g(0)$  яғни  $\Delta g_{\max}$  аномалиясының жарты мәніне тең.

(3.60) және (3.62) формулаларды біріктіріп шешіп

$$\Delta g(x_{1/2}) = kM \frac{h}{(x_{1/2}^2 + h^2)^{\frac{3}{2}}} = \frac{kM}{2h^2} \quad (3.63)$$

Бұл формуладан  $h$  мәнін анықтап, (3.62) формула бойынша сфераның  $M$  массасын есептеуге болады.

$$M = \frac{\Delta g_{\max} h^2}{k} \quad (3.64)$$

Ауырлық күшінің  $U_{xz}$  градиенті бойынша гравиметриялық кері есеп былай шешіледі. 3.12-суретте көрсетілгендей,  $U_{xz}$  аномалиясының максимумы  $x$  мәні  $-h/2$  –қа тең болғанда, ал минимумы  $+h/2$  –қа тең болғанда білінеді. Олай болса,

$$h = x_{\min} - x_{\max} = L \quad (3.65)$$

(3.61) формуласына  $x=-h/2$  мәнін қойып

$$U_{xz \max} = U_{xz}(-h/2) = 3kM \frac{h^2}{2\left(\frac{5h^2}{4}\right)^{\frac{5}{2}}} = 0,858 \frac{kM}{h^2} \quad (3.66)$$

Бұл формуладан

$$M = 0,0175 h^3 U_{xz \max} \quad (3.67)$$

Егер сфералық дененің тығыздығы  $\sigma$  белгілі болса, онда оның радиусы төмендегі формула арқылы анықталады

$$M = \sigma v = 4/3 \pi R^3 \sigma \quad (3.68)$$

Гравиметрияның тура және кері есептеріне арналған мұндай әртүрлі қарапайым денелер үшін шешілген есептер арнайы кітаптарда келтірілген.

## **Сыртқы пішіні күрделі денелер үшін гравитациялық өрісті есептеу.**

Табиғатта гравитациялық аномалиялар тудыратын геологиялық денелердің сыртқы пішіні күрделі болып келеді. Сондықтан оларды қарапайым геоометриялық денелермен ауыстыру тек жуық шамамен ғана болады. Мұндай күрделі объектілердің параметрлерін табу үшін өлшенген аномалиялар мен әртүрлі геометриялық пішінді денелер аномалияларын салыстырып және мүмкіндігінше олардың формасын өзгерте отырып, тек олардың бір-бірімен сәйкес келгенде ғана анықтауға болады.

Сонымен, жер қойнауындағы күрделі денелердің параметрлерін анықтау үшін, алдымен сыртқы пішіндері әр түрлі денелерді қарапайым геометриялық денелердің жиынтығы (қосындысы) деп қарастырылады. Геофизикалық практикада бұл үшін график-палеткалар кеңінен қолданылады. Кейінгі кезде мұндай есептеулер компьютер көмегімен тура интегралдық әдістермен есептелінеді.

### ***Сабақ 25 (тәжірибе)***

#### **Гравибарлау түсірімін жүргізудің әдістемесі мен техникасы.**

Жоспар:

1. Тапсырма алу.
2. Жұмысты орындау.
3. Тапсырманы тексеру.

Берілген тапсырмаларды шешу үшін келесі сұрақтарға жауап беру керек:

- 1) Профильдердің арақашықтығы;
- 2) Нүктелердің арақашықтығы;
- 3)  $1 \text{ км}^2$  –дегі нүктелер саны;
- 4) Түсірімнің масштабы;
- 5) Түсірімнің дәлдігі;
- 6) Бақылау пунктерінің орташа биіктігін анықтау;
- 7) Бақылау торының орташа координаттарын анықтау;
- 8) Түсірімнің дәлдігі;

- 9) Тірек пунктінің дәлдігі; магистраль арақашықтығы;
- 10) Нүктелердің саны;
- 11) Бақылау нүктелердің саны;
- 12) Тірек пунктінің саны;
- 13) Профильдердің саны;
- 14) Магистральдардың саны.

### ***Бақылау сұрақтары:***

1. Бақылау торы дегеніміз не?
2. Профиль дегеніміз не?
3. Тірек пункті дегеніміз не?
4. Магистраль дегеніміз не?

### ***Сабақ 26***

#### **Дала материалдарының талдау және өңдеу**

##### *Жоспар:*

1. Гравиметриялық тұжырымдаудың түрлері.
2. Тура және кері гравиметриялық есептер.

Гравиметриялық бақылаулардың нәтижелерін өңдеу ағымды және тыңғылықты болып бөлінеді.

Ағымды өңдеу сапаның толассыз бақылауын және алдын ала түсірген нәтижелерінің алуына қамтамасыз етеді.

Оның ішінде:

- орындалатындардың тіреу және қатардағы рейстердегі бақылаулардың өңдеуі,
- тіреу толардың теңестіруі;
- тездетулер ауырлық күшінің өлшем мағыналарын есептеуі;
- қалыпты өрістің есебі;
- биіктік мөлшерін және қабат аралық күш тарту түзетулердің еңгізу есебі;
- ауытқумаларды есептеуі.

Далалық жұмыстар барысында өңдеуді тұрақты орындайды. Далалық кезеңде алдын ала Буге редукциялы гравитация ауытқымалардың картасын құрастырады.

Материалдардың тыңғылықты өңдеуін далалық жұмыстарды бітірген соң орындайды.

Оның ішінде:

- жер бедерінің ықпалын жасау арқасындағы түзетулерді есептеу;
- аралық қабаттың тығыздығын анықтау;
- гравитация ауытқымаларды әртүрлі аралық қабат тығыздығымен есептеуі;
- ақырғы карталарды және ауытқымалардың кестелерін құрастыруы;
- геологиялық тұжырымдауын өткізуі.

Гравитациялық күштену өрісі ауытқымаларды анықтау үшін алынған мағыналарға түзетулерді енгізеді: құрал ноль - пунктісі өзгертуінің, бақылаулардың нүкте биігінің, аралық қабаттың тығыздығының сол жоғары аталған формуласымен.

Ауытқымалардың есептеу толық формуласы, нормалы өрістің мөлшерін есепке алуына байланысты, Буге редукциялы келесі түрде болады:

$$\Delta g_{\text{Ба}} = g_{\text{н}} - \gamma_0 - (0,3086 + 0,0419 \sigma)H + \Delta g_{\text{р}}$$

Жер бедері түзетуін пунктiлердiң бақылауға алынған мағыналарға енгізеді, олардың ауытқымалар анықтамасы жобалы орта квадраттық қателігінен 0,5 мөлшер басым болған кезде.

Тездетулер күші ауытқымалардың дәлдік бағалауларының негізгі белгісі болып - орта квадраттық қателігі қызмет етеді, оның есептелетін формуласы:

$$\varepsilon = \pm \sqrt{\varepsilon_{\text{ряд}}^2 + \varepsilon_{\text{оп}}^2 + \varepsilon_{\text{Б}}^2 + \varepsilon_{\gamma_0}^2 + \varepsilon_{\text{р}}^2};$$

осындағы  $\varepsilon_{\text{ряд}}$ ,  $\varepsilon_{\text{оп}}$  – қатардағы және тіреу торлардың орта квадраттық бақылаулардың қателіктері.

$\varepsilon_{\text{Б}}$ ,  $\varepsilon_{\gamma}$ ,  $\varepsilon_{\text{р}}$  – Буге, тездету күшінің нормалы мағыналарының, жер рельефінің орта квадраттық қателігі түзетуі.

Нәтижелердің өңдеуі жанында бақылаулардың теңестіруінің қажеттілігі өлшеулердің артық сан барысында ғана болады. Әдеттегі теңестіруге арналған квадраттардың ең азы әдісін қолданады.

Тіреу торлардың теңестіруін әдеттегідей ЭЕМ арқылы қажетті бағдарламалардың қолдануымен өткізеді.

Теңестіру процедурасы дәлдік артуы өлшемімен және тұрақтылы гравиметрлермен оңайланады, ал басқа жағдайларда, мысалы, түзу



байланыстардың жолымен әр түрлі сынып тіреу торларының жүйелі жасауы жанында негізгі тіреу пунктімен жоғары дәлділікті гравиметрлер көмегімен жасалса, оның мәні жоғалады.

Есептелген аномалды мағыналардың нәтижелерін графикалық түрінде графиктердің және изоаномал карталарымен  $g$  бейнелейді.

Пунктілердің бірдей болған мағыналарын изолиниялармен қосады, оларды аралық арқылы өткізеді, изоаномал қимасы деп аталады. Изоаномал қимасы гравитация өрісінің ауытқымасы арқылы, түсіру масштабымен, ауытқымалардың анықтама қателігімен және дәрежемен анықталады.

ЭЕМ қолдануы өңдеу уақытын қысқартады және өңдеу дәлдігі жоғарылайды.

Гравитарлау нәтижелерінің тұжырымдауын *геофизикалық тұжырымдауына* және *геологиялық түсіндіруіне* бөлуге болады.

Гравиметриялық материалдарын *сапалы және сандық тұжырымдауына* бөледі.

Карталардың *сапалы тұжырымдау* үстінде профильдерінің гравитация ауытқымаларын көзбен шолуға болады нормалы фонның жанында. Изосызғыларының (изоаномал) және кескілердің (графиктердің) түрімен геологиялық денелердің орналасқан жерін білуге немесе үлгілі мөлшерлерін тандауға болады.

*Сандық тұжырымдау* мақсаты, мөлшерлердің анықтама түрі, денелердің мекен тереңдіктері, ал кейде олардың артық тығыздықты есптеуі - гравитарлау кері мақсаттарын шешімі әдістерінің негізі салынған.

*Кері мақсат шешімі* бір мағыналысыз болып келеді, ауырлық күштері ауытқымалары әр түрлі геологиялық объектілерінен дәл осылай бірдей сияқты табылады, мөлшерлердің және тығыздықтың арқасында.

Гравитарлау кері мақсаттары шешім әдістері былайша бөлінеді: тікелей - гравитация салмақтар мекендері жатқан элементтерін карталар және кескілермен анықталады және жанамалар - бақылауға алынған ауытқымалар айқын үлгілердің үстінде теориялық есептелген ауытқымалармен салыстырылғанда өте сәйкес келеді.

## **Бақылау сұрақтар**

1. Гравитарлаудың тура есебі?
2. Гравитарлаудың тура есебі?
3. Сапалы тұжырымдау?
4. Сандық тұжырымдау?
5. Гравиметриямен шешетін мақсаттар?

## Фая, Пря және Буге редукцияларындағы ауырлық күштерінің ауытқулары.

### Жоспар:

1. Қалыпсыз гравитациялық өріс.
2. Фая түзетуі.
3. Буге түзетуі.
4. Гравитация ауытқулардың есептеу жалпы формуласы.

### Ауырлық күшінің редукциялары

Гравиметриялық түсірім нәтижесін геологиялық және геодезиялық мақсаттарға пайдалану барысында, өлшенген ауырлық күші мәндерін бір-бірімен салыстыру қажет болады. Бұл шамаларды тікелей салыстыру мүмкін емес, өйткені, өлшенген мәндерге жер қойнауының геологиялық ерекшеліктерімен қатар, бақылау нүктесінің географиялық орны, биіктігі және төңіректегі жер бедері әсер етеді.

Әдетте, геологиялық мақсаттар үшін ауырлық күшінің толық мөлшері ( $g$ ) емес, оның аномалды мәні ( $\Delta g$ ) қажет, яғни

$$\Delta g = g - \gamma_0$$

мұнда  $\gamma_0$  – ауырлық күшінің қалыпты мәні.

Ауырлық күші  $g$  арнайы приборлармен (гравиметрмен) жер бетінде өлшенсе, қалыпты гравитациялық өріс  $\gamma_0$  эллипсоид беткейіне сәйкес келеді. Олай болса, ауырлық күшінің аномалиясын  $\Delta g$  табу үшін өлшенген ауырлық күшін  $g$  эллипсоид беткейіне немесе қалыпты гравитациялық өріс  $\gamma_0$  мәнін жер бетіне келтіру керек. Бұл мәселе жер бетінде өлшенген ауырлық күші мәніне әртүрлі түзетулер енгізу арқылы шешіледі, ал оны *ауырлық күшін редукциялау* немесе *ауырлық күшін келтіру* деп атайды.

Геологиялық практикада түзетудің бірнеше түрлері пайдаланылады және оған байланысты әр түрлі редукциялардың түрлері бар.

1. *Биіктік үшін түзету* – бақылау нүктесіндегі қалыпты ауырлық күшінің мәнін табу үшін өлшенген ауырлық күшіне енгізілетін түзету. Ол үшін бақылау пункті мен теңіз деңгейі аралығында тартылыс массалары жоқ деп болжанады. Өйткені, қалыпты гравитациялық өріс сфероид беткейінде есептелінеді, ал оның сыртында ешбір тартылыс массалары жоқ деп ойлаймыз. Бұл түзетуді *біріңғай ауадағы редукция* (редукция в свободном воздухе) немесе *Фая редукциясы* деп атайды.

2. *Аралық қабат үшін түзету* – бақылау нүктесі мен теңіз деңгейі аралығындығы массалардың тартылысы үшін түзету. Бұл түзету осы екі арадағы массалардың әсерін жояды. Осы түзетумен жоғарыда айтылған биіктік үшін түзету қосындысын *Буге редукциясы* деп атайды.

3. *Айналадағы жер бедері әсері үшін түзету* (топографиялық түзету) – бақылау ауданы төңірегіндегі жер бедері күрделі (таулы) болған жағдайда ғана енгізіледі. Бұл түзетуді енгізу нәтижесінде бақылау нүктесіндегі өлшенген ауырлық күші мәні тегістікке келтіріледі.

4. *Прея түзетуі* – өлшенген ауырлық күші мәнін геоид беткейіне келтіру. Бұл түзету суасты гравиметриялық түсірімдер барысында өлшенген ауырлық күші мәнін су массасын еске ала отырып, су бетіне келтіру үшін қолданылады.

Гравиметриялық практикада жоғарыда аталған редукциялардан басқа да түзетулер бар. Оларды енгізудің басты мақсаты – Жер қойнауындағы массалардың гравитациялық әсерін яғни бұрмалаушы гравитациялық әсерлерді азайту немесе жою. Мәселен, изостазиялық редукциясын алайық. Изостазия теориясы бойынша геоид беткейінен жоғарыдағы артық массаларға, осы артық массалар астында орналасқан массалардың жетіспеушілігі (кемдігі) сәйкес келеді. Олай болса, литосфераның жоғарғы бөлігіндегі массалардың таралу заңдылығын болжай отырып, егер сол сыртқы массаларды геоид беткейінің төменгі жағына таратсақ, бақылау пунктіндегі ауырлық күшінің өзгерісін есептеуге болады.

Әр түрлі редукцияларды қолдана отырып, мөлшері әр түрлі ауырлық күшінің аномалияларын есептеуге болады. Қолданған редукцияларға байланысты табылған аномалиялар да әртүрлі болып аталады: бірінғай ауадағы аномалия, Буге аномалиясы және т.б. Әрине, геологиялық мақсаттар үшін бұрмалаушы факторлардың әсерлерін жойып, жер қойнауындағы геологиялық объектіге қатысы бар гравитациялық әсерді дұрыс анықтайтын түзетулер енгізілу қажет. Бұл талаптарды қанағаттандыратын Буге редукциясы болып саналады. Сондықтан да гравиметриялық карталар жасау үшін негізінен Буге аномалиясы пайдаланылады.

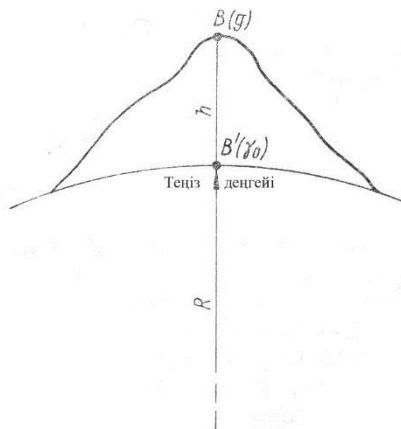
Жер фигурасына қатысты мәселелерді шешу барысында редукциялардың басқа да түрлері пайдаланылады. Бұл редукцияларды пайдалану барысында Жер фигурасы теориясының негізгі шарттары бұзылмау керек. Мұндай редукциялар қатарына изостазиялық және бірінғай ауадағы редукциялар жатады.

Енді, аталған түзетулерге және оларға байланысты редукцияларға толығырақ тоқталайық.

**Бақылау нүктесінің биіктігі үшін түзету және бірінғай ауадағы редукция.** Бірінғай ауадағы редукция деп бақылау нүктесі мен теңіз деңгейі

арасында тартылыс жасайтын массалар жоқ деп қарастырып, ауырлық күшінің қалыпты мәнін бақылау нүктесіне келтіруді айтады.

Ауырлық күші  $g$  теңіз деңгейінен (геоидтан)  $h$  биіктікте  $B$  нүктесінде анықталды делік (3.7-сурет). Ауырлық күшінің теңіз деңгейінде орналасқан  $B_1$  нүктесіндегі ( $B$  нүктесінің теңіз беткейіндегі проекциясы) қалыпты мәні  $\gamma_0$ -ге тең. Осы  $\gamma_0$  –мәнін  $h$  биіктікте орналасқан  $B$  нүктесіне келтіру керек.



3.7 -сурет

Біріңғай ауадағы редукция

$g - \gamma_0$  айырымы аз болғандықтан, геоид беткейіндегі ауырлық күші шамамен

$$\gamma_0 \approx k \frac{M}{R^2} \quad (3.22)$$

(3.22) формуласындағы  $a$  радиусы (жартылай ось) жердің орташа  $R$  радиусымен ауыстырылған, бұл деген жерді шар тәрізді деп қараумен бірдей. Ал, бақылау нүктесінің биіктігі  $h$  жердің орташа радиусынан  $R$  әлдеқайда аз болуына байланысты, түзетуді (3.22) формуласын дифференциалдап,  $\Delta R$ -ді  $h$  мәнімен ауыстру арқылы табуға болады

$$\frac{\partial \lambda_0}{\partial h} = \frac{\partial \lambda_0}{\partial R} = -2k \frac{M}{R^3} = -2 \frac{\lambda_0}{R} \quad (3.23)$$

Сонымен, биіктік үшін түзету төмендегі формуламен табылады

$$\delta g = -(2\gamma_0/R) \cdot h \quad (3.24)$$

Жер шары үшін  $\gamma_0$ -дің орташа мәні  $980 \cdot 10^{-2} \text{ м/с}^2$ -ге тең, ал  $R = 6371 \text{ км}$  деп алсақ, онда

$$\delta g = -(2\gamma_0/R) \cdot h = -0,3086h \quad (3.25)$$

Бұл формулада  $h$  метрмен өлшенеді, ал  $\delta g = 10^{-5} \text{ м/с}^2$ .

(3.24) формуласындағы  $-(2\gamma_0/R)$  коэффициенті ауырлық күші градиенті тік құрастырушысының қалыпты мәні  $W_{ZZ}$  яғни оның биіктік бағытында қалыпты өзгерісі. Олай болса, ауырлық күшінің биіктеген сайын әр 1 метрге азаюы шамамен  $0,3 \cdot 10^{-5} \text{ м/с}^2$  –ге тең, яғни,

$$\gamma = \gamma_0 - 0,3086 \cdot h$$

Биіктік үшін түзету енгізген соң ауырлық күшінің аномалиясы

$$\Delta g_{\text{бір.ауа}} = g - \gamma = g - \gamma_0 + 0,3086 \cdot h \quad (3.26)$$

Табылған формула *біріңғай ауадағы аномалия* немесе *Фая аномалиясы* деп аталады.

(3.26) формуласын табу барысында біз бақылау нүктесі мен теңіз деңгейі аралығындағы тартылыс жасайтын массалар жоқ деп қарастырдық. Егер ондай массалар болған жағдайда, өлшенетін  $g$  ауырлық күші өседі. Олай болса,  $g - \gamma_0$  айырымы да өседі, яғни табылған аномалия да бақылау нүктесі биіктеген сайын өседі. Таулы аудандарда бұл процес едәуір болуы мүмкін. Сондықтан, биік жерлерде біріңғай ауадағы аномалия мәні толығымен бақылау нүктесінің биіктігін ғана сипаттап, жер қойнауының геологиялық ерекшеліктері білінбеуі мүмкін. Ал, тегістік жерде бақылау пункті мен геоид аралығындағы жыныстар қабаты шамамен бірдей болуына байланысты, мұндай өзгерістер болмайды.

Сонымен, бақылау пункті мен геоид аралығындағы аралық қабатының әсерін азайту үшін арнайы түзету енгізілуі қажет.

**Аралық қабат үшін түзету енгізу және Буге редукциясы.** Бақылау нүктесі мен геоид беткейі аралығында орналасқан массалардың әсері, аралық қабат үшін түзету арқылы ескеріледі. Бұл қабаттың әсерін тартылыс потенциалының бірінші туындысы арқылы есептеуге болады.

$$U_z(x,y,z) = k\sigma \int_{\sigma} \frac{\zeta - z}{r^3} \partial \xi \partial \eta \partial \zeta$$

мұнда  $\zeta, \xi, \eta$ - айнымалы шамалар ( $\xi$  және  $\eta$  бойынша интеграл шектері  $\pm\infty$ ,  $\zeta$  бойынша 0-ден  $h$ -қа дейін).

Осы интегралды шешу нәтижесінде

$$\delta g = 2\pi k \sigma h = 0,0419 \sigma h \quad (3.27)$$

мұнда  $\sigma$  - аралық қабат жыныстарының тығыздығы.

Аралық қабат әсері  $B$  нүктесіндегі (3.7-сурет) ауырлық күші шамасын өсіретін болғандықтан, ол өлшенген ауырлық күшінен алынып тасталады. Сонымен, біріңғай ауадағы және аралық қабат түзетулері қосындысын *Буге редукциясы* деп аталады. Ал, ауырлық күшінің Буге редукциясын пайдалану арқылы табылған аномалиясын *Буге аномалиясы* деп атайды

$$\Delta g_B = g - \gamma_0 + (0,3086 - 0,0419\sigma) h \quad (3.28)$$

Осы  $\Delta g_B$  аномалиясын есептеуде аралық қабат тығыздығының ( $\sigma$ ) мәнін дұрыс анықтаудың орны айрықша. Егер, есептеу барысында аралық қабат тығыздығы жыныстардың орташа тығыздығынан өте аз қабылданса, онда ауырлық күшінің аномалиясы біріңғай ауадағы аномалия сияқты жер бедерінің әсеріне сәйкес болады, ал аса жоғары болса – онда керісінше болады.

Гравиметриялық карталар тұрғызу барысында аралық қабат тығыздығы  $2,67 \text{ г/см}^3$  деп алынады. Жер шарының көпшілік аудандары үшін бұл шама әлдеқайда жоғары. Сондықтан 1955 жылдан бастап бұрынғы СССР аймағында аралық қабат тығыздығының мәні  $2,3 \text{ г/см}^3$  деп алынуға келісілген. Бұл шама шөгінді тау жыныстарынан құралған аудандарына сәйкес келеді, ал басқа аудандар үшін аралық қабат тығыздығы тәжірибелік зерттеулер арқылы анықталу қажет.

**Проя редукциясы.** Бұл редукцияның негізгі мақсаты – жер бетінде өлшенген ауырлық күшін геоид беткейіне келтіру. Мұндай түзетулер жерастында немесе суастында өлшенген ауырлық күші мәндеріне енгізіледі.

Бұл түзету бірінғай ауадағы түзетуден аралық қабат үшін түзетудің екі есе әсерін (мәнін) алып тастау арқылы анықталады. Мұның себеі, егер аралық қабат бақылау нүктесінің астында болған жағдайда ол ауырлық күшін өсіреді, ал керісінше, бақылау нүктесінен жоғары болса (бақылау нүктесі су бетінде) ауырлық күші азаяды.

$$\Delta g_p = 0,3086h - 2 \cdot 0,0419\sigma h \quad (3.29)$$

Айта кететін жәйт,  $2 \cdot 0,0419\sigma h$  мәні біркелкі сфералық қабаттың бетінде жатқан нүктенің тартылысына тең. Мұндай қабаттың жердің ішкі нүктелеріне әсері 0-ге тең, өйткені су бетіндегі бақылау пунктінен жоғары жатқан қабаттың тартылыс әсерін ескереді. Олай болса, Проя түзетуі бақылау пунктінің жердің ішіне қарай жылжу барысындағы ауырлық күші өзгерісін сипаттайды.

(3.29) формуласы аралық қабаттың орташа тығыздығын анықтау үшін пайдалынуға болады. Мәселен, жер бетінде және жер бетінен  $h$  тереңдікте (шахтада) ауырлық күші өлшенген болса, онда

$$\sigma = (0,3086 h - \Delta g) / (0,3086h) \quad (3.30)$$

мұнда  $\Delta g$  - жер бетінде және шахтада өлшенген ауырлық күштерінің айырмасы.

**Теңіздегі ауырлық күшінің аномалиясы.** Мұхит пен теңізде геоид беткейі жердің физикалық беткейімен сәйкес келетінін жоғарыда айттық. Егер гравиметриялық өлшеулер геоид беткейінде (су үстінде) жүргізілсе, онда ауырлық күшінің өлшенген және қалыпты мәндерінің айырымы  $\Delta g = g - \gamma_0$  бірінғай ауадағы аномалияға тең болады.

Мұхиттарда немесе теңіздерде гравиметриялық өлшемдер су бетінде, су ішінде ондаған метр тереңдікте (сүңгуір қайықтарда жүргізілетін түсірімдер) немесе су түбінде жүргізілуі мүмкін. Егер гравиметрмен өлшем су үстінде (су бетінен жоғары) жүргізілсе, онда өлшенген ауырлық күші мәнін су бетіне келтіру үшін биіктік үшін түзету (бірінғай ауадағы редукция) енгізіледі. Ал, егер прибор су бетінен төмен орналасса, онда су бетімен бақылау нүктесі

аралығындағы су қабатының тартылысын ескеру үшін Прея түзетуі енгізіледі. Бұл жағдайда ауырлық күшінің аномалиясы

$$\Delta g_{\text{бip.ayy}} = g - \gamma_0 - 0,3086h + 0,0838\sigma_B h, \quad (3.31)$$

мұнда  $h$ - прибордың тереңдігі,  $\sigma_B$  –теңіз немесе мұхит суының тығыздығы ( $1,03 \text{ г/см}^3$ ). Олай болса Прея аномалиясы

$$\Delta g_{\text{п}} = g - \gamma_0 - 0,222h. \quad (3.32)$$

Әдетте, мұхит немесе теңіз айдындарын зерттеуде біріңғай ауадағы аномалиясына аралық қабат үшін түзету енгізу арқылы Буге аномалиясы табылады. Аралық қабат қалыңдығы ретінде бақылау нүктесіндегі су тереңдігі алынса, оның тығыздығы жер қыртысы тығыздығы мен теңіз суы тығыздығының айырымына тең. Сонымен, бұл түзету мұхитты немесе теңізді массалармен “толтырып”, су тығыздығын жер қыртысы тығыздығына дейін көтереді.

Шындығында, мұндай аномалия Буге аномалиясына дәл келмейді. Өйткені, мұхиттарда геоидтан жоғары орналасқан массалар жоқ. Олай болса, аралық қабат үшін түзету 0-ге тең, яғни Буге аномалиясы мұхитта біріңғай ауадағы аномалияға тең. Сондықтан мұхиттар мен теңіздерде Буге аномалиясы деп шартты түрде ғана айтуға болады.

Осы, шартты Буге аномалиясы төмендегі формулалармен есептелінеді:

- өлшеу су үстіндегі кемеде жүргізіледі (теңіз деңгейінен жоғары)

$$\Delta g_B = g - \gamma_0 - 0,3086h_{\text{п}} + 0,0419 (\sigma - 1,03)H \quad (3.33)$$

мұнда  $h_{\text{п}}$  –прибордың (гравиметрдің) су деңгейінен биіктігі;  $H$  – теңіз тереңдігі,  $m$ ;  $\sigma$  - жер қыртысының тығыздығы.

- өлшеу теңіз деңгейінен төмен жүргізіледі

$$\Delta g_B = g - \gamma_0 - 0,222h + 0,0419 (\sigma - 1,03)H \quad (3.34)$$

- өлшеу су түбінде жүргізіледі ( $h = H$ )

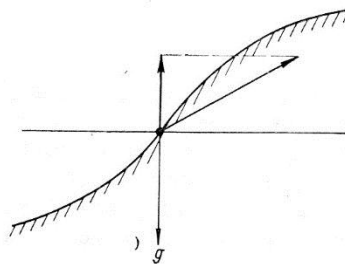
$$\Delta g_B = g - \gamma_0 - (0,265 + 0,0419\sigma) H \quad (3.35)$$

Қажетті болған жағдайда су түбінің бедері үшін түзету енгізілуі керек. Бұл түзету нәтижесінде су түбіндегі бақылау нүктесінің проекциясы арқылы өтетін деңгейден жоғары немесе төмен орналасқан артық немесе кем массалар әсері ескеріледі.

**Төңіректегі жер бедері үшін түзету.** Алдымен айта кететін жәйт, жер бедерінің төмендеуі (бақылау пунктiнен төмен орналасқан массалардың жетiспеуi) немесе көтерілуi (бақылау пунктiнен жоғары орналасқан массалардың артығы) өлшенетiн ауырлық күшiнiң шамасын азайтады. Шындығында, бақылау нүктесiнен жоғары орналасқан массалар тiк бағытталған тартылыс күшiн тудырып, бақылау пунктiнде ауырлық күшiн

азайтады. Ал, бақылау нүктесі деңгейінен төмен орналасқан массалардың кемшілігі де ауырлық күшін азайтады. Сондықтан да, жер бедері әсері үшін түзету әр уақытта оң таңбалы болады.

Төңіректегі жер бедерінің гравитациялық әсерін анықтау үшін жер бедері қарапайым геометриялық денелермен ауыстырылып, бұл әсер аналитикалық формулалар арқылы есептелінеді. Әдетте, бақылау пунктін қоршаған төңіректі центрі бақылау пунктінде орналасқан шеңберлер жүйесімен және тарамдалған түзулер мен бөлінген бірнеше шығыршық секторларға бөлінеді. Жер бедерінің әрбір сектордағы әсері биіктігі бақылау пунктінің биіктігімен тең қисықсызықты призманың әсерімен ауыстырылып, аналитикалық формулалар арқылы есептелінеді. Осылай анықталған әрбір сектордың әсерін бір-бірімен қосу арқылы жер бедерінің әсерін табуға болады.



3.8-сурет  
Жер бедерінің ауырлық күшіне әсері

Геофизикалық практикада аталған топографиялық түзетуді енгізу үшін арнайы кестелер, палеткалар мен номограммалар пайдаланылады.

Кейінгі кезде, жер бедері әсерін анықтау үшін аэрофотографиялық материалдар кеңінен қолданылуда. Бұл әдістің артықшылығы жер бетінде жүргізілетін күрделі геодезиялық жұмыстардан құтқарып, енгізілетін түзетулерді автоматтандыруға мүмкіндік береді. Әдістің мағынасы мынада.

$O_1$  және  $O_2$  екі нүктесінен жер бедері суретке түсірілді делік (3.9-сурет). Жер бетіндегі  $A_1$  нүктесінен түсірім биіктігі  $H$  биіктікте орналасқан, ал  $A_1$  нүктесінен  $O_1O_2$  кесіндісі  $\varphi_1$  бұрышпен көрінеді. Егер  $O_1O_2$  кесіндісі  $A_1$  нүктесіне жақын орналасқан  $A_2$  нүктесінен қаралса ( $A_1$  нүктесіне қарағанда биіктік айырымы  $\Delta H$ ), онда кесіндінің көріну бұрышы  $\varphi_2 = \varphi_1 \pm \Delta\varphi$ .

Бұл жағдайда

$$(H \pm \Delta H)/H = (\varphi_1 \pm \Delta\varphi)/\varphi \quad (3.36)$$



немесе

$$\Delta H = H (\Delta\varphi)/\varphi_1 = K\Delta\varphi$$

Сонымен, екі нүктеден түсірілген аэрофототүсірім көмегімен (түсірім биіктігі белгілі болу керек)  $K$  және  $\Delta\varphi$  мәндерін анықтап, сонан кейін  $\Delta H$ -ты табуға болады. Бұл процесті автоматтындыру үшін ұшаққа қондырылған арнайы стереометр және оған қосымша қондырғылар қолданылады. Тәжірибелер нәтижелерін талдай келе, топографиялық түсірімнің нақтылығы  $(0,02 \pm 0,05) \cdot 10^{-5} \text{ м/с}^2$  болу үшін аэрофототүсірімнің масштабы 1:14000 – 1:35000 аралығында болу керектігі анықталып отыр. Айта кететін жәйт, топографиялық түзетуді есептуде, түзету енгізілетін төңіректің шекарасын анықтау қажет. Ол үшін алдымен төмендегі формуламен гравитациялық әсердің шамасы анықталады

$$\Delta g_\infty = (\pi k \sigma / 4) (h^2 / r_m) \quad (3.37)$$

Осы  $\Delta g_\infty$  шамасына әртүрлі мәндер бере отырып және топокарта бойынша  $h$  (жер бедерінің бақылау пунктінен орташа артық биіктігі) мәнін анықтап,  $r_m$  радиусы есептелінеді. Әдетте, бұл радиустың шамасы,  $\Delta g_\infty$  мәні бірқалыпты өзгермеген жағдайға жеткен қашықтыққа тең.

### Бақылау сұрақтар

1. Ауытқума ауырлық күштері дегеніміз не?
2. Фая түзету?
3. Прейя түзету?
4. Буге түзету?
5. Гравитация ауытқулардың есептеу жалпы формуласы?

## Сабақ 28

### Гравитациялық аномалияларды геологиялық түрғыдан интерпретациялау

#### Жоспар:

1. Интерпретациялаудың физикалық негіздері.
2. Қарапайым геометриялық денелер үшін гравитациялық өрісті есептеу

**Интерпретациялаудың физикалық негіздері.** Гравитациялық өрістің өзгерісі (аномалияның пайда болуының басты себебі) – жер қойнауын құрайтын тау жыныстарының тығыздығы жағынан бір-бірінен айырмашылығына байланысты. Міне, осы алғышарт гравиметриялық барлау

әдісінің геологиялық зерттеуде және кенорындарын барлауда тиімді болуының басты шарты. Кіріктіруші (вмещающие) жыныстар мен рудалық дененің тағыздық жағынан айырмашылығы көбейген сайын гравитарлаудың мүмкіндігі де өсе түседі.

Гравитациялық аномалияны интерпретациялаудың негізгі мақсаты— олардың жер бетіндегі таралу заңдылығының жер қойнауындағы геологиялық объектілермен байланысын анықтау және осы нәтижелерді әр түрлі геологиялық мәселелерді шешу үшін пайдалану.

Интерпретациялау нәтижелері зерттелетін ауданның геологиялық құрлысының күрделілігіне, геологиялық және геофизикалық зерттелу деңгейіне тікелей байланысты. Егер бұл мәліметтер шектеулі болған жағдайда, табылған аномалияны тек қана сол ауданның жер қойнауын құрайтын жыныстардың жалпы қасиеттерімен немесе ықтималды тектоникалық элементтердің (жарылымдар, антиклинальдық және синклиналдық қатпарлар) орналасуымен ғана байланыстыруға болады. Мұндай геологиялық интерпретациялауды *сапалық* деп атайды. Ал, кейбір қолайлы жағдайларда сапалық талдаулармен қатар, арнайы математикалық тәсілдермен сол гравитациялық аномалияның көзі болып есептелетін геологиялық объектінің параметрлерін (терендігі, мөлшері, сыртқы пішіні) анықтауға мүмкіндік туады. Мұндай интерпретациялауды *сандық* деп атайды.

*Сапалық* талдау интерпретациялаудың алғашқы және маңызды сатысы болып саналады. Бұл талдау барлық уақытта жүргізіліп, ол үшін осы ауданға белгілі әртүрлі геологиялық және геофизикалық мағлұматтар пайдаланылады. Талдау барысында ықтималды геологиялық факторлар анықталады, құрылымның кейбір элементтері бағаланып, болашақ толық геологиялық және геофизикалық түсірімдер жүргізілетін учаскелер белгіленеді, тіпті бұрғылау ұңғымаларының орны да анықталуы мүмкін.

*Сандық* интерпретациялау барлық уақытта жүргізілмейді, тек қана аномалия мен оны тудыратын геологиялық факторлар туралы болжауларды тиянақтау үшін жүргізіледі. Сандық интерпретациялау барысында гравиметриялық *тура* және *кері* есептер шешіледі. *Тура* есеп деп жер қойнауындағы аномалдық массалардың таралуына (рудалық дененің тығыздығы, формасы және мөлшері) байланысты жер бетіндегі гравитациялық аномалияны есептеуді айтады.

Ал, *кері* есеп деп жер бетіндегі гравитациялық аномалияның таралуына байланысты жер қойнауындағы рудалық дененің параметрлерін (формасы, мөлшері, тығыздығы) анықтауды айтады.

*Тура* есеп интерпретациялау барысында қосымша ретінде қаралады, өйткені ол *кері* есептің ықтималды шешімін табуға себебші болады (мәселен, қарапайым денелердің аномалиясы арқылы күрделі денелердің параметрлерін анықтау).

Тура есептің шешімі әр уақытта бір мағыналық болыр саналады. Өйткені, белгілі формулалар арқылы әр түрлі геометриялық пішіні бар геологиялық денелер үшін жербетіндегі гравитациялық аномалияны жоғары дәлдікпен есептеуге болады.

Гравиметриялық кері есеп теориялық көзқарастан бір мағыналық болып саналмайды, өйткені аномалияның түрі жер қойнауындағы аномалиялық массалардың таралуының әр түріне сәйкес болуы ықтимал (2-суретті кара).

Мұндай әр мағыналық тек қана зерттелетін аудан үшін рудалық дененің формасы мен тығыздығы жайлы қосымша геологиялық және геофизикалық мағлұматтарды қоса пайдалану арқылы шешіледі.

Гравиметрияның кері есебін шешу барысында зерттелетін геологиялық объект туралы мәліметтерді анықтап қана қоймай, сол интерпретациялау нәтижелерінің дұрыстығын бағалау қажет. Ал, бұл мәселе шешімнің тұрақтылығына (орнықтылығына) байланысты. Әдетте, егер жер қойнауындағы геологиялық объектінің мөлшері мен формасының аз ғана өзгерісі жер бетіндегі гравитациялық аномалияның аз ғана өзгерісіне сәйкес келсе, гравиметрияның кері есебінің шешімі тұрақты деп саналады.

Сонымен, гравитациялық аномалияны интерпретациялаудың сенімділігі (надежность) зерттелетін аудан үшін геологиялық, геофизикалық және қосымша мағлұматтардың толықтылығына тікелей байланысты.

**Қарапайым геометриялық денелер үшін гравитациялық өрісті есептеу.** Әдетте, жербетінде гравитациялық аномалиялар тудыратын геологиялық объектілер параметрлерін анықтау үшін сыртқы пішіні қарапайым денелермен ауыстырады. Мұндай денелерді есептеу математикалық тұрғыдан оңай, оларды сандық интерпретациялау жеңілге түседі және де нақты геологиялық объектінің кейбір сипаттамаларын анықтауға мүмкіндік береді. Әрине, алынған нәтиженің нақтылығы, геологиялық объектінің сол қарапайым денеге сәйкестігіне тікелей байланысты.

Сыртқы пішіндері қарапайым денелердің жер бетіндегі гравитациялық әсерін арнайы аналитикалық формулар арқылы немесе графикалық тәсілдермен анықтауға болады.

Аналитикалық тәсілмен шешу барысында гравитациялық потенциалдың әр түрлі туындылары зерттеліп, олардың кейбір ерекше нүктелері (максимум және минимум, нольден өту, бүгілген және т.б. нүктелері) дененің параметрлерімен байланысты анықталады.

Ал, графикалық тәсілде аналитикалық формулалар арқылы потенциал туындыларының әр түрлі параметрлері бар (тереңдігі, мөлшері және т.б.) денелер үшін теориялық қисық сызықтар, арнайы палеткалар тұрғызылады. Есептелген қисық сызықтарды теориялық қисық сызықтармен салыстыру

арқылы пішіні жуық теориялық сызық табылып, оның параметрі анықталады. Төменде, осындай денелердің бірі сфераға арналып гравиметрияның тура және кері есептерінің шешімі келтірілген.

*Сфера* (табиғатта мұндай қарапайым денеге ұқсас дiңгек (шток) сықылды денелер немесе тұз күмбезді (солянокупольные) құрылымдар сәйкес болуы мүмкін).

Егер координаталар бастауын сфера центрінің жер бетіндегі проекциясына сәйкес деп алып, сфера центрінің тереңдігі  $h$  деп алсақ, онда  $\Delta g$  ауырлық күші және оның градиенті  $U_{xz}$  аномалиялары төмендегідей формулалармен табылады:

$$\Delta g = kM \frac{h}{r^3} \quad (3.60)$$

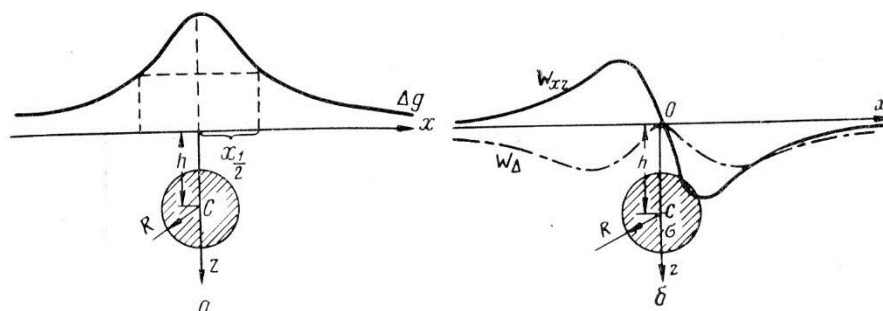
$$U_{xz} = -3kM \frac{xh}{r^5} \quad (3.61)$$

$$U_{\Delta} = -3kM \frac{x^2}{r^5}$$

$$U_{yz} = 0$$

мұнда,  $k$ - гравитациялық тұрақты, ал  $r = \sqrt{x^2 + h^2}$ .

Міне, осы формулаларға сәйкес аномалияла түрі 3.12-суретте келтірілген.



3.12-сурет

Сыртқы пішіні сфераға ұқсас денелер үшін

$\Delta g$ ,  $U_{xz}$  және  $U_{\Delta}$  аномалиялары

$\Delta g$  аномалиясы арқылы гравиметрияның кері есебін шешу үшін яғни  $h$  және  $M$  мәндерін былайша табуға болады. 3.12-суретте көрсетілгендей, егер  $x=0$  болғанда,  $\Delta g$  аномалиясы  $\Delta g_{\max}$ -ге тең. Олай болса, (3.60) формуласына  $x=0$  қойып

$$\Delta g_{\max} = \Delta g(0) = \frac{kM}{h^2} \quad (3.62)$$

Бұл табылған формула  $h$  және  $M$  мәндерін табудың бірінші теңдеуі болып саналады. Екінші теңдеуді табу үшін  $x=x_{1/2}$  деп аламыз, онда  $\Delta g = 1/2 \Delta g(0)$  яғни  $\Delta g_{\max}$  аномалиясының жарты мәніне тең.

(3.60) және (3.62) формулаларды біріктіріп шешіп

$$\Delta g(x_{1/2}) = kM \frac{h}{(x_{1/2}^2 + h^2)^{\frac{3}{2}}} = \frac{kM}{2h^2} \quad (3.63)$$

Бұл формуладан  $h$  мәнін анықтап, (3.62) формула бойынша сфераның  $M$  массасын есептеуге болады.

$$M = \frac{\Delta g_{\max} h^2}{k} \quad (3.64)$$

Ауырлық күшінің  $U_{xz}$  градиенті бойынша гравиметриялық кері есеп былай шешіледі. 3.12-суретте көрсетілгендей,  $U_{xz}$  аномалиясының максимумы  $x$  мәні  $-h/2$  –қа тең болғанда, ал минимумы  $+h/2$  –қа тең болғанда білінеді. Олай болса,

$$h = x_{\min} - x_{\max} = L \quad (3.65)$$

(3.61) формуласына  $x=-h/2$  мәнін қойып

$$U_{xz \max} = U_{xz}(-h/2) = 3kM \frac{h^2}{2\left(\frac{5h^2}{4}\right)^{\frac{5}{2}}} = 0,858 \frac{kM}{h^2} \quad (3.66)$$

Бұл формуладан

$$M = 0,0175 h^3 U_{xz \max} \quad (3.67)$$

Егер сфералық дененің тығыздығы  $\sigma$  белгілі болса, онда оның радиусы төмендегі формула арқылы анықталады

$$M = \sigma V = 4/3 \pi R^3 \sigma \quad (3.68)$$

Гравиметрияның тура және кері есептеріне арналған мұндай әртүрлі қарапайым денелер үшін шешілген есептер арнайы кітаптарда келтірілген.

### Бақылау сұрақтары:

1. Тұжырымдау дегеніміз не?
2. Сапалық тұжырымдау дегеніміз не?
3. Сандық тұжырымдау дегеніміз не?
4. Гравитациялық тұрақты мәні нешеге тең?

## **Сабақ 29 (тәжірибе)**

### **Гравитациялық аномалияларды трансформациялау (түрлендіру)**

#### Жоспар:

1. Гравитациялық аномалияларды трансформациялау.
2. Аномалияны орташалау
3. Потенциалдың жоғарғы туындыларын есептеу

Гравиметриялық түсірім нәтижесінде өлшенген гравитациялық өріс әр түрлі геологиялық факторлардың жиынтығы болып саналады. Ал, нақтылы бір геологиялық мәселені шешу үшін, осы күрделі өрістің (аномалияның) ішінен бізге керекті геологиялық объектіге байланысты аномалияны бөліп алып, талдау қажет. Ол үшін бастапқы күрделі өрістің (аномалияның) кейбір ерекшеліктерін айқын көрсетіп, ал қажетсіздерін басып бәсеңсіту керек, яғни бастапқы өрісті трансформациялау немесе “түрлендіру” қажет.

Трансформациялаудың негізгі мақсаты - бастапқы гравитациялық аномалияны геологиялық объектілердің жер қойнауында орналасуына сәйкес компоненттерге бөліп көрсету.

Басқаша айтқанда, трансформациялау нәтижесінде бастапқы өрістің әлдебір ерекшелігі айқындалып, қалғандары басылады. Сондықтан гравитациялық аномалияны трансформациялауды геологиялық интерпретациялаудың бір бөлігі, дәлірек айтқанда, оның алғашқы кезеңі деп атауға болады.

Егер де табылған аномалиялар жалпы гравитациялық өрісте бір-бірімен байланыссыз, өз ерекшеліктерімен бөлінген болса, онда трансформациялау мәселесі оңайға түседі. Іс жүзінде мұндай жағдай өте сирек кездеседі. Түсірім дәлдігіне, бақылау пункттерінің жиілігіне, геологиялық құрылымдардың табиғи жатысына (астасуына) байланысты, көбінесе олар бір-бірімен тығыз байланысты, тәуелді түрде кездеседі. Сондықтан мұндай аномалияларды ажырату үшін, осы ауданға тән барлық геологиялық деректерді толығымен пайдалану қажет. Мұндайда аномалияларға қосымша шектеулер қойып, трансформациялау әдістемесінің ұтымды түрін қолдануға мүмкіндік береді.

Әдетте, гравитациялық аномалияны трансформациялау барысында кейбір геологиялық алғышарттар жорамалды түрде қабылданады: геологиялық объектілердің ықтималды орналасу тереңдіктері, аномалиялардың мөлшерлері, олардың градиенттері және т.б. Шындығында, бұл шамалар бір-бірімен тығыз байланысты.

Трансформациялаудың қандай бір тәсілі болмасын, бастапқы гравитациялық өрістің құрамында жоқ (онда білінбеген) жаңа ерекшелікті табуға мүмкіндік бермейді, яғни трансформациялай нәтижесінде өлшенген

өрісте жоқ жаңа деректер алу мүмкін емес, тек бастапқы өрістің кейбір ерекшеліктері айқындалып, ал басқа бірін басады немесе жасырады.

Қазірде, гравитациялық аномалияны трансформациялаудың бірнеше әдістері бар. Олардың негізі жер қойнауындағы геологиялық объекті мен өлшенген аномалиялар арасындағы байланысқа негізделген: объект мөлшері үлкейіп, оның тереңдігі көбейген сайын, жер бетіндегі аномалияның ауданы да үлкейіп, оның градиенті азая түседі. Керісінше, объект көлемі азайып, тереңдігі азайған сайын жер бетіндегі аномалия ауданы да азайып, оның градиенті өсе түседі. Бірінші аномалия *аймақтық*, ал екінші - *жергілікті* аномалиялар деп аталады. Аймақтық немесе жергілікті аномалиялар түсірім масштабына тікелей байланысты. Бір масштабтағы түсірім нәтижесінде табылған жергілікті аномалия, басқа бір масштабты түсірім үшін аймақтық болып есептелуі ықтимал.

Трансформациялау әдістері үш топқа бөлінеді:

- орташалау;
- аномалияны аналитикалық жолмен жалғастыру;
- потенциалдың жоғарғы туындыларын есептеу.

*Аномалияны орташалау.* Бұл тәсіл аномалияны аймақтық және жергілікті құрастырыушыларға бөлу үшін кеңінен қолданылады. Геофизикалық практикада орташалау радиусы тәжірибелік жолмен табылады. Ол үшін картадағы бастапқы гравитациялық өрісті бірнеше жерден әртүрлі радиуспен орташалап, өрістің орташа мәні мен радиус арасындағы байланысты бейнелейтін график тұрғызылады. Осы график арқылы радиустың ыңғайлы мәні анықталып, келешек оны барлық өрісті орташалау үшін қолданады.

Кейбір кезде, білікті мамандар бұл орташалау жұмысын гравитациялық өріс сызылған картада көзбен-ақ жүргізуі мүмкін.

*Аналитикалық жалғастыру,* гравитациялық аномалияның қарқыны бастауынан (от источника) қашықтаған сайын оның тереңдігі мен мөлшеріне байланысты әртүрлі деңгейде бәсеңсіуіне негізделген: жер бетіне жақын жатқан аномалиялар тез бәсеңситін (басылатын) болса, ірі және терең орналасқан аномалиялардың бәсеңсуі өте баяу түрде болады.

Жер бетінен жоғары қарай бағытта аномалияны есептеу барысында (геологиялық объектіден қашықтай түседі), биіктік өскен сайын аномалия түрі де бастапқыға қарағанда тегістеледі, яғни жоғары деңгейде есептелу арқылы тереңде орналасқан ірі объектілер аномалиялары айқындалады. Егер, есептеу жер бетінен төмен қарай бағытта жүргізілсе (геологиялық объектіге жақындай түседі), онда бір-бірімен жақын орналасқан объектілердің аномалиялары айырылып, дараланып көрінеді. Бұл әдістің тағы бір пайдасы

есептеу объектінің деңгейіне жеткенде, аномалияның түрі күрт өзгеріске ұшырайды. Міне, бұл деңгейді, объектінің тереңдігі деп білу керек.

*Потенциалдың жоғарғы туындыларын есептеу* әдісі жергілікті және аймақтық аномалияларды бөліп көрсету үшін кеңінен қолданылатын әдістердің бірі. Потенциалдың есептейтін туындыларының саны (реті) жоғарылаған сайын, жер бетіне жақын жатқан біршама аномалиялар айқындала түседі, ал терең орналасқан ірі аномалиялардың әсері бәсеңдей түседі.

### **Бақылау сұрақтары:**

1. Гравитациялық аномалияларды трансформациялау.
2. Аномалияны орташалау
3. Потенциалдың жоғарғы туындыларын есептеу

### ***Сабақ 30 (тәжірибе)***

*Дала материалдарын интерпретациялау және өңдеу.*

Жоспар:

1. Тапсырманы алу.
2. Жұмысты орындау.
3. Тапсырманы тексеру.

Профиль бойынша тартылу күшінің жылдамдығы келесі формула бойынша анықталады:

$$g=kMh/(x^2+h^2)^{2/3},$$

мұнда  $k=6,67 \cdot 10^{-8} \text{ см}^3/\text{гс}^2$  – гравитациялық тұрақты;  $h$ - шардың ортасына дейінгі тереңдігі (см);  $x$ - бастапқы координаттан соңғы нүктеге дейінгі арақашықтық(см);  $M$ - масса (г), келесі формула бойынша анықталады:

$$M=V\delta= 4/3 \pi R^3\delta,$$

Мұнда  $V=4/3 \pi R^3$  – шардың көлемі (см<sup>3</sup>);  $R$ - шардың радиусы (см);  $\delta$ - тығыздық (г/см<sup>3</sup>).

**Тапсырма 1.** Шарға тартылу күшін анықтау.

**Тапсырма 2.** Гравитарлаудың кері есебін шығару.



## БӨЛІМ 4.

### Электробарлау

#### Сабақ 31

#### Әдістің қалыптасуы.

1. Электробарлау әдісінің КСРО-да қалыптасуы.
2. Электробарлау әдісінің шет елде қалыптасуы.

Жердің табиғи электр өрісін пайдалы қазбаларды іздестіру мақсатында қолдану туралы алғашқы пікір ХІХ ғасырда айтылды. Тау жыныстарының қоршаған ортамен жанасқан жерінде электр тогы пайда болатыны туралы алғаш рет сол кезде белгілі болған. 1830 жылы ағылшын Р.Фокс мыс кенішінде осы жанасқан ортада электрқозғаушы күшінің (ЭҚК) мөлшерін өлшеп, бұл құбылысты келешек кен орындарын барлауда пайдалануды айтты. Р. Фокстың ойынша рудалық денелер үстінде табиғи потенциалдар айырмасы ондаған тіпті жүздеген милливольтқа жетуі мүмкін еді.

Ресейде жердің табиғи электр тоғын зерттеуде алдымен Е.И.Рагозин атын айтқан жөн. Оның 1903 жылы жарық көрген “О применении электричества к исследованию рудных залежей” атты іргелі еңбегі табиғи электр тоғын өлшеу арқылы пайдалы қазбалар кен орындарын барлаудың теориялық негізіне арналған. Электрлік барлау әдістері аумағында мұндай пікірлер әр жерде айтылып жүрді. Дегенмен, геологиялық зерттеулерде электрлік әдістер көпке дейін қолданылмай келді. Оның басты себебі, мөлшері өте аз электр тогының өзгерісін өлшеу үшін ыңғайлы аспаптардың сол кезде жоқтығы болатын.

XX ғасырдың басында геофизикалық зерттеулерге арналып сезімталдығы жоғары, табиғи электр тоғын өлшеуге қабілеттілігі бар, потенциалметр атты прибор ойластырылып шығарылды. Міне, электр барлау әдісінің қалыптасу кезеңі осы уақыттан басталды деп айтуға болады.

Алғашқы электрлік барлау әдісі рудалық дененің әсерінен болатын табиғи электр өрісіндегі өзгерісті өлшеуге негізделген. Рудалық дененің электрөткізгіштік қасиеті кіріктіруші жыныстарға қарағанда басқаша (әлдеқайда жоғары) болса, онда электр тогының жер бетіндегі таралуын зерттей келе, жер қойнауындағы кен орындарының бар-жоғын анықтауға болады.

1912-1913 жылдары Францияда К.Шлюмберже, Швецияда Тагенгрен және Бергстрем жер астына тұрақты электр тоғын жіберіп, оның тау

жыныстары арқылы таралуын өлшеуді ұсынды. Бұл мақсатта арнайы поляризацияланбаған қабылдаушы электродтар мен тіркеуші гальванометрлерді қолданып, жер бетінде зерттелетін ауданның электрлік кескінін анықтауға болатынын айтты.

Электробарлау әдісі дамуының кезекті кезеңі Г.Лундсберг атымен тығыз байланысты. Ол 1919 жылы жер астына жоғарғы жиілікті айнымалы ток жіберіп, арнайы зондтар мен телефондар арқылы жербетінде электр потенциалдары тең нүктелерді анықтауды ұсынды.

Сонымен, XX ғасырдың басында электробарлау әдістері негізінен шетел ғалымдарының күшімен дамыған.

XX ғасырдың бірінші жартысында шетел ғалымдары ұсынған электрлік барлау әдістерін Кеңес үкіметі ғалымдары теориялық және іс жүзінде пайдалану жағынан жетілдіріп, жергілікті кен орындарында қолдануды бастады. СССР-де алғашқы электрлік барлау жұмыстары, осы әдістің теориялық негізін жасаушы белгілі ғалым, профессор А.А.Петровскийдің басшылығымен жүргізілді (1923 жыл ашылған қолданбалы геофизика институтының электрлік барлау бөлімінің меңгерушісі). Белгілі ғалым және ұстаз А.А.Петровский білікті геофизик-мамандар дайындауға да аса көңіл бөлген. Оның ғылыми туындыларының арасында «Электроразведка постоянным током» (1932), «Курс магнетизма» (1907) және «Специальный курс электричества для разведчиков-геофизиков» (1932) атты оқу құралдары осы күнге дейін өз құндылығын жойған жоқ.

40-жылдарға дейін Кеңес үкіметі аумағында электробарлаудың дамуы екі бағытта жүргізілді: жер бетіне жақын орналасқан пайдалы қазбаларды (рудалық кен орындарын) және 1000 м-ден астам тереңдікте орналасқан мұнай және басқа да кен орындарын іздестіру. Бірінше бағытта барлау жұмыстары 20-жылдары А.А.Петровский басшылығымен жүргізілсе, екінші бағыттағы зерттеулер 30-жылдары Грозный және Баку мұнай кәсіпшіліктерінде Шлюмберже фирмасы жүргізген жұмыстардан кейін дами бастады.

Сонымен, 1924-1925 жылдары Кеңес үкіметі аумағында жүргізілген тәжірибелі электрлік барлау жұмыстары, бұл әдістің келешегі мол екендігін дәлелдеді. Міне, осы жылдарды пайдалы қазбаларды барлауда электрлік барлау әдісін өндіріске енгізудің басталған уақыты деп айтуға болады. Сонан бері, 75 жылдан астам уақытта электрлік барлау әдістері тұрақты токты пайдаланатын қарапайым кедергі әдісінен, бүгінгі табиғи және жасанды өріс

көздерін пайдаланатын күрделі электромагниттік сүңгілеу әдістеріне дейін ұзақ жолды өткерді.

### Бақылау сұрақтары:

1. КСРО-да әдістің қалыптасуы.
2. Шет елде әдістің қалыптасуы.
3. Электробарлаудың шешетін мәселелері.
4. Электробарлаудың қолдану аймағы.

### Сабақ 32

#### Тау жыныстарының электрлік қасиеттері.

##### Жоспар:

1. Меншікті электр кедергі
2. Диэлектрлік өтімділік.
3. Магниттік қасиеттері

Жыныстардың электромагниттік өрісінің өзгерісін анықтайтын негізгі параметрлер қатарына меншікті электр кедергі  $\rho$ , диэлектрлік  $\varepsilon$  және магниттік  $\mu$  өтімділік (өткізгіштік) жатады. Енді осы аталған параметрлерге толығырақ тоқталайық.

*Меншікті электр кедергі  $\rho$ .* Материалдың өз бойымен таралатын электр тогына кедергілік қабілеті оның меншікті электр кедергісі арқылы сипатталады.

$$\rho = R \frac{S}{L} \quad (4.1)$$

мұнда  $R$  - кедергі, Ом,  $S$  - жыныс үлгісінің көлденең қима ауданы,  $m^2$ ,  $L$  - оның ұзындығы, м.

Егер  $S$  пен  $L$  мәндері 1-ге тең деп алсақ, онда  $\rho=R$ , яғни бұл Ом·м-мен өлшенетін сыртқы пішіні кубқа ұқсас, жақтары 1 м-ге тең тау жынысы үлгісінің кедергісі (1 Ом·м=100 Ом·см).

Тау жыныстарының меншікті электр кедергісі өте кең мөлшерде өзгереді ( $10^{-2}$  ден  $10^7$  Ом·м-ге дейін). Сонымен қатар, әрбір жыныстың меншікті кедергісі тұрақты түрде қалмайды, ол жыныстың физика-геологиялық жағдайына байланысты мыңдаған тіпті он мыңдаған есе өзгеруі мүмкін. Өйткені, жыныстың кедергісі оның а) минералдық құрамына, б)

кеуектігіне, в) жыныс қуыстарының сұйықпен толтырылу деңгейіне және г) сұйық фазасының меншікті кедергісіне тікелей байланысты.

Электрөткізгіштік қабілеттілігіне байланысты минералдар үш топқа бөлінеді:

1. Өткізгіш минералдар,  $\rho$  мәні 10-нан  $10^{-4}$  Ом·см-ге дейін;
2. Жартылай өткізгіш минералдар,  $\rho$  мәні  $10^6 - 10^9$  Ом·см-ге дейін;
3. Өткізбейтін минералдар,  $\rho$  мәні  $10^{10} - 10^{17}$  Ом·см-ге дейін;

Негізгі тау жынысын құраушы (породообразующие) минералдар (кварц, слюда, доламит, кальцит және т.б.) өте жоғары меншікті кедергілерімен сипатталады. Олай болса, құрамында аталған минералдар бар жыныстардың меншікті кедергісі де жоғары болуы керек. Дегенмен, іс жүзінде олай емес, тау жыныстарының меншікті кедергісі орташа мөлшерде болады. Мұның себебі, жыныстың меншікті кедергісі минералдық құрамы емес, негізінен, оның ылғалдығымен анықталады, ал ылғалдық жыныстың кеуектілігі мен жарықшақтығына тікелей байланысты.

Жыныстың кеуектілігі оның құрамындағы қуыстар көлемінің барлық көлемге қатынасымен анықталады. Кеуектілігі бойынша жыныстар үш топқа бөлінеді.

1. Атқылама жыныстар (гранит, диабаз, диорит, габбро, перидотит, порфир және т.б.), кварцит, мәрмәр. Олардың кеуектілік мөлшері 2-3 %-ке дейін, өте сирек 7-8 %-ке дейін болады.

2. Органикалық әктас, доломит, құмтас, жіктас-сланцы, гипс, бор, ангидрит жыныстары үшін кеуектілік мөлшері 1-2 %-тен 15-25 %-ке, сирек - 30-35 %-ке дейін жетеді.

3. Саз, әксаз-мергель, құм, торф, топырақ өте жоғары кеуектіліктерімен сипатталады (20 %-дан 50-55 %-ға дейін, торф – 80%).

Жер қойнауында электромагнит өрісінің таралуын сипаттайтын екінші параметр - заттың *диэлектрлік өтімділігі*. Диэлектрлік өтімділік электр зарядтарының өзара әрекеттесуін сипаттайтын Кулон формуласындағы кері прапорциональ коэффициент. Заттың диэлектрлік коэффициенті деп сол заттағы электр өрісі кернеулігінің вакуумдегі электр өрісі кернеулігіне қатынасын сипаттайтын коэффициентті айтады.

$$\varepsilon = \varepsilon_0(1 + \chi_d)$$

мұнда  $\varepsilon_0$ - вакуумдегі диэлектрлік өтімділік,  $\chi_1$  - диэлектриктің диэлектрлік өтімділігі. Диэлектрлік қабілеттілік ауа үшін нольге тең ( $\chi_1=0$ ), ал  $\varepsilon_0=(1/36\pi)10^{-9}$  ф/м. Тау жыныстары үшін диэлектрлік өтімділік  $\varepsilon_0$ -ден  $100\varepsilon_0$ -ге дейінгі аралықта өзгереді.

Электробарлаудың тұрақты ток тәсілінде  $\varepsilon$  параметрі электромагниттік өлшеулерге әсері болмайды. Ал, жердің жоғарғы жиілікті электромагнит

өрісіне (жиілігі мындаған килогерц) оның әсері айтарлықтай. Сондықтан бұл коэффициент электробарлаудың радиотолқынды жиіліктерінде жұмыс істейтін тәсілдерінде қарастырылады.

Жыныстардың *магниттік қасиеттері* магниттік қабілеттілігі  $\chi$  және қалдық магниттелу деңгейімен сипатталады. Магниттік қабілеттілік деп жыныстың сыртқы магнит өрісі әсерінен магниттелу деңгейін сипаттайтын коэффициентті айтады. Ал, қалдық магниттелу деп жыныстың сыртқы магнит өрісі жойылғаннан кейін бастапқы магниттелу деңгейін сақталуын айтады .

#### **Бақылау сұрақтары:**

1. Меншікті электр кедергі
2. Диэлектрлік өтімділік.
3. Магниттік қасиеттері
4. Таужыныстың кеуектілігі дегеніміз не?

#### **Сабақ 33-34 ( тәжірибе)**

#### **Электробарлау аппаратурасы мен жабдықтары.**

##### Жоспар:

*1. Аппаратура мен жабдықтардың негізгі қасиеттері:*

- а) Генераторлар, батарея, аккумулятор.*
- б) Өлшегіштер, тоқ регистраторы.*
- в) Өлшегіштер немесе реттегіш аспаптар.*
- г) Гальваникалық өрістерге арналған электродтар.*
- д) Тұзақ(петля) – жерленбеген контуры*
- е) Аз кедергілі сымдар.*

*ж) Көмекиі жабдықтар*

*2.Тасымалданатын аспаптар:*

- а) Электронды тілді компенсатор*
- б) Аз жиілікті аппаратура*
- в) Эллипс осінің поляризациясын өлшеуге арналған аппаратура.*
- г) Ауыспалы процесстерді өлшеуге арналған аппаратура.*
- д) Радиокомпарационды профильдеуге арналған аппаратура.*
- е) Дипольді электромагнитті профильдеуге арналған аппаратура*
- ж) Радиожарықтануға арналған аппаратура*

### Электробарлауға арналған аппаратура мен жабдықтар

Электробарлаудың әртүрлі әдістеріне әртүрлі аппаратура мен жабдықтар қолданылады. Кейбір аспаптар бір ғана жұмысқа арналса, ал кейбір аспаптар бірнеше жұмысты атқара алады.

#### *Генераторлы-өлшегіш аспаптардың негізгі қасиеттері*

*Электробарлаудың техника кешеніне келесі блоктар жатады:*

Генераторлар, батареялар, аккумуляторлар( табиғи өріс әдісіне бұл аспаптар керек емес) генераторлы аспаптарға тұрақты тоқпен қамтамасыз етуші құралдар. Автогенераторлар автомобильдің және бензоэлектрикалық агрегаттың көмегімен жұмыс жасайды. Электробарлауға 70 немесе 30В кедергілі және салмағы 25 немсе 20кг 69-ГРМЦ-6 (Б-72) немесе 29-ГРМЦ-13 (Б-30) батареялары қолданылады. Оларда құрғақ марганцевті-цинктік элементтер қолданылады. 30-100В кедергілі кез келген батареяларды қолдануға болады. Кейде электробарлауда әртүрлі аккумуляторларды да қолданады. Тұрақты тоқ кедергі 10нан 1000В-қа дейін өзгереді.

2. *Өлшегіштер немесе тоқ регистраторы*, қоректенуші тізбекте. Әртүрлі әдістерде ток 0,01-ден 50А-ге дейін өзгереді.

3. *Өлшегіш немесе реттегіш аспаптар* кернеулі өрісте амплитуда және фазаның мәнін (абсолютті және салыстырмалы) анықтауға арналған. Көбінесе потенциалдар айырымын  $\Delta U$  тілді милливольтметрлермен өлшейді. Жазба көрінерлік болса аналогті деп аталады. Егер сигналдар цифрлы кодтармен жазылса сандық деп аталады және магнитофонға жазылады. Өлшегіш немесе реттегіш аспаптарға келесі мінездемелер жатады: әртүрлі жиіліктер және динамикалық диапазондар; сезімталдығы (10мкВ); жоғарғы кіріс кедергі(1 МОм жоғары); автоматты және қолды нөлге орналастыру аспабы; қоректенуші көзінің электронды схемасы және т.б.

4. *Гальваникалық өрістерді құруға арналған электродтар* Жерде және өлшенетін электрикалық кернеулік өрісте. Қоректеніші АВ электродтары ретінде шойын қолданылады, ал қабылдаушы MN мыс және латун электродтары қолданылады. Поляризация әдісінде поляризацияланбайтын электродтарды қолданады(мысты купарос және мысты стержн).

5. *Тұзақ(петля) – жерленбеген контуры* (өлшемі 1км-ге дейін), индукциялық өрісті қоздыруға арналған шектеу(рамка) (1 м диаметрлі). Тұзақ және шектеу изоляцияланған сымнан жасалады, диаметрлері өрістің жиілігіне сәйкес келеді.

6. Аз кедергілі сымдар механикалық қатты және жақсы изоляцияланған. Электробарлауға арнайы геофизикалық мыс сымдар(ГПМП, ГПСМП және т.б) қолданылады.

7. Көмекші жабдықтар (катушка, кувавлды, құралдар жіне т.б.).

Электробарлауға көптеген аппаратуралар қолданылады, олардың жұмыс істеу принципі мен схемасы тереңдікке, өлшенетін жерге, өріс жиілігіне және өлшенетін параметрге байланысты болады. Тереңдік және геологиялық параметрлерге байланысты аппаратуралар үшке бөлінеді: а) тасымалды, б) электробарлау станциясы; в) аэроэлектробарлау станциясы

#### Тасымалды аппаратура

Электробарлауда аз тереңдікті зерттеу кезінде (500м-ге дейін) 20-100кг массалы блоктардан тұратын тасымалдың аспаптар қолданылады. Тұрақты тоқты және аз жиілікті (АЭ-72, АНЧ-3) өлшеуге арналған аспаптарды, индукциялық электромагнитті профильді гармоникалық(ЭПП) және қондырылмаған өрісті (МПП), жоғарғы жиілікті электробарлау (СДВР, ДЭМП, РП) аппаратураларын қарастырайық.

Электрлі тілді компенсатор. Электрлі тілді компенсатор немесе электробарлау автокомпенсатор (АЭ-72) тұрақты тоқты, табиғи өрісті (ЕП), кедергі (ВЭЗ, ЭП), заряд (МЗ) өлшеуге арналған. АЭ-72 құралы автокомпенсациялық схемада немесе схемалы күшейткіште құрылған транзисторлы милливольтметр. Бұл аспаптың салмағы 4 кг. Аспап  $\Delta U$  өлшеуден басқа,  $I$  өлшеуге қолданлады.

Аз жиілікті аппаратура. Аз жиілікті аппаратура (АНЧ-3) табиғи электрлік өістерді, кедергіні, зарядты өлшеуге арналған. АНЧ-3 кешеніне 5 Гц жиілікті және массасы 3 кг болатын генератор, Б-70, Б-30 батарея, 4 кг болатын транзисторлы милливольтметр жатады.

#### Магнит өріс поляризациясының эллипс осін өлшеуге арналған аппаратура.

Поляризацияның эллипс осін өлшеуге арналған аппаратура (ЭПП-2) индуктивті төменгі жиілікті профильдеуді өлшеуге арналған. Оның көмегімен Жерде гармоникалық өріс құрады және магниттік өрістің вектрлы поляризация эллипс осін өлшеуге арналған. Аспаптың салмағы 50кг.

#### Ауыспалы поцестерді өлшеуге арналған аппаратура.

Индуктивті профилді ауыспалы процесстерді өлшеуге арналған аппаратура. Аппаратура МПП транзисторлы коммутатор және өлшегіш блоктан тұрады. МПП аппаратурасының массасы 10-40 кг құрайды.

#### Радиокомпарационды профильдеуге арналған аппаратура.

Радиокомпарационды профильдеуге арналған аппаратура СДВР-3 радиоқабылдағышты қолданады. Ол транзисторлы радиоқабылдағыш-компаратор, 10-30кГц диапазонында жұмыс істейді. СДВР-3 радиоқабылдағышының жйа қабылдағыштардан айырмашылығы ферритті антенналар, аспаптың шкала бағасын көрсетін құрылғы бар. Аспаптың массасы 5кг.

Дипольді электромагнитті профильді аппаратура. Дипольді электромагнитті профильді жоғарғы жиілікті жасанды өрісті зерттеуге

арналған аспап ДЭМП. Ол 2,8; 32; 128 кГц жиілікті портативті генератордан, радиоқабылдағыш, рамалық генераторлық және өлшеуіш антенна. Жалпы салмағы 17кг.

Радиожарықтауға арналған аппаратура. Радиотолқынды жарықтандыру ұңғымалар мен тау кен ісінде әртүрлі аппаратуралар қолданылады. Олар қабылдағыш(0,1-ден 10МГц жиілік) және антенна тұрады.

### **Бақылау сұрақтары:**

1. Электробарлау станциясы.
2. Аэроэлектробарлау станциясы.
3. Тасымалды электробарлау аппаратурасы.
4. Тасымалды электробарлау аппаратурасының түрлері.

### **Сабақ 35**

#### **Тұрақты ток өрісіне негізделген электрбарлау әдістері**

##### Жоспар:

1. Кедергінің әдісінің физикалық негіздері.
2. Дипольдық электр зондылау (ДЭЗ).
3. Табиғи электр өрісі (ЕП)
4. Жасанды поляризация әдісі (ВП)

Тұрақты ток өрісіне негізделген әдістердің арасындағы кең таралғаны *кедергі әдісі*. Оның бірнеше түрлері бар:

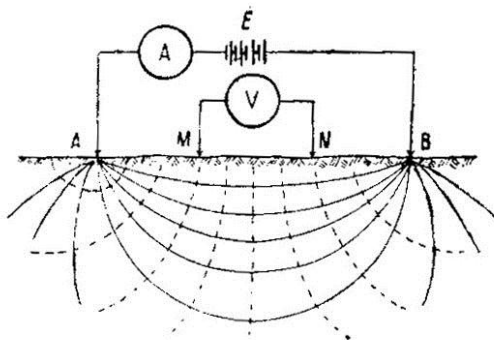
1. Вертикаль (тік) электр зондылау (ВЭЗ)
2. Дипольдық электр зондылау (ДЭЗ).
3. Электр профильдеу (ЭП).

**Кедергі әдісінің физикалық негіздері.** Қоректендіруші (питающие) А және В электродтары арқылы жерге Е батареясынан I электр тоғы жіберілді делік (4.4-сурет). Ток А электродынан В электродына дейінгі екі ортадағы жер қойнауы арқылы таралады. Егер А және В электродтары аралығына М және N қабылдаушы электродтарын орналастырсақ, олардың арасындағы  $\Delta V$  потенциалдар айырмасы мен I тоғы арасындағы байланыс төмендегідей формула арқылы бейнеленеді

$$\rho = k \frac{\Delta V}{I} \quad (4.2)$$



мұнда  $\rho$  - AMNB арасындағы ортаның меншікті электр кедергісі,  $k$  – электродтардың өзара орналасуын сипаттайтын коэффициент.



4.4-сурет

Екі электродтық электр өрісі және  
қондырғы схемасы

Сонымен, АВ тізбегіндегі  $I$  тогын және қабылдаушы MN электродтар аралығындағы  $\Delta V$  потенциалын өлшеу арқылы, сол ортаның меншікті электр кедергісін анықтауға болады. Әрбір тау жынысының меншікті электр кедергісі әр түрлі болғандықтан, осындай қондырғы көмегімен сол ортаны меншікті кедергісі арқылы бөлуге болады, яғни рудалық денені іздестіруге болады.

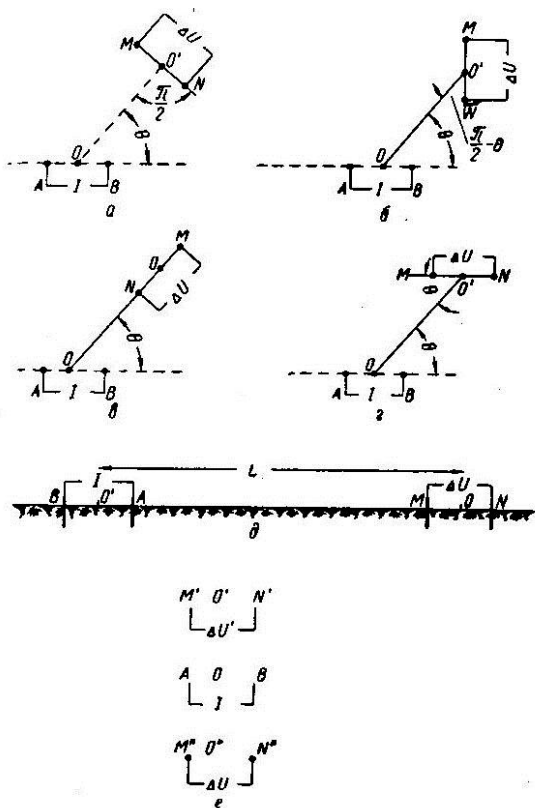
4.4-суретте келтірілген AMNB қондырғы астындағы орта біртекті деп қарастырылған яғни бұл орта біркелкі жыныстардан құралған. Егер, бұл ортаны әртүрлі қабаттардан тұрады деп қарастырсақ, онда анықталған меншікті кедергі сол ортаны құрайтын барлық жыныстардың әсерімен анықталады. Мұндай өлшенетін кедергіні көрінерлік (кажущеся) электр кедергісі деп аталады.

Енді кедергі әдісінің түрлеріне тоқталайық.

**Дипольдық электр зондылау (ДЭЗ)** (AB=MN символымен белгіленеді).

MN қабылдаушы электродтары АВ қоректендіруші электродтары арасынан алынып, біршама қашықта орналастырылады. Бұл жағдайда А және В қоректендіруші электродтары тудыратын өрісін MN электродтары үшін дипольдық өріс деп қарастыруға болады.

АВ және MN электродтарының өзара орналауына қарай дипольдық қондырғылардың бірнеше түрлері бар (4.6-сурет).



4.6-сурет

Дипольдық қондырғының түрлері: а-азимуттық;

б-перпендикулярлық; в-тарамдық (радиальный);

г-өсьтік; е-экваторлық

Сонымен, дипольдық электрзондылау әдісінде көрінерлік меншікті кедергі қоректендіруші және қабылдаушы электродтар центрлерінің арақашықтығына байланысты өзгерісі зерттеледі.

**Заряд немесе зарядталған дене әдісі** жер бетіне жақын жатқан геологиялық объектінің бір бөлігі ашылған болса (ұңғымамен немесе тау қазындыларымен, әлде су ағыны әсерінен шайылып), онда сол объектінің шектемесін (контурын) анықтау үшін пайдаланады. Ол үшін қоректендіруші электродтардың бірі (А немесе В) сол объектінің ашылған жеріне орналастырып (4.8-сурет), екіншісі сыртта орналасады. Бұл жағдайда рудалық дененің өзі электр өрісінің көзі болып табылады. Жер бетінде қабылдаушы электродтардың орнын ауыстыра отырып, сол дененің жер қойнауындағы формасын анықтауға болады.

**Электрохимиялық поляризация әдістері** қатарына табиғи электр өрісі және жасанды поляризация әдістері кіреді.

**Табиғи электр өрісі (ЕП)** жер қойнауындағы геологиялық денеде өздігінен пайда болатын электр өрісін зерттеуге негізделген.

Жер қойнауында табиғи электр өрістері көптеп кездеседі: мәселен, жер асты қабаттардағы диффузиялық (араласу) немесе топырақтардағы шіру процестері. Мұндай процестер (бұнан пайда болатын электр өрістері) аз ғана

жерді қамтиды және де рудалық денелермен байланысы жоқ. Сондықтан да геологиялық зерттеулерде мұндай өрістер қарастырылмайды.

Қарқындылығы жоғары табиғи электр өрістері, әдетте, сульфидті рудалар аймағында болады. Мұндай өрістердің жер бетіндегі потенциалдар айырмасы бірнеше милливольтқа жетуі ықтимал.

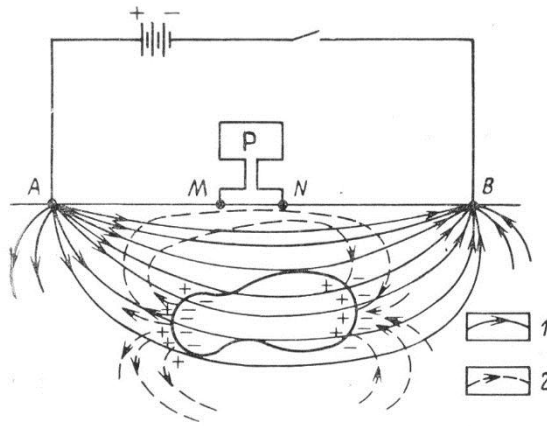
Ал, дененің төменгі бөлігінде керісінше, қалпына келтіру процесі жүріп, валенттік электрон қосылады яғни дененің бұл бөлігі төменгі потенциалмен сипатталады. Сонымен, рудалық дененің жоғарғы бөлігі (тотығу зонасы) оң таңбамен, төменгі бөлігі – кері таңбамен зарядталады, ал кіріктіруші жыныстарда таңбалар керісінше болады. Міне, мұндай процес рудалық денені табиғи электр өрісінің көзі -гальваникалық элемент есебінде қарастыруға болады.

Жер бетінде поляризацияланбайтын қабылдағыш электродтар көмегімен потенциалдар айырмасын өлшеу арқылы рудалық денені іздестіруге болады. (Поляризацияланбайтын қабылдағыш электродтар кеуекті саздан жасалынып, тығыз жабылатын кішігірім ыдыс. Ыдыс ішіне мыстың күкірт қышқылды тұзы құйылған және оған мыстан жасалған стержень орнатылған. Электродтағы стерженьдер өлшеуші потенциометрмен жалғастырылып, потенциалдар айырмасы өлшенеді).

**Жасанды поляризация әдісі (ВП)** жыныстардың немесе минералдардың негізгі электр қасиеттерінің бірі, жыныстар арқылы тұрақты немесе айнымалы ток жібергенде олардың поляризацияланау деңгейіне негізделген.

Егер, кедергі әдісінде қолданылатын 4-электродты стандартты қондырғы арқылы жерге тұрақты токты жіберуді кенеттен тоқтатсақ, онда қабылдаушы электродтар арасындағы кернеу бірден жоқ болып кетпейді. Бастапқыда күрт азайғаннан кейін, ол баяу басылып, бірнеше секундтан кейін ғана 0-ге тең болады (4.10-сурет). Мұндай процес токты бастапқы қосқанда да байқалады: күрт көбейгеннен соң кернеу баяу өсіп, ең жоғарғы мәніне бірнеше секундтан кейін жетеді.

Сонымен жер қойнауы радиотехникадан белгілі конденсатор сияқты, электр зарядтарын жинайды яғни поляризацияланады.



4.9-сурет

Жасанды поляризация өрісінің пайда болуы және оны бақылау схемасы. Ток сызықтары:

1-алғашқы өріс; 2-жасанды өріс

Жасанды поляризацияны өлшеу ток көзі өшірілгеннен кейін азайып келе жатқан кернеуді  $t_1-t_2$  учаскесінде бақылап өлшеуге негізделген. Ол үшін поляризациялану деңгейі  $M$  деп аталатын параметр енгізіледі

$$M = \frac{A}{\Delta V_c} = \frac{1}{\Delta V_c} \int_{t_1}^{t_2} V(t) dt \quad (4.3)$$

Жасанды поляризация әдісінде қолданылатын қондырғы кедергі әдісіндегідей болғанымен, біршама күрделі болып келеді.

Бақылау сұрақтары:

1. Тік электрлік зондылау.
2. Заряд әдісі.
3. Дипольді электрлік зондылау.
4. Электр профильдеу.

## Сабақ 36

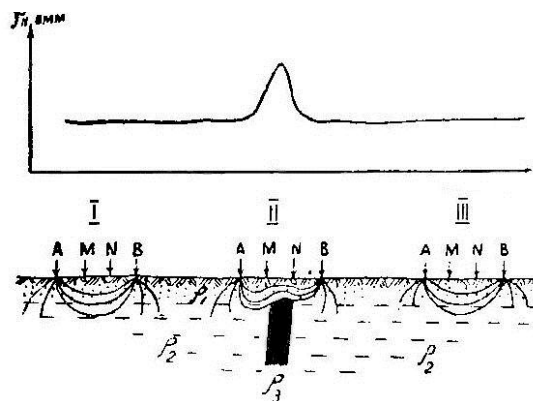
### Электропрофильдеу.

#### Жоспар:

1. Электрлік профильдеу.
2. ЭП әдісінің қолдану аймағы.

**Электрлік профильдеу ЭП** әдісінде AMNB қондырғысының мөлшері тұрақты қалып, тек қана әрбір келесі өлшемде профиль бойымен бүкіл қондырғы белгілі бір шамаға жылжытылып отырады. Сондықтан да бұл әдісте  $\rho_k$ -ның профиль бойымен горизонталь бағытта өзгерісі зерттеледі.

4.7-суретте профиль бойымен жылжытылып өлшенетін 4-полюсты ВЭЗ қондырғысы келтірілген. Профиль бойымен жоғарғы кедергілі рудалы дене кездескенше  $\rho_k$ -ның өзгерісі бірқалыпты болады (I және III жағдайлар). Ал, қондырғы рудалық дененің үстіне жеткен кезде, қабылдаушы электродтар арасындағы тоқтың тығыздығы өсіп  $\Delta U$  көбейеді, яғни  $\rho_k$  өседі. Ал, бұл өзгеріс графикте  $\rho_k$ -ның аномалиялық өсуін көрсетеді. Егер, рудалық объект электрөткізгіш дене болса, онда  $\rho_k$ -ның мәні аномальды төмен болады.



4.7-сурет

Электр профильдеудің физикалық принципі

#### **Бақылау сұрақтары:**

- 1) Әдістің негізі?
- 2) Қондырғы түрі?
- 3) ЭП әдісінің қолдану аймағы?

**Тік электрлік зондылау.**

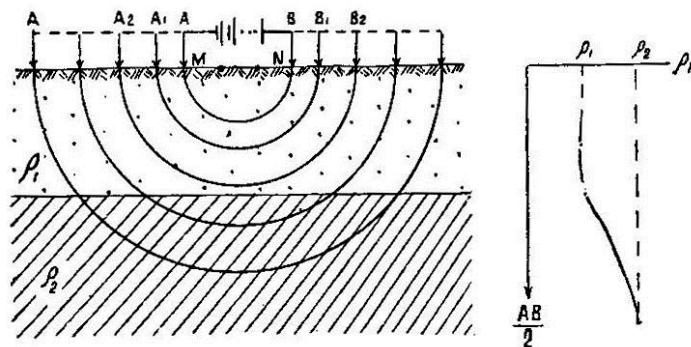
Жоспар:

1. Тік электрлік зондылау.
2. ВЭЗ әдісінің қолдану аймағы.
3. ВЭЗ әдісінің мақсаты.

**Вертикаль электр зондылау (ВЭЗ)** әдісі төртэлектродты қондырғы көмегімен тұрақты токтың өрісін өлшеуге негізделген (А және В қоректендіруші электродтары, М және N қабылдаушы электродтары бір түзудің бойында орналасқан,  $MN \ll AB$ ).

ВЭЗ жер қыртысының горизонталь немесе көлбеу орналасқан қабаттарын құрайтын геологиялық қималарын зерттейтін кедергі әдісінің маңызды бір түрі болып саналады.

Зондылаудың негізгі принципіне тоқталайық. AMNB симметриялық қондырғысы арқылы жерге ток жіберіледі (4.5-сурет). Жерде ток радиусы қоректендіруші АВ электродтарының арақашықтығына тең ABC жартылай сферада таралады. Егер бұл орта бір текті және изотропты болса, онда өлшенетін кедергі сол ортаның нақты меншікті кедергісіне тең болады. Енді А және В электродтарын  $A_1$  және  $B_1$  нүктелеріне жылжытсақ, онда өлшенетін  $\rho$  диаметрі  $A_1B_1C_1$  жартылай сфераға сәйкес болады. Осылайша А және В электродтарын жылжыта отырып  $A_2, A_3 \dots A_n$  және  $B_2, B_3 \dots B_n$  ( $A_1A_2 = B_1B_2$  және с.с.) және әрбір кезде  $\rho$  мәнін өлшей отырып, токтың таралу ортасын тереңдете түсеміз. Осыған сәйкес өлшенетін  $\rho$  тереңдікте орналасқан жыныстарды қамти түседі. Егер де қоршаған орта біркелкі болса, онда А және В электродтары арақашықтықтарын қаншама көбейткенмен, өлшенетін  $\rho$  мәні өзгермейді, сол ортаның нақты электр меншікті кедергісіне тең болады. Ал, егер қоршаған орта (кіріктіруші жыныстар) біртекті болмаса (4.5-суреттегідей екі қабаттан немесе бірнеше қабаттан тұратын болса), онда  $A_2MNB_2$  жартылай сферасынан бастап нақты меншікті кедергінің орнына екі ортаға сәйкес көрінерлік кедергіні өлшейміз, яғни меншікті кедергінің тереңдеген сайын өзгеріс 4.5б-суреттегі көрсетілген графикке сәйкес болады.



4.5-сурет  
ВЭЗ әдісі. Екі қабатты қима

ВЭЗ әдісі әртүрлі геологиялық мақсаттар үшін қолданылады.

1. Салындылар (наносы) қалыңдығын және жерасты негізгі жыныстары желегінің (кровля) формасын анықтау.
2. Жерасты құрылымдарының өзгешелігін және атасу (залегания) элементтерін анықтау.
3. Шөгінді жыныстардың қабаттарын жеке стратиграфиялық және литологиялық горизонттарға бөлу.
4. Басқа геофизикалық әдістермен табылған аномалиялардың себептерін анықтау үшін қосымша тәсіл ретінде.

ВЭЗ нәтижесін интерпретациялау деп зондылау нәтижелерін геологиялық көзқарастан дұрыс түсіндіруге бағытталған жұмыстарды айтады. Бұл жұмыстар қатарына ВЭЗ қисық сызықтарына сәйкес геоэлектрлік қиманы дұрыс анықтау және алынған мағлұматтарды сапалық жағынан түсіндіру кіреді. Сандық интерпретациялау, әдетте, ВЭЗ қисық сызықтары арқылы әрбір қабаттың немесе тірек горизонтының тереңдігін есептеуді айтады.

#### **Бақылау сұрақтары:**

1. Тік электрлік зондылау.
2. ВЭЗ әдісінің қолдану аймағы.
3. ВЭЗ әдісінің мақсаты.
4. Тұрақты ток әдісі.

### ***Сабақ 38***

#### **Электрлік зондылау қисық сызықтарын интерпретациялау**

##### Жоспар:

1. Электрлік зондылау қисық сызықтарын интерпретациялау
2. Зондылаудың сапалы интерпретациясы.

##### *Электрлік зондылау қисық сызықтарын интерпретациялау*

ТЭЗ интерпретациясы терминіне барлық операциялар жиынтығы жатады, оған зондылаудың геологиялық тұрғыдан тиімдірек талқылау нәтижесін бағыттау кіреді. ТЭЗ қисық сызықтарының түрлерін анықтайтын, бөлек қабаттардың параметрлерін және геоэлектрикалық қиманы зерттеулер де кіреді.

ТЭЗ және ДЭЗ қисық сызықтарын интерпретациялау *сапалық және сандық болып бөлінеді.*

##### ***Зондылаудың сапалық интерпретациясы .***

Сапалық интерпретация кезінде геоэлектрикалық қиманың жалпы сипаттамасы және оның вертикалды және аудан бойынша өзгерісі жайлы

мәлімет беріледі, сонымен қатар тірек горизонттарының орналасуы бағаланады. Қимада тірек электрлік горизонттарға салыстырмалы түрде жыныстан литология жағынан қалың, қуатты және біртекті болуын, кедергісінің не жоғары не төмен болуына негізделген, олардың аз өзгеретін қуттылығы мен күнделікті бақыланған аудан зерттелу қасиеті жатады.

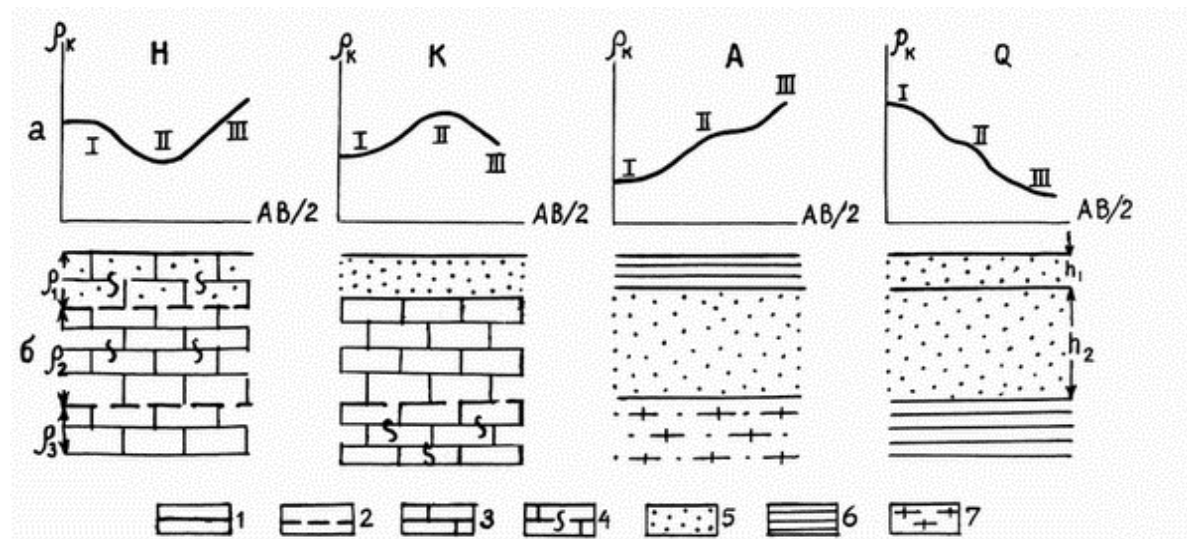
Сапалы интерпретациялау кезінде келесі карталар құрылады:

- 1) қисық сызықтар түрлері;
- 2) қисық сызықтың абциссі және ординат экстремальды нүктелері;
- 3) берілген таратушылар үшін тең келетін кедергі;
- 4) қисық сызықтың оң асимптотының қисаю бұрышы;
- 5) ДЭЗ екі жақты қисық сызығының  $\Delta\rho = |\rho_k^+ - \rho_k^-|$  ;
- 6) көлбеу суммалы өткізгіштің-S, қисық сызық арқылы анықталуы, оның оң жағы бұрышқа қисайған ,  $45^0$  -қа жақын.

Қималарды тұрғызу кезінде горизонталь бағытта ТЭЗ нүктелері орнатылады, вертикал бағытта тереңдік параметрлері қойылады ( $r$ ,  $AB/2$ ),  $\rho_k$ ,  $S_k$  немесе  $T_k$  орнатылып, изолиниялар жүргізіледі.

УЭС (жоғарыдан төмен) бен салыстырғанда 3 қабатты ТЭЗ қисық сызықтары келесі типтерге бөлінеді (суретке. қара . ): 1) Н – ортада минимуммен ( $\rho_1 > \rho_2 < \rho_3$ ); 2) К – ортада максимуммен ( $\rho_1 < \rho_2 > \rho_3$ ); 3) А – өспелі мен УЭС ( $\rho_1 < \rho_2 < \rho_3$ ) и 4) Q - кемушімен УЭС ( $\rho_1 > \rho_2 > \rho_3$ ). Суретте мүмкін геолого-гидрогеологиялық қималар, сәйкес келуі мүмкін қисық сызықтар берілген.

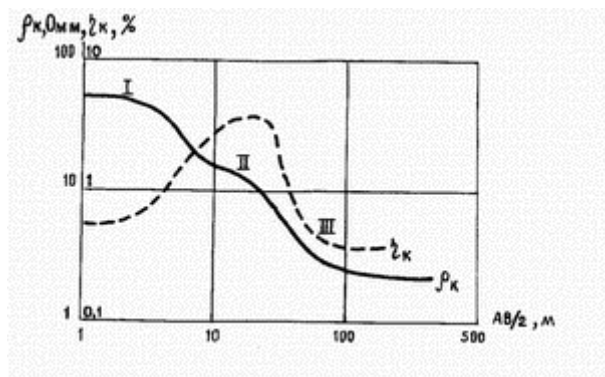
Қаралып жатқан мысалдағы электрлік горизонттар (I, II, III) немесе литологиялық шекаралармен сәйкес келуі мүмкін (қисық сыз А), немесе гидрогеологиялықпен (жер асты суларының деңгейімен) (Н и Q қисық сыз), немесе тау жыныстардың физика- механикалық жағдайының өзгеруімен, мысалы, жарықтанудың көбеюімен, меншікті электр кедергісінің төмендеуімен (К қисық сыз).





8-Сурет Қарапайым 3 қабатты ТЭЗ қисық сызығы: а – КС графигі, б – геоэлектрикалық қималар; 1 және 2 – литологиялық және гидрогеологиялық шекаралар; 3 және 4 – массивті және жарықшақты ізбестастар; 5 - құмдар; 6 - саздар; 7 – граниттер

ТЭЗ-ВП және ТЭЗ қисық сызықтарға мысал, сулы қабаттарды бөлуге арналған (II), мысал сурет-1 .



СУР. 1. ТЭЗ және ТЭЗ-ВП қисық сызық мысалы, құрғақпен негізделген(I) және сулы қабат (II) құрғақтармен, орнатылған саздар (III)

*Зондылау қисық сызықтарының сандық интерпретациялауы .*

ДЭЗ және ТЭЗ қисықтарын сандық интерпретациялау анықтаалатын қуатты қабатқа негізделеді:  $h_1, h_2, h_3$ , және де, жайлы жағдайда қабаттың кедергісін анықтайды:  $\rho_1, \rho_2, \rho_3$ .

Кері есепті шешудің түрлі әдістері бар: графоаналитикалық, палеткалы және ЭВМ көмегімен (машиналық).

### **Бақылау сұрақтары.**

1. УЭС-бен салыстырмалы жағдайда ТЭЗ 3 қабатты қисықтары қандай типтерге бөлінеді?
2. Сапалы интерпретация, оның негізі?
3. Сандық интерпретация, оның негізі?

## Сабақ 39 (тәжірибе)

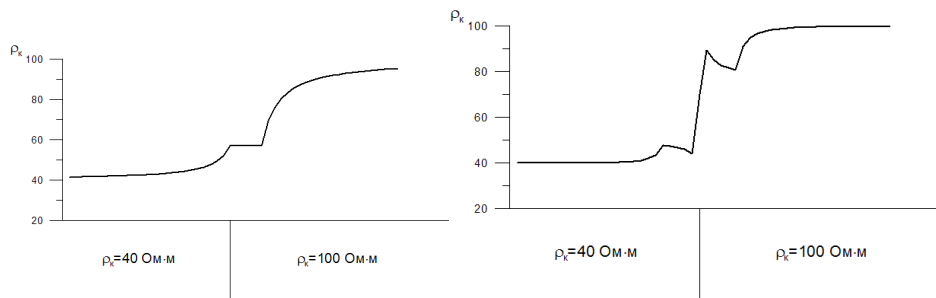
### Электр профилдеудің нәтижесінің сапалық интерпретациясы

#### Жоспар:

1. ЭП мәлеметі бойынша сапалық өңдеудің негізі.
2. Графикалық карта құрастыру.

Электрлік профилдеу (Электропрофил, ЭП), кедергі әдістеріне жататын және бір профил бойымен жылжи отырып тау жыныстарының көрінерлік кедергіні өлшейтін электрбарлаудың бір бөлігі. Әдістің жұмыс істеу принципі белгілі бір ара қашықтықта орналасқан қоздырушы және қабылдушы электродтан тұрады.

Тау жыныстарының көрінерлік кедергісі бойынша қима аспаптың орналасуына тікелей байланысты болады. Мысалы: Төменгі вертикаль шекарасы әр түрлі орнатылған болса онда әр түрлі  $\rho_k$  графиктер алынады. (сурет 1. ).



Сурет. 1. Төменгі вертикаль шекарасы бойынша екі жақты орнату.

ЭП мәлеметтерін интерпретациялау, көп жағдайда сапалы және жғарғы және төменгі кедергілі аймақты бөліп көрсетеді. Жұмыстың нәтижесі ереже бойынша, графиктер,  $\rho_k$  графиктер картасы және изоомдар картасы. АМNB қондырғысы бойынша ЭП нәтижесі график түрінде және аймақтық түсірімде  $\rho_k$  әр түрлі мәндерде көрсетіледі.

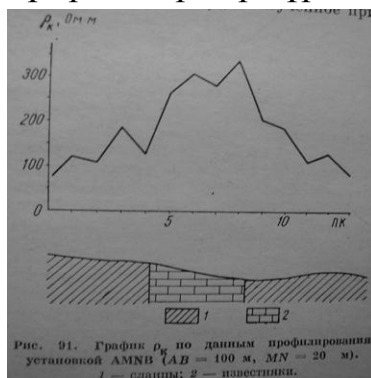
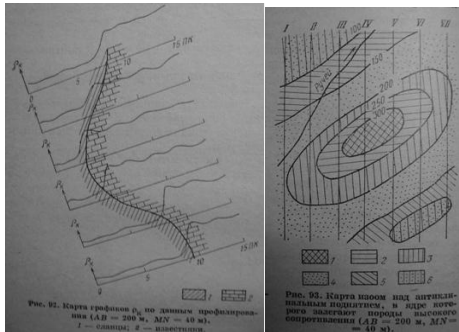


График бойынша  $\rho_k$  жердің үстіңгі қабаттарын, что позволяет качественно учесть искажающее влияние рельефа местности на значение  $\rho_k$ .

Интерпретациялаудан кейін график бойынша профиль бойымен геологиялық-қима құрылады. Профил бойынша қима 91 суретте көрсетілген. Аймақтық түсірілімнен кейін рк графигі бойынша жалпы план құрылады. Профил сызығы абрис осімен белгіленеді көршілес профилдер қиылыспас үшін вертикальдық масштабтар таңдалады. Алынған карта графигіне негізгі элементтердің жағдайлары және интерпретация мәлеметтері 92 суреттегідей көрсетіледі.  $\rho_k$  (карту изоом) (Сурет.93).



Электропрофилдеу геологиялық карталаудың міндеттерін және соның ішінде жарылыс бұзылымдарын, инженер-геологиялық гидрогеологиялық мәселелерді шешеді .

Қосымша грунттардың кедергілерін анықтау олардың жарылу бағытын анықтайды

### Бақылау сұрақтары:

1. ЭП мәлеметі бойынша сапалық өңдеудің негізі.
2. Графикалық карта құрастыру.
3. Табиғи өріс әдістерін атаңыз.

### Сабак 40 (тәжірибе)

#### Кедергі әдісінің өңдеу материалдары

##### Жоспар:

1. Әдістің негізгі кедергісі.
2. Геоэлектірлік қиманы құру

##### Тапсырма 1.

Профиль бойынша ТЭЗ нүктелері 2км ара қашықтықта қойылды, картаның рельефін кристалдың негізі мен бөліп алудың жабынымен қалыңдығын іздестіру барысында депрессий көне тау жыныстары, осылар арқылы бокситка айналуы мүмкін. Өңдеу нәтижелері бойынша ТЭЗ кесте. 1.

Кесте 1.

№ ТЭЗ	Алынған мәліметтер							Амплитуда, м
	h <sub>1</sub> , м	ρ <sub>1</sub> , Ом,м	h <sub>2</sub> , м	ρ <sub>2</sub> , Ом,м	h <sub>3</sub> , м	ρ <sub>3</sub> , Ом,м	ρ <sub>4</sub> , Ом,м	
1	1,3	36	7,0	12	16	13	360	22,1
2	2,5	23	14	10	28	16	500	41,0
3	3,6	40	23	5	60	17	505	79,6
4	9,5	21	23,5	9	48	15	610	71,5
5	2,1	33	34	5	44,5	21	480	76,9
6	1,9	19	37	6	49	13	550	85,8
7	2,2	32	33	9	58	19	490	91,0
8	2,5	30	22	5	62	14	670	84,0
9	4,6	6	11,8	13	-	495	-	16,4
10	8,3	9	4	10	-	505	-	12,3

Геологиялық қима құру профилдар бойынша және геологиялық тебіліс, егер берілген малиметтерден геологиялық параметрлер ТЭЗ белгілі, бірінші қабат – құм с  $\rho_1=19-49$  Ом м, екінші қабат – құм сазды түзілім с  $\rho_2=5-12$  Ом м, үшінші қабат – сазды конгломераты с  $\rho_3=13-21$  Ом м, төртінші қабат – граниты с  $\rho_4= \infty$ , болып табылатын үлкен горизонт. Масштабы: горизонтальный 1:100 000, веритикальный 1:1000.

### Тапсырма 2.

Карта құру сандық улестік түрі бойынша S және оған геологиялық өңдеу, егер ТЭЗ нәтижесі алынса, екінші табл.2. Егер ортақ мәні 250м болса, тығыздық бойынша карта қайта құрамыз.

Кесте 2.

Но- мер ТЭЗ	Профилдар													
	I		II		III		IV		V		VI		VII	
	S, см	H, м	S, см	H, м	S, см	H, м	S, см	H, м	S, см	H, м	S, см	H, м	S, см	H, м
1	7,2		7,2		6,9		6,6		6,0		7,0		8,0	

2	6,4		6,6		5,0		4,8		5,2		6,0		7,0	
3	6,2		4,5		3,8		4,2		4,4		6,0		6,2	
4	6,1		3,4		2,7		2,3		3,2		4,3		5,8	
5	6,2		2,8		2,9		2,6		2,1		3,2		4,0	
6	6,6		5,2		4,8		4,9		2,8		2,3		3,2	
7	6,8		6,0		5,4		5,3		4,0		2,0		2,7	
8	7,0		6,6		6,0		6,1		5,0		2,3		2,4	
9	7,2		7,0		6,8		6,7		6,0		4,8		5,0	

ТЭЗ профильдің азимут бойынша орналасуы  $90^0$ , түсірілім масштабы 1:50 000, бакылау торы 1000 x 500м.

Карта бойынша изосызық 1 см, картадағы тығыздық 25м.

#### **Бакылау сұрақтары:**

1. Әдістің негізгі кедергісі.
2. Геоэлектірлік қиманы құру

#### **Сабақ 41**

#### **Физикалық- химиялық әдістердің пайда болуы.**

##### Жоспар:

1. Диффузиялық, адсорбциялық потенциалдар.
2. Сүзгілеу потенциалы.
3. Қышқылдық және тұрақты потенциал
4. Табиғи электр әдісі

#### **Табиғи электр өріс әдісі**

ТӨ- тің негізгі пайда болу жолдарын қарастырайық

Диффузиялық- адсорбциялық потенциалдар. Бұл потенциалдардың пайда болуын құмтас пен саздың жатқан жерінде қиылысқан ұңғымада қарастырамыз.

#### **ТӨ әдісінің ұңғымалық сызбасы.**

Сазды қабаттар табиғи күйінде жоғары минералды сулармен тығыздалған Сгл, минералданған су Сп құмтас қабатынан жоғары немесе төмен болуы мүмкін, және де жуу сұйықтығының минерализациясынан Сж. Мысалы, Сгл > Сп > Сж.

NaCl тұзды молекуласы суда Na және Cl ионына ыдырайды.

Ұңғыма мен құмтас қабатының байланысы кезінде иондардың бос орындыры пайда болады. Сп Сж диффузиясы қабаттан ұңғымаға бағытталған, мұнда Cl ионы бар сондықтан жуу сұйықтығы теріс таңбалы, ал құмды қабат оң таңбалы болады.

Осындай тәсілмен, құмды қабат пен құбыр арасында екі электрлі қабат пайда болады, ол потенциалды диффузионды деп аталады.

Сазды бөліктер теріс иондарды сіңіру қабілетіне ие және оң таңбалы иондарды өткізу қасиетіне ие

Осыған байланысты сазды қабаттар құмды қабаттарда Cl ионының шығынын түзеді, ал ұңғымада Na ионының шығынын түзеді. Осы потенциалдарды диффузионды- адсорбционды деп атайды.

Сүзгі потенциалы. Олар т.ж –ның ашылымдарында сұйықтықтың қозғалуынан пайда болады. Қабырға капиллярлары қабат суларының аниондарын сіңіреді, ал капилляр ішінде катиондар шығыны түзіледі. Сұйықтықтың қозғалысы арқылы капиллярдан шығуынан оң зарядты шығын түзіледі, ал кірісінде теріс зарядтар шығыны п.б. Одан гальваникалық элемент п.б., ол сұйықтыққа қарама қарсы ток жібереді. Сүзгі потенциалы көлемі қысымның төмендеуінен және сұйықтықтың капиллярда қарсыласуынан жоғарылайды, **Тотығу - тотықсыздану потенциалдары.**

Бұл потенциалдар электр өткізгіш денелердің жуу сұйықтығы және қабат суларының химиялық реакцияға түсуінен п.б. Пириттің тотығу процесі жуу сұйықтығының және қабат суының қышқыл әсерінен реакцияға түседі.



Пирит Fe ионын сіңіріп оң таңбаға зарядталады, ал тотықтырушы сулар теріс таңбаға зарядталады. Потенциалдар әртүрлілігі қышқылдық ортада тотығу және тотықсыздану потенциалы деп аталады. Бұл жағдайда сульфидті дене оң таңбалы аномалиямен ПС аномалиясымен белгіленеді және ұқсас аномалиялар антрацит және графит түзеді. Таскөмірлер Пс аномалиясының теріс таңбасымен белгіленеді..

## Табиғи электр өріс әдісі.

ТӨ әдісі өрістің тұрақты локальды электр өрісін тудыратын т. ж-да әртүрлі физика- химиялық процесстерді зерттеуге негізделген Табиғи өріс потенциалының түсірімі жеке дара немесе паралельді түсірімдерде жүргізіледі.

Бақылау сұрақтары:

1. Табиғи өріс.
2. Қандай жағдайда диффузионды потенциал туындайды.
3. Әдісті қалай жүргізеді?

## **Сабақ 42**

### **Жасанды поляризация әдісі.**

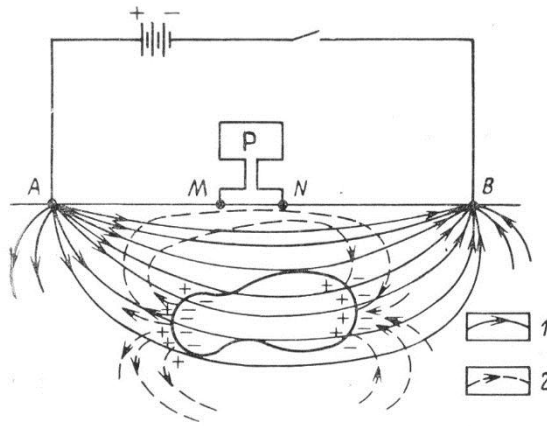
Жоспар:

1. Жасанды поляризация әдісі
2. Қолдану аймағы
3. Бақылау схемасы

**Жасанды поляризация әдісі (ВП)** жыныстардың немесе минералдардың негізгі электр қасиеттерінің бірі, жыныстар арқылы тұрақты немесе айнымалы ток жібергенде олардың поляризацияланау деңгейіне негізделген.

Егер, кедергі әдісінде қолданылатын 4-электродты стандартты қондырғы арқылы жерге тұрақты токты жіберуді кенеттен тоқтатсақ, онда қабылдаушы электродтар арасындағы кернеу бірден жоқ болып кетпейді. Бастапқыда күрт азайғаннан кейін, ол баяу басылып, бірнеше секундтан кейін ғана 0-ге тең болады (4.10-сурет). Мұндай процес токты бастапқы қосқанда да байқалады: күрт көбейгеннен соң кернеу баяу өсіп, ең жоғарғы мәніне бірнеше секундтан кейін жетеді.

Сонымен жер қойнауы радиотехникадан белгілі конденсатор сияқты, электр зарядтарын жинайды яғни поляризацияланады.



4.9-сурет

Жасанды поляризация өрісінің пайда болуы және оны бақылау схемасы. Ток сызықтары: 1-алғашқы өріс; 2-жасанды өріс

Жасанды поляризацияны өлшеу ток көзі өшірілгеннен кейін азайып келе жатқан кернеуді  $t_1-t_2$  учаскесінде бақылап өлшеуге негізделген. Ол үшін поляризациялану деңгейі  $M$  деп аталатын параметр енгізіледі

$$M = \frac{A}{\Delta V_c} = \frac{1}{\Delta V_c} \int_{t_1}^{t_2} V(t) dt \quad (4.3)$$

Жасанды поляризация әдісінде қолданылатын қондырғы кедергі әдісіндегідей болғанымен, біршама күрделі болып келеді.

**Бақылау сұрақтары:**

1. Жасанды поляризация әдісі
2. Қолдану аймағы
3. Бақылау схемасы

**Сабақ 43(тәжірибе)**

**Аппаратура және құрылғы.Материалдарды өңдеу.**

Жоспар:

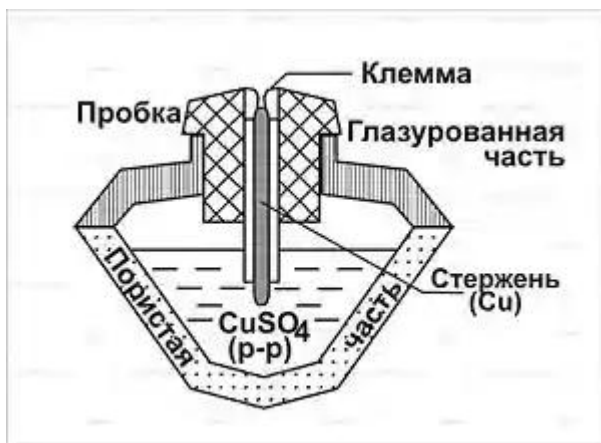
- 1.Шығу тегі физика-химиялық аудандарда әдістер жүргізу аппаратуралары мен құрылғылары.
- 2.Орнатылатын өлшеуіш схемалар.

**Поляризацияланбайтын электродтар**

Поляризацияланбайтын электродтар-электробарлауда табиғи және жасанды электр өрісін өлшеуде қолданылатын арнайы жерлендіргіштер.



Кедергілерді жою кезінде қолданылады. Бұл темір мен сұйықтық әрекеттескенде электр қозғаушы күштің пайда болмауына негізделген, және де электр қозғаушы күш пайда болмайды. Алдын ала жақсы дайындалған электр қозғаушы күш 1 мВ аспауы керек.



Поляризацияланбайтын электрод ВИРГ конструкциясы

Мыссульфатты поляризацияланбайтын электрод ВИРГ конструкциялы кеуекті керамикалық ыдыстан және мыс стержені тығылатын пластмасса қақпақтан тұрады. Мыс стерженнің жоғарғы жағына ұяшық салынған, оған проводтар жалғанады. Электрод ішіне мыс купоросы құйылады.

Поляризацияланбайтын электродтар көбінесе табиғи өріс және шақырылған поляризация әдістерінде қолданылады.

#### **Бақылау сұрақтары:**

1. Шығу тегі физика-химиялық аудандарда әдістер жүргізу аппаратуралары мен құрылғылары.
2. Орнатылатын өлшеуіш схемалар.

#### **Сабақ 44 (тәжірибе) Мәліметтерді өңдеу**

##### Жоспар:

1. Далалық мәліметтерді өңдеу
  2. ТӨ мәліметтерін сапалық талдау.
    1. Мәліметтерді өңдеу арнайы журналда жүргізіледі.
- Потенциалдар әдісін бақылау жазбалары туралы журнал

Профиль \_\_\_\_\_ Азимут \_\_\_\_\_ Уақыты \_\_\_\_\_  
 Аудан \_\_\_\_\_ Бақылаудың басталуы \_\_\_\_\_  
 Электрод N на 0.....11 ПР Бақылаудың аяқталуы \_\_\_\_\_  
 Қадам 10 м Ауа-райы \_\_\_\_\_

Электрод тұрағы	$\Delta U$ , мВ	E, мВ	$U_0$ , мВ		Ескерту
1	2	3	4	5	6
0		1,4	-20		Арна ағысы
+1	-3		-23		
+2	+2		-18		

Оператор \_\_\_\_\_ Есептеуші \_\_\_\_\_  
 Тексерген \_\_\_\_\_

1,2,3,6 бағандары жолаққа толтырылады, ал 4 және 5 бағандар өңдеуде қолданылады. 5 баған қосымша мәліметтер туралы жазбаны қарастырады.

2. Карта немесе график құрауда басты назар масштаб таңдауға аударылады. Тік масштаб 1 см 20 Мв қолданылады, қалыпты жолақ үшін 1 см 100Мв ауытқулар үшін.

Тапсырма.

Ауданда 7 профиль бойымен ТӨ әдісі жасалды. Бұл әдіс Мысты кенорындарын табу үшін мақсатында жасалды. На участке по семи профилям была проведена съемка методом Түсірілім масштабы 1:50000, бақылау торы 10\*25 м. Профиль азимуты 90°. Профиль бойынша нольдік нүктеден алынған мәліметтер 2 кестеде көрсетілген. Профильден алынған қатарлы жазбалар нәтижесі 3 кестеде көрсетілген. Бақылау өңдеулерін көрсету.

ТӨ потенциал карта графигін құру.

ТӨ потенциал изосызықтар картасын құру.

### Бақылау сұрақтары:

1. Далалық мәліметтерді өңдеу
2. ТӨ мәліметтерін сапалық талдау

## Сабақ 45

### Айнымалы электромагниттік өрістер әдістері. Магнит-теллурлық әдістері

#### Жоспар:

1. Магнит-теллурлық зондылау әдісі (МТЗ)
2. Магнит-теллурлық профильдеу (МТП)
3. Теллурлық тоқтар әдісі (МТТ).

Жер қойнауында және оны қоршай төменгі жиілікті табиғи магнит-теллурлық өрістер деп аталатын магнит өрісі таралады. Олар жер қойнауында табиғи теллурлық (теллур, грек.-жер) тоқтар деп аталатын айнымалы электр өрісін тудырады.

Магнит-теллурлық өрістердің жаратылысын бүгінде Күннен тарайтын зарядталған бөлшектердің (корпускулдердің) ионосфераға әсері арқылы түсіндіреді. (Бұл ағынды кейде “күн желі”- солнечный ветер деп те атайды). Осы “күн желі” магнит өрісі жердің магнит өрісіне әсер етіп, оны деформациялайды. Бұл процес тұрақты болмағандықтан жер бетіндегі геомагнит өрісінің өзгерісі (толқуы) осыған байланысты. Магнит-теллурлық өрістердің (жиілігі  $10^{-5}$  Гц-тен дыбыс жиілігіне дейін) жер қойнауында тарауынан теллурлық тоқтар пайда болады.

**Магнит-теллурлық зондылау әдісі (МТЗ)** жердің геологиялық құрылымы туралы құнды мағлұматтар алу үшін пайдаланылады. Бұл әдісте өрістің жиілігі секундтың жүздеген бөлігінен бастап бірнеше сағатқа дейінгі аралығындағы өзгерістер зерттеледі. Ал, бұл процесс өрістің жер қойнауында ондаған метрден жүздеген километрге дейінгі тереңдікте таралуын көрсетеді, яғни бұл әдіспен жердің шөгінді тысын ғана зерттеп қоймай, тіпті жоғарғы мантияны да зерттеуге болады.

Бұл әдісте көрінерлік меншікті электр кедергісінің ( $\rho_k$ -ның) өрістің жиілігіне тәуелділігі зерттеледі. Ол үшін жер бетінде магнит-теллурлық лаборатория немесе сандық электрбарлау станциясы арқылы магнит-теллурлық өрісінің (электрлік және магниттік) өзара перпендикуляр горизонтальды құрастырушылары  $E_x$  және  $H_y$  немесе  $E_y$  және  $H_x$  өлшеніп, солар арқылы  $\rho_k$  анықталады. Бақылау нәтижелерін талдау барысында  $\rho_k(T)$  тұрғызылып (МТЗ қисық сызығы), ол әрі қарай сарапталады.

**Магнит-теллурлық профильдеу (МТП)** электрлік  $E_x$ ,  $E_y$  және магниттік  $H_x$ ,  $H_y$  құрастырушыларының мәндері тұрақты бір периодта өлшенеді. (Әдетте, бұл период шамасы 10-нан 80 секунд аралығында болады). Зерттелетін өріс жиілігі (периоды) тұрақты болғандықтан, МТП әдісінде геоэлектрлік қима белгілі бір тереңдікте бейімделіп зерттеледі.

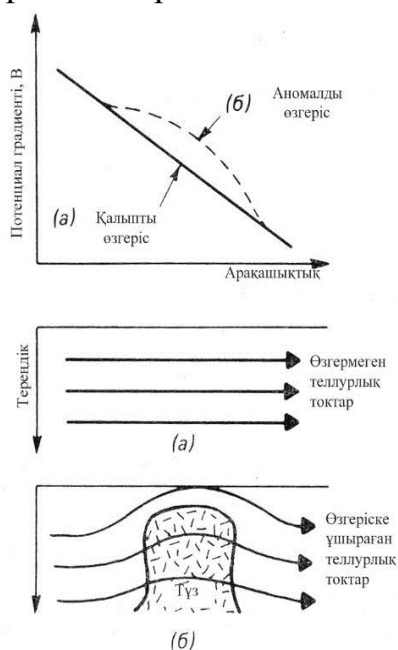
МТП әдісімен дала жұмыстары МТЗ әдісінде қолданылатын қондырғылармен жүргізіледі, айырмашылығы тек қана магнит-теллурлық

өрістерін тіркестіру процесі МТП әдісінде әлдеқайда ұзағырақ 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. Сондықтар теллурлық әдіс электрбарлау тәсілдерінің арасында жердің терең қойнауын зерттейтін әдістердің бірі.

Бұл әдістің негізі жер бетіндегі әртүрлі нүктелерде теллурлық токтардың потенциалдар айырмасын өлшеуге негізделген. Ол үшін поляризацияланбайтын электродтар немесе арнайы қорғасыннан жасалған электродтар қолданылады.

Егер қиманың электрөткізгіштік қасиеті бірдей болса, онда потенциалдар градиенті де жер бетінде әр нүктелерде бірдей болар еді (4.11-сурет). Электрөткізгіштігі өзгеше белдемдер ток сызықтарының таралу бағытын өзгертіп, жер бетіндегі потенциалдар градиентінің шамасын өзгертеді. Жер бетінде осында өзгерісті бақылай отырып, сол әсерді тудыратын жер астындағы объектінің орналасуын анықтауға болады.



4.11-сурет

Теллурлық токтың әсерінен жер бетіндегі потенциал градиентінің тұзды күмбез құрылымы үстіндегі өзгерісі: а-қалыпты мәні, б-құрылымның әсері.

МТТ мағлұматтарын (теллуорограммаларды) талдау барысында негізгі (базисный) және жалпы бақылау пункттері арасындағы синхронды өзгерістерді тауып, олардың амплитудасын өлшеу арқылы қажетті теллурлық параметр есептеледі ( $\mu = \Delta V_2 / \Delta V_1$ ). Табылған  $\mu$  теллурлық параметрдің изосызықтары тұрғызылып, олар әрі қарай талданады.

Әдетте, магнит-теллурлық әдістер ірі геологиялық аймақтарды зерттеуде (мұнай-газ аймақтарының терең геологиялық құрылысы) және жердің терең геологиялық құрылысын зерттеуде (жер қыртысы мен жоғарғы мантияда кездесетін шекералық беткейлер) кеңінен қолданылады.

## Бақылау сұрақтары:

1. Магнит-теллурлық зондылау әдісі (МТЗ)
2. Магнит-теллурлық профильдеу (МТП)
3. Теллурлық тоқтар әдісі (МТТ).

### Сабақ 46 (тәжірибе)

#### Электромагниттік зондылау әдістері

##### Жоспар:

1. Электромагниттік зондылау әдістері
2. Жиілікті электромагнит зондылау (ЧЗ)
3. Электромагнит өрісінің қалыптасуы әдісі (ЗС)

Электромагниттік зондылау әдістері геологиялық қиманы электромагнит өрісінің көмегімен тік бағытта зерттеуге негізделген. Бұл әдістердің құрамына жоғарыда қарастырылған ВЭЗ және МТЗ әдістері де кіреді.

Электромагниттік зондылау әдістерінің ішінде айнымалы электромагнит өрістің электрлік немесе магниттік дипольдарын бақылауға негізделген жеке топ құрайтын әдістер бар. Олардың қатарына жиілікті (частотные) зондылау (ЧЗ) және өрістің қалыптасуы (ЗС) тәсілдері кіреді.

**Жиілікті электромагнит зондылау (ЧЗ)** деп беткейлері көлденең орналасқан геологиялық қиманы айнымалы гармоникалық заңдылықпен өзгертін өріспен электрбарлау әдісін айтады. Айнымалы электромагнит өрісінің көзі ретінде гармоникалық 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 әртүрлі жиіліктердегі өзгерісі зерттеледі.

Әдістің көмегімен жер қойнауының терең құрылысын (бірінші километрлер) немесе жоғарғы қабаттарын (жүздеген метрге дейін) зерттеуге болады. Тереңдік зерттеулерде жиілігі  $10^{-1} - 10^{-3}$  Гц (төменгі жиілікті ЧЗ) өрістер пайдаланылса, жер беткейін зерттеуде –  $10^3 - 10^6$  Гц (жоғарғы жиілікті) өрістер пайдаланылады.

Бақылау барысында әрбір жиілікте  $\rho_k$  және фаза мәндері анықталынып,  $\rho_\omega = f(\sqrt{T})$  функциясы тұрғызылады.

$$\rho_\omega = K \frac{|\Delta U|}{I}, \quad \Phi_\omega = \Phi_{\text{раб}} - \Phi_{\text{оп}}$$

**Электромагнит өрісінің қалыптасуы әдісі (ЗС)** барысында жерде электрлік немесе магниттік дипольдің электромагнит өрістерінің сатылы өзгерісі өлшенеді, яғни қоректендіруші дипольдардағы ток өшірілгеннен кейін барып бақылау пунктінде өлшеу жүргізіледі.

Импульсты тіркестіру барысында сигналдың  $\Delta U(t)$  мөлшері әр моментте өлшеніп,  $\rho_\tau$  мәні есептелінеді

$$\rho_\tau = K \left[ \frac{1}{\Delta U(t)} \right]^{\frac{2}{3}} t^{-\frac{5}{3}} \quad (4.4)$$

мұнда  $I$ –қоректендіруші дипольдағы ток мәні,  $t$ –тоқ өшірілгеннен кейінгі уақыт,  $K$ –қондырғылардың түрлеріне байланысты өзгертін коэффициент.

Егер тіркеу процесі дипольдан қашық жерде жүргізілсе, онда  $\rho_\tau$  төмендегі формула арқылы есептелінеді:

$$\rho_\tau = K \frac{\Delta U(t)}{I} \quad (4.5)$$

#### **Бақылау сұрақтары:**

1. Электромагниттік зондылау әдістері
2. Жиілікті электромагнит зондылау (ЧЗ)
3. Электромагнит өрісінің қалыптасуы әдісі (ЗС)

#### **Сабақ 47 (тәжірибе)**

#### **Индукциялық әдістер**

##### Жоспар:

1. Индукциялық әдістер.
2. Жерге қосылмаған ілмек
3. Дипольдық индукциялық профильдеу

Электробарлаудың индукциялық әдістері қатарына айнымалы токпен қоректендіріліп, жерге қосылмаған қондырғылар арқылы электромагнит өрісті қоздыруды айтады. Қондырғы ретінде мөлшері аз рамкалар, тік бұрышты үлкен ілмектер, өте ұзын кабельдер және т.б. қолданылады. Осы аталған қондырғылар қоздыратын электромагнит өріс жер бетінде, ұңғымада немесе жер астында өлшенеді.

**Жерге қосылмаған ілмек (незаземленная петля)** әдісінде бастапқы өріс жер бетіне орналасқан төртбұрышты ілмек формасы бар сымнан жасалған қондырғы. Оның қабырғаларының ұзындығы 1-2 километрге

жетеді. Қоздырылған магнит өрісі ілмектің ішкі немесе сыртқы жағында орналасқан профильдердегі приборлар арқылы өлшенеді.

**Шексіз ұзын кабель (метод бесконечного длинного кабеля)** әдісінде электрмагнит өрісін жер бетінде ұзынынан тартылып, екі ұшы жерге қосылған кабель қоздырады. Қоздырылған магнит өрісі кабельдің бағытына перпендикуляр орналасқан профильдерде өлшенеді.

**Дипольдық индукциялық профильдеу** әдісінде электрмагнит өрісі магниттік диполь арқылы жер бетінде көпорамды, мөлшері аз рамка арқылы қоздырылады. Магнит өрісін қабылдаушы рамка (өлшеуші диполь) көмегімен өлшенеді. Барлау барысында екі диполь бірдей келесі бақылау пунктіне жылжытылып отырады.

Аталған индукциялық әдістер өткізгіш рудалық денелерді іздестіруге және де жер бетіне жақын орналасқан қиманы геологиялық карталауға пайдаланылады.

#### **Бақылау сұрақтары:**

1. Индукциялық әдістер.
2. Жерге қосылмаған ілмек
3. Дипольдық индукциялық профильдеу

### **Сабақ 48**

#### **Радиотолқынды әдістер**

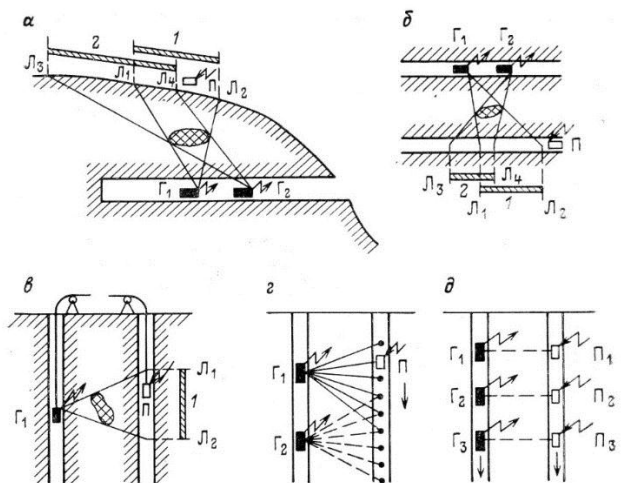
##### **Жоспар:**

1. Радиотолқынды жарықтау (просвечивание) әдісі.
2. Радиотолқынды профильдеу
3. Радиокип

Радиотолқынды барлау әдістері жыныстар арқылы тарайтын жиіліктері Гц-тің оннан бір бөлігінен ондаған мГц-ке дейінгі (ауадағы толқын ұзындығы 3 мыңнан 30 м-ге дейін) электромагнит толқындарды зерттеуге негізделген.

**Радиотолқынды жарықтау (просвечивание) әдісі.** Әдетте, барлау немесе пайдалану ұңғымаларын немесе тау қазындыларын қазғанда кейбір рудалық денелер олардың арасында білінбей қалып қойуы мүмкін. Электромагнит толқындардың жұтылу қасиетін еске ала отырып, ұңғыма немесе тау қазыналары арасын жарықтау арқылы рудалық денені іздестіруге болады.

Төменде, 4.13-суретте осы әдістің бірнеше бақылау жүйелері көрсетілген.

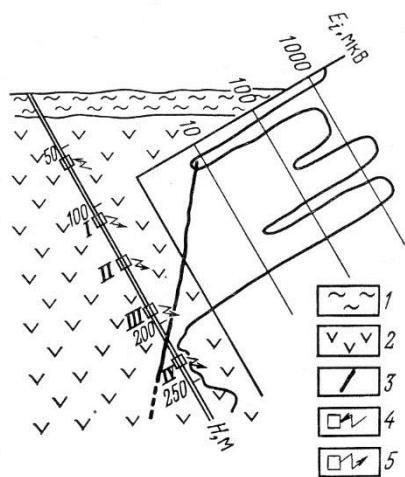


4.13-сурет

Радиотолқынды жарықтау әдісіндегі бақылау жүйелері. Жарықтау: а- көлбеу қазбадан (штольнядан) жер бетіне; б-көлбеу қазбалар арасын; в-ұңғымалар арасын; г-веерлі (айналымды); д-синхронды(параллелді). Г1, Г2, Г3 –таратқыш орындары; П1,П2, П3 - қабылдағыш орандыры. 1,2-электромагниттік көлеңке белдемдерінің орындары

**Радиотолқынды профильдеу** әдісінде радиотаратқыш және қабылдағыш бір ұңғымада орналасады. Әдіс радиотолқынның рудалық объект арқылы таралмауына (толқынның шағылуына) және одан пайда болған көлеңке эффектсіне негізделген.

4.14-суретте бұл әдістің бір түрі – қабылдағыш тұрақты, ал таратқыш ұңғыма бойымен жылжытып отырылады. Суреттегі графикте рудалық желінің толқынның таралуына әсері көрсетілген.



4.14-сурет

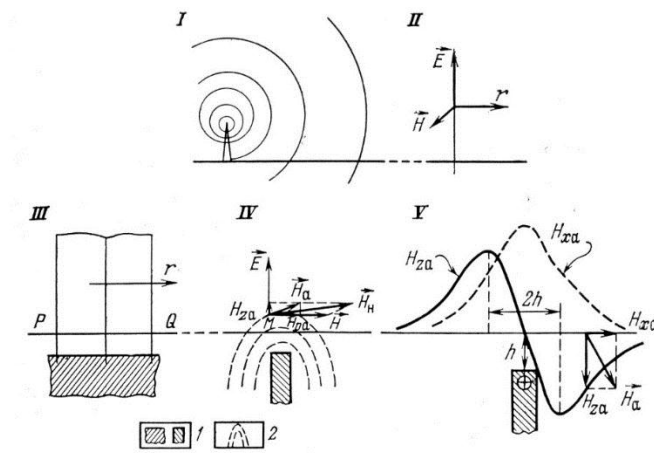
Рудалық желіні радиотолқынды профильдеу әдісімен іздестіру. 1-төрттік түзілімдер; 2-пироксениттер; 3-рудалық желі; 4-қабылдағыштың орны; 4- таратқыштың орны.

**Радиокип әдісі** радиотолқынды п] радиотолқын көзі ретінде сол аймақтағы тұрақты хабар тарататын



радиостанция пайдаланылады. Бұл жағдайда радиотаратқыш станцияның антенасын сфералық толқындар тарататын электрмагниттік диполь ебінде қарастыруға болады.

4.15-суретте осы әдістің пайдалану схемасы келтірілген.



4.15-сурет

Радиокип әдісіне түсінік.

I-радиостанцияның өрісі; II-электрмагнит өрісінің электрлік және магниттік компоненттері; III,IV,V-жер қойнауындағы қабат: 1-өткізгіш қабат, 2-магниттік сызықтар

**Бақылау сұрақтары:**

1. Индукциялық әдістер.
2. Жерге қосылмаған ілмек
3. Дипольдық индукциялық профильдеу

### **Сабақ 49 (тәжірибе)**

#### **Радиотолқынды әдістер**

Жоспар:

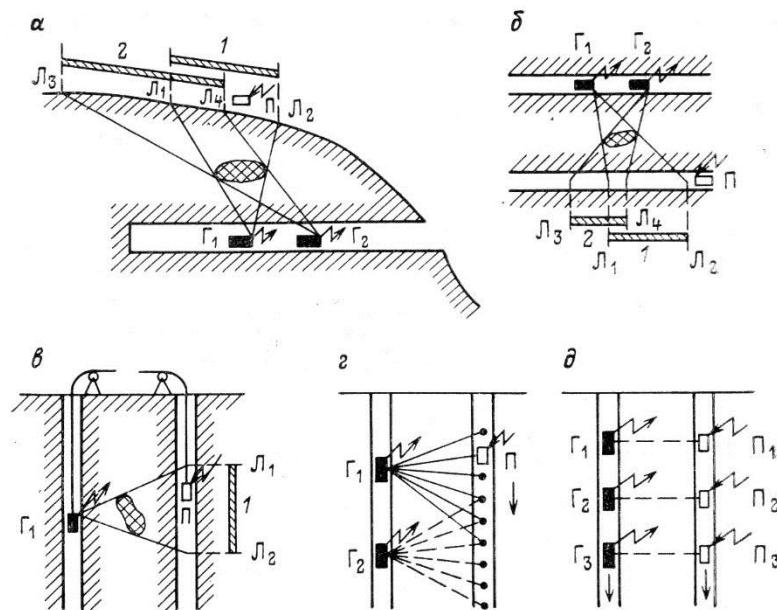
4. Радиотолқынды жарықтау (просвечивание) әдісі.
5. Радиотолқынды профильдеу
6. Радиокип

Радиотолқынды барлау әдістері жыныстар арқылы тарайтын жиіліктері Гц-тің оннан бір бөлігінен ондаған мГц-ке дейінгі (ауадағы толқын ұзындығы 3 мыңнан 30 м-ге дейін) электромагнит толқындарды зерттеуге негізделген.

**Радиотолқынды жарықтау (просвечивание) әдісі.** Әдетте, барлау немесе пайдалану ұңғымаларын немесе тау қазындыларын қазғанда кейбір рудалық денелер олардың арасында білінбей қалып қойуы мүмкін. Электромагнит толқындардың жұтылу қасиетін еске ала отырып, ұңғыма

немесе тау қазыналары арасын жарықтау арқылы рудалық денені іздестіруге болады.

Төменде, 4.13-суретте осы әдістің бірнеше бақылау жүйелері көрсетілген.

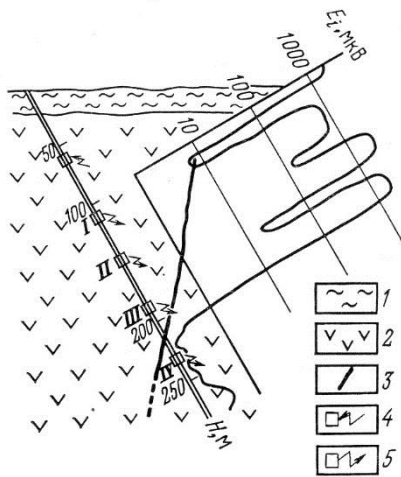


4.13-сурет

Радиотолқынды жарықтау әдісіндегі бақылау жүйелері. Жарықтау: а- көлбеу қазбадан (штольнядан) жер бетіне; б-көлбеу қазбалар арасын; в-ұңғымалар арасын; г-веерлі (айналымды); д-синхронды(параллелді). Г1, Г2, Г3 –таратқыш орындары; П1,П2, П3 - қабылдағыш орандыры. 1,2-электромагниттік көлеңке белдемдерінің орындары

**Радиотолқынды профильдеу** әдісінде радиотаратқыш және қабылдағыш бір ұңғымада орналасады. Әдіс радиотолқынның рудалық объект арқылы таралмауына (толқынның шағылуына) және одан пайда болған көлеңке эффектісіне негізделген.

4.14-суретте бұл әдістің бір түрі – қабылдағыш тұрақты, ал таратқыш ұңғыма бойымен жылжытып отырылады. Суреттегі графикте рудалық желінің толқынның таралуына әсері көрсетілген.

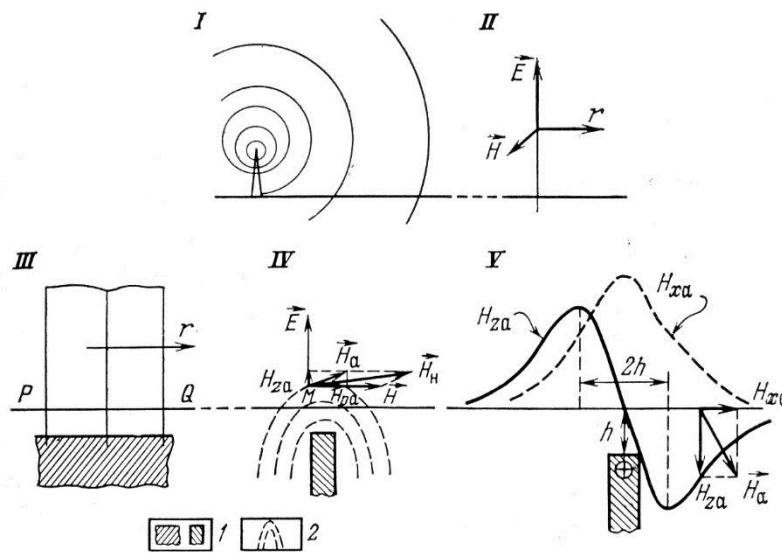


4.14-сурет

Рудалық желіні радитолқынды профильдеу әдісімен іздестіру. 1-төрттік түзілімдер; 2-пироксениттер; 3-рудалық желі; 4-қабылдағыштың орны; 4- таратқыштың орны.

**Радиокип әдісі** радиотолқынды п радиотолқын көзі ретінде сол аймақтағы тұрақты хабар тарататын радиостанция пайдаланылады. Бұл жағдайда радиотаратқыш станцияның антенасын сфералық толқындар тарататын элетрмагниттік диполь еebінде қарастыруға болады.

4.15-суретте осы әдістің пайдалану схемасы келтірілген.



4.15-сурет

Радиокип әдісіне түсінік.

I-радиостанцияның өрісі; II-элетрмагнит өрісінің элетрлік және магниттік компоненттері; III,IV,V-жер қойнауындағы қабат: 1-өткізгіш қабат, 2-магниттік сызықтар

**Бақылау сұрақтары:**

1. Индукциялық әдістер.
2. Жерге қосылмаған ілмек
3. Дипольдық индукциялық профильдеу

## БӨЛІМ 5.

### Сейсmobарлау

#### Сабақ 50

#### Сейсmobарлаудың физикалық негіздері

Жоспар:

1. Серпімді толқындар
2. Қума толқын.
3. Көлденең толқын.

Серпімді толқындар. Егер қатты денеге сыртқы күш әсер етсе, онда оның құрамындағы бөлшектердің орналасуы өзгереді, яғни дене деформацияланады. Бұл жағдайда дене сыртқы күшке қарсы әсер жасап, бөлшектерді бастапқы қалпына келтіруге тырысады. Міне, дененің деформациялануға қарсы жұмсалатын осы ішкі күші *серпімді күштер* деп аталады. Егер сыртқы күш жойылса, онда серпімді күштер дененің бастапқы мөлшерін және формасын қалпына келтіреді.

Сыртқы күш пен деформация арасындағы байланыс Гук заңымен сипатталады – деформация, оны тудыратын күшке тура пропорционал. Егер де деформация материалға тән шектен асса, онда деформация мен күш арасындағы тура пропорциональдық жойылып, әрі қарай материал бұзылады (қирайды).

Табиғатта деформацияның екі түрі кездеседі: көлем деформациясы және форма деформациясы. *Көлем* деформациясының мысалы ретінде кубтың қырына перпендикуляр бағытта түсірілген күштердің әсерінен пайда болатын жан-жақты сығылуды айтуға болады. Дене бөлшектері бір-біріне бірдей жақындасып немесе ажырасып, оның тек қана көлемі өзгереді (формасы өзгермейді).

*Форма* деформациясына мысал ретінде, егер бір-бірінен қарама-қарсы бағытталған күштер кубтың қарсы қырларына жанай түсірілсе, онда дененің бөлшектері ығысады (сдвиг). Қырлары өзара жылжып, тік бұрышты куб қисаяды. Куб табанының ауданы және биіктігі өзгермейді, яғни көлемі өзгермейді де, формасы ғана өзгеріске ұшырайды.

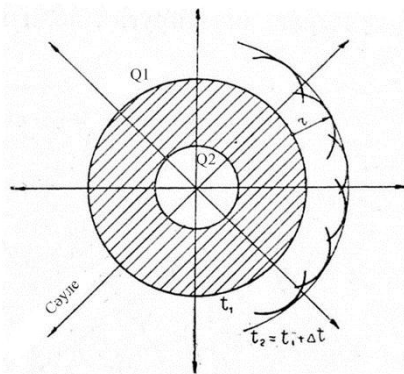
Жарылыс кезінде аталған деформацияның екі түрі де пайда болады, яғни жыныстарды құрайтын бөлшектер әр түрлі бағытта жылжыйды. Бұл деформация бөлшектерді бастапқы қалпына келтіру үшін ішкі күштерді тудырады. Табиғатта бұл бөлшектер өзара тығыз байланыста болғандықтан, бір жердегі бөлшектердің жылжуы көршілес бөлшектерді қозғап, олар да өз орнына келуге ұмтылады. Міне, осылай бөлшектердің бірінен соң бірінің жылжуы, сонан кейін тыныштануы деформацияның сол ортада таралуына әкеліп соғады. Деформацияның осылай таралуын серпімді немесе *сейсмикалық толқындар* деп атайды.

Көлем деформациясы және форма деформациясы әр түрлі жылдамдықпен таралатын толқындар түрінде бір бөлшектен екінші бөлшекке беріледі.

Көлем деформациясы таралу барысында сол ортаның бөлшектері толқынның таралу бағытында ығысу және ыдырау белдемдерін құрап, жылжыйды (ығысады). Бұл толқын *қума (тура) толқын* деп аталады.

Форма деформациясының таралу барысында ортаның бөлшектері толқынның таралу бағытына перпендикуляр бағытта жылжыйды (ығысады). Бөлшектер толқынның таралу бағытына перпендикуляр жазықтықта өзара бір-бірінен тайып түскендей болады. Мұндай толқынды *көлденең толқын* деп атайды. Әдетте жарылыс ошағынан таралған толқындардың әсерінен тау жыныстары бөлшектерінің тербелісі сол ортаның екі беткейімен шектелген кішігірім көлемінде аз уақыт аралығында пайда болады (5.2-сурет). Суретте  $Q_1$  таңбасымен белгіленген сыртқы беткей зат бөлшектерінің бірқалыпты күйде тұрған бөлігін (әлі ауытқу басталмаған) қоздырылған, яғни тербеліс басталған көлемінен бөледі. Мұндай беткей толқынның алғы шебі (фронт волны) деп аталады. Ал, ішкі беткей ( $Q_2$ ) тербеліс болып жатқан ортаны зат бөлшектерінің ауытқуы тоқталған бөлігінен айырады. Бұл беткей толқынның артқы шебі (тыл волны) деп аталады. Толқынның алғы және артқы шебтері уақыт өткен сайын өз орындарын өзгертіп отырады, яғни тербеліс болып жатқан орта ұдайы белгілі бір жылдамдықпен ығыса отырып, бірте-бірте орын ауыстырып отырады.

Егер  $t_1$  уақытында толқынның алғы шебі белгілі болса, онда  $t_2 = t_1 + \Delta t$  уақытындағы толқынның алғы шебін физика курсынан белгілі сәуле толқындары үшін Гюйгенс принципін қолданып табуға болады. Бұл принцип бойынша, толқынның алғы шебінің әрбір нүктесін негізгі толқынның бағытымен таралатын қарапайым жартылай сфералық толқындардың көзі деп қарастыру қажет.



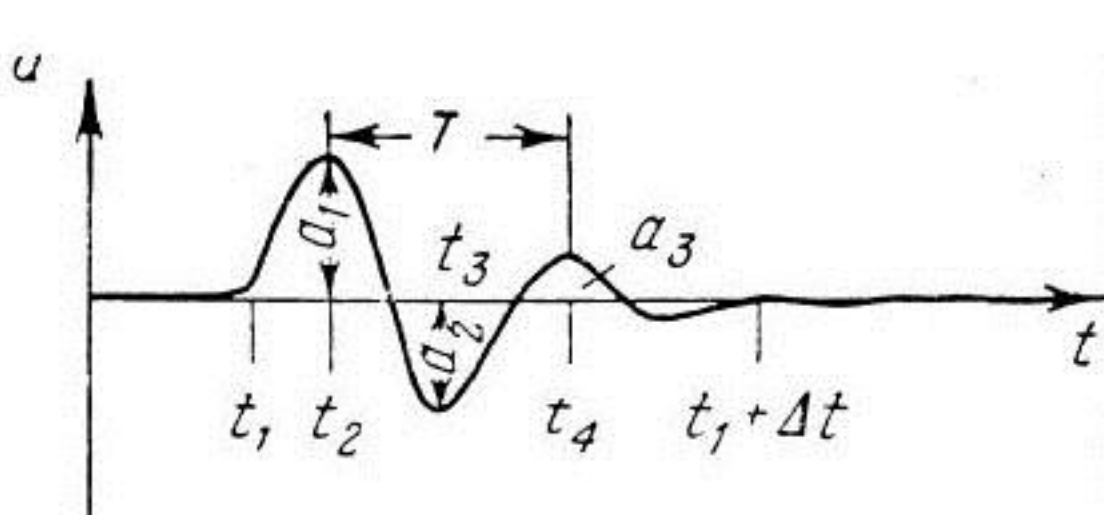
5.2-сурет

Серпімді толқынның алғы ( $Q_1$ ) және артқы ( $Q_2$ ) шебтері

Радиусы  $r = v \cdot \Delta t$  ( $v$ —толқынның таралу жылдамдығы) жартылай сфераларды тұрғызып және олар арқылы қоршай қисық сызық жүргізіп (огнибающие), толқынның жаңа шебін табуға болады.

Сонымен, жарылыс ошағынан белгілі бір қашықтықта ( $r$ ) жатқан тау жынысының  $M$  бөлшегінің тербелісін былайша сипаттауға болады:

толқынның алғы шебі бұл нүктеге жеткен уақытта  $t_1$  ( $t_1=r/v$ ) бұған дейін тыныш күйін сақтаған  $M$  бөлшегі тербеліске түсіп, оның тербелісі  $t+\Delta t$  уақытына дейін, яғни толқынның артқы шебі өткенге дейін созылады. Егер осы  $M$  бөлшегінің толқын әсерінен уақыт өткен сайын қалыпты деңгейінен ауытқу мөлшерін кескіндер болсақ, онда 5.3-суретте көрсетілгендей тербеліс графигін табамыз. Бұл графиктегі  $M$  бөлшегінің алғашқы ауытқу уақыты ( $t_1$ ) – толқынның басталу (жету) уақыты, оның өзінің қалыпты деңгейінен ең жоғары көтерілу немесе ойыстану мөлшері  $a_1, a_2$  – толқынның амплитудалары ( $A$ ), ал екі жотаның немесе екі ойыстың ара қашықтығы (уақыт есебімен) – толқынның периоды ( $T$ ) деп аталады. Периодқа кері шама толқынның жиілігі ( $f=1/T$ ) болады.



5.3-сурет  
Тау жынысы бөлшегінің ( $M$ )  
тербеліс графигі

Толқын беткейіне перпендикуляр түзулер *сейсмикалық сәулелер* деп аталады. Олар толқынның таралу бағытын көрсетеді. Сейсmobарлауда, негізінен, қума толқындар пайдалыналады. Өйткені, оларды қоздыру оңайға түседі, қарқындылығы жоғары, басылу мөлшері көлденең толқынға қарағанда әлдеқайда баяу болады.

### Бақылау сұрақтары:

1. Серпімді толқындар
2. Қума толқын.
3. Көлденең толқын.

**Шағылған және сынған толқындар.**

Жоспар:

1. Шағылған толқындар.
2. Сынған толқындар.

**Шағылған және сынған толқындардың пайда болуы.** Сейсмикалық толқындардың таралуын геометриялық оптика заңы төңірегінде қарастыруға болады. Серпімді толқындар үшін бұл заңды былайша тұжырымдауға болады.

1. Толқындық кедергілері ( $\sigma_1 V_1 = \sigma_2 V_2$ ) әр түрлі екі ортаның (I және II) шекарасына түскен сейсмикалық сәуле шағылып, оның түсу бұрышы мен шағылу бұрышы бір-біріне тең болады (Снеллиус заңы) (5.4-сурет) (толқындық кедергі деп толқынның таралу ортасының тығыздығы мен толқынның таралу жылдамдығының көбейтіндісін айтады).

Басқаша айтқанда, шағылу заңы бойынша сәуле шекарадан шағылғанда, оның түсу бұрышы (сәуле мен тік нормальдың арасындағы бұрыш) және шағылу бұрышы (тік нормаль мен шағылғын сәуле арасындағы бұрыш) өзара тең болады, яғни шағылған сәуле шекаралық беткейден биллиард шары сыяқты соғылған бұрышқа тең бұрышпен кейін қайтады.

2. Таралу жылдамдықтары әр түрлі ( $V_1 \neq V_2$ ) екі ортаның шекарасынан өткенде сейсмикалық сәуле бағытын өзгертеді (5.4-сурет). Снеллиус заңы бойынша түсу бұрышы ( $i$ ) мен сыну бұрышы ( $r$ ) арасында төмендегідей байланыс бар

$$\frac{\sin i}{V_1} = \frac{\sin r}{V_2} \quad (5.1)$$

мұнда  $V_1$  және  $V_2$  – толқынның екі ортада таралу жылдамдықтары.

Әдетте, сынған толқындар жербетінде жарылыс пунктiнен  $X_m$  қашықтықта бiлiнедi. Егер екі ортаның шекарасы көлденең (горизонталь) болса, онда

$$X_m = 2ht \sin i \quad (5.2)$$

$i$  - толық iшкi шағылу бұрышы,  $\sin i = V_1/V_2$ .

Сонымен, сынған толқындар пайда болу үшін, геологиялық қимадағы шекаралардың төменгi жағындағы ортада толқынның таралу жылдамдығы, оның жоғары жағына қарағанда артық болуы керек.

Сейсмикалық толқынның жер қойнауындағы шағылу беткейлерiне түскенде, дыбыс немесе жарық толқындарында кездеспейтiн, бiрегей құбылыс болады: P толқыны 5.4–суретте көрсетiлгендей шағылған P толқыны және сынған P

толқыны, шағылған S толқыны және сынған S толқыны атты төрт *толқындар* тудырады. Мұның себебі бастапқы P толқыны түскен нүктеде шекарадағы жыныстар сығылып қана қоймай, сонымен қатар ығысады да.

Жер бетінде орналасқан сейсмоқабылдағыш сынған және шағылған толқындар мен қатар, толқындардың басқа да түрлерін тіркейді. Сондықтан да, сейсмограммада тіркелеген тербелістер өте күрделі болады. 5.5-суретте сейсмограммада жазылған толқындардың жолы мен олардың атаулары келтірілген.

Міне, осы аталған толқындар арасында тек сынған және шағылған толқындар ғана жердің терең қойнауы жайлы мағлұматтар береді (пайдалы толқындар). Ал, қалған қабаттасып тіркелген толқындар болса, бұл тұрғыда бөгеуілдер болып есептелінеді.

### **Бақылау сұрақтары:**

1. Шағылған толқындар.
2. Сынған толқындар.

## **Сабақ 52**

### **Сейсмикалық тербелісті тіркеу принципі**

Кейінгі кезде ғылым мен техниканың, әсіресе электроника мен есептеу математика салаларының үздіксіз дамуына байланысты, сейсмобарлау саласында да техникалық қайта жабдықтау жұмыстары үздіксіз жүргізілуде. Сейсмикалық станциялардың конструкциялары жылдан-жылға жетілдіріп, жаңадан тіркеу және талдау жүйелері енгізілуде.

Әдетте, сейсмикалық толқындарды тіркеу процесі көп каналды сейсмикалық станция көмегімен профиль бойында орналастырылған пункттерде жүргізіледі. Қазірде, прибор жасайтын өнеркәсіп орындары көп каналды сейсмикалық станциялардың бірнеше түрлерін шығарады: 24, 48 және 96 каналды станциялар көмегімен 24, 48 және 96 пункттерде сейсмикалық толқындарды бір уақытта тіркеуге болады. Кейінгі кезде, көлемді сейсмобарлау әдісіне арналып жүздеген каналды сейсмикалық станциялар дайындалуда.

Сейсмикалық станцияның негізгі элементі сейсмикалық канал болып саналады. *Сейсмикалық канал* деп серпімді толқындарды тіркеу үшін пайдаланылатын әр түрлі приборлар мен қондырғылардың жиынтығын айтады. Оның құрамына сейсмоқабылдағыш, күшейткіш және арнаулы тіркеуші қондырғылар кіреді.

Сейсмикалық толқындар әсерінен жер бетінің тербелісі өте аз мөлшерде болуы, кейбір кездерде  $10^{-6}$ – $10^{-7}$  мм-ден аспауы ықтимал. Ал, жазылған тербелісті өңдеу үшін оның амплитудасы 1-1,5 мм-ден кем болуы керек.



Олай болса, сейсмикалық канал тіркелген өте аз мөлшердегі тербелісті миллион рет күшейту қажет, сонда ғана ол көзге көрінерлік деңгейде жазылады. Мұндай аса жоғары дәрежеде күшейту деңгейін тек қана арнаулы, көп каскадты электрондық күшейткіштер көмегімен алуға болады. Ол үшін, алдымен, жер бетінің механикалық қозғалысын электр сигналына айналдыру керек. Міне бұл қызметті, яғни жер бетінің механикалық қозғалысын электр кернеуіне ауыстыруды *сейсмоқабылдағыш* деп аталатын арнайы прибор орындайды.

Сейсмоқабылдағыштан электр кернеуі түрінде шыққан тербеліс (сигнал) *электрондық күшейткішке* жетеді. Ол тек қана сигналды күшейтіп қана қоймай, оның амплитудаларын реттеп, жиілікті реттеуші (частотный фильтр) көмегімен сигнал/бөгеуіл деңгейін өсіреді.

Тіркелген толқындардың амплитудаларына әр түрлі факторлардың әсер ететіні белгілі. Міне, осы факторларды реттеу үшін, электрондық күшейткіш құрамында, әрбір каналда жеке реттеуші және жалпы ортақ қондырғылар пайдаланылады

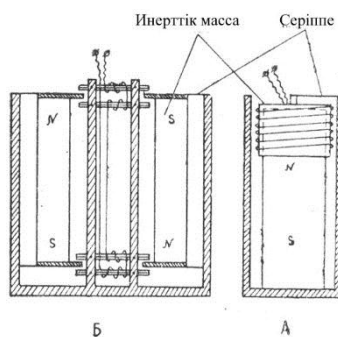
Әдетте, пайдалы толқындар мен бөгеуілдер әр түрлі жиілікте жазылады. Олардың бұл қасиеттері, арнаулы жиілікті іріктеушілер көмегімен бөгеуілдің қарқындылығын азайту үшін пайдаланылады. Бұл тұрғыда сейсмикалық станциялар құрамында арнайы жоғары және төменгі жиілікті іріктеушілер (фильтрлер) пайдалыналады.

Сонымен, күшейтіліп, жиілікті іріктеушіден және амплитуда реттеушіден өткен сейсмикалық тербеліс тіркеуші осциллографқа (гальванометрлік тіркеу әдісінде) немесе магниттік головкаға (магниттік тіркеу әдісінде) жетіп әрі қарай фотоқағазға немесе магниттік таспаға жазылады. Ал, сандық тіркеу әдісінде, алдымен сигнал “сигнал-код” деп аталатын түрлендіргішке (преобразователь) жетіп, сосын тіркеледі. Егерде сейсмикалық толқындар магниттік таспаға жазылған болса, онда арнайы аспаптар арқылы оның көшірмесін фотоқағазға жазып алуға болады.

Енді жоғарыда аталған сейсмикалық каналдың әрбір элементтеріне қысқаша тоқталып өтелік.

**1. Сейсмоқабылдағыш** – жердің механикалық қозғалысын (дірілін) электр тербелісіне айналдыратын электр-механикалық прибор. Оның басты бөлігі болып маятник (инерттік масса) саналады.

Маятниктің түрлеріне қарай сейсмоқабылдағыштар электрдинамикалық және электрмагниттік болып екіге бөлінеді (5.6-сурет). Сейсмоқабылдағыштың бұл екі түрінің де құрамында тұрақты магнит пен катушка бар. Олардың өзара қозғалысы катушка арқылы өтетін магниттік ағынды өзгертіп электр қозғаушы күш (ЭҚК) тудырады. Электрдинамикалық сейсмоқабылдағышта инерттік масса ретінде жеңіл қаңқаға (каркасқа) бекітілген катушка қолданылса, электрмагниттік приборда – тұрақты магнит қолданылады.

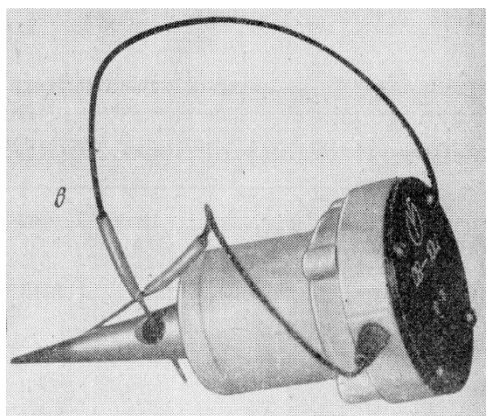


5.6 - сурет

Сейсмоқабылдағыштың құрылысы. А-электродинамикалық, Б-электрмагниттік сейсмоқабылдағыштар

Сейсмикалық толқын әсерінен сейсмоқабылдағыш корпусы (табаны) қозғалысқа келеді. Бұл кезде оның инерттік массасы (маятникі) екіпін күші әсерінен кеңістікте өз қалпын сақтап қалуға тырысады (маятник корпуспен пружина арқылы байланысқан). Осының әсерінен катушка арқылы өтетін магнит ағыны (электрмагнит сейсмоқабылдағышта) немесе катушка арқылы өтетін магнит күш бағыты өзгерісіне байланысты катушкада ЭҚК пайда болып, ол байланыс жүйесі арқылы әрі қарай күшейткішке беріледі.

Толқынның бастапқы әсерінен сейсмоқабылдағыштың инерттік массасы өзіндік меншікті тербеліспен тербеліп, келесі толқынды сезбеуі ықтимал. Сондықтан да маятниктің осы меншікті тербелісін жойып, сейсмикалық тербелісті дұрыс тіркеу үшін, сейсмоқабылдағышқа арнайы демпферлік қондырғы енгізіледі (ол маятниктің меншікті тербелісін жоюға арналған).



5.7-сурет

СВ-10Ц электродинамикалық сейсмоқабылдағыштың жалпы сыртқы түрі

*Пьезоэлектрлік сейсмоқабылдағыштың жұмыс істеу принципі сейсмоқабылдағыштың жоғарыда келтірілген түрлерінен әлдеқайда басқаша. Табиғатта кездесетін, пьезоэлектриктер деп аталатын, кейбір кристалдарда*

(кварц, турмалин, титанат және т.б. кристалдары) электр өрісі әсерінен ішкі кернеу пайда болады. Бұл қасиет “тура пьезоэффект” деп аталады. Егер кристалдың осындай “тура пьезоэффект” қасиеті болса, онда “кері пьезоэффект” қасиеті де болуы керек-қой, яғни пьезоэлектрик деформацияланған жағдайда, оның қырларында сол деформация мөлшеріне сәйкес электр кернеуі пайда болуы керек. Міне, пьезоэлектрлік сейсмоқабылдағыш осы принципке негізделген.

Іс жүзінде, пьезоқабылдағышты дайындау үшін барий титанатының керамикалық кристалы пайдаланылады. Әдетте, бір приборда бірнеше кристалдық пластинкалар біріктіріліп пьезобатарея дайындалады. Оның ішкі және сыртқы беткейлері металдық қабықтармен жабылып, олар электродтар ролін атқарады.

Сейсмикалық кума толқын пьезоқабылдағыштың пластинкасына қысым түсіріп, онда электр кернеуін тудырады, яғни пьезоқабылдағыш сейсмикалық толқын әсерінен электр кернеуін тудыратын датчик есебінде қолданылады. Пьезоқабылдағыштар, негізінен, теңізде және ұңғымада жүргізілетін сейсmobарлау жұмыстарында пайдаланылады.

**2. Сейсмикалық күшейткіштер.** Сейсмоқабылдағыштан электр кернеу түрінде шыққан сейсмикалық тербеліс электрондық күшейткішке жетеді. Әрбір сейсмикалық каналда сейсмикалық күшейткіштердің (күшейткіштер саны станциядағы сейсмикалық канал санына тең) негізгі міндеттері:

- сейсмоқабылдағыш тіркеген әлсіз ЭҚК-ті күшейту;
- сейсмикалық тербелісті жиілік жағынан сұрыптау;
- сейсмикалық тербеліс деңгейін күшейтуді автоматты жолмен реттеу.

Сейсмоқабылдағыш тіркеген әлсіз тербелісті мыңдаған-миллиондаған есе күшейту үшкаскадты электрондық күшейткіштер көмегімен жүргізіледі.

Жоғарыда, сейсмоқабылдағыш пайдалы толқындармен қатар бөгеуіл толқындарды да бірдей тіркейтінін айттық. Олар пайдалы толқындарды өндеп талдауға айтарлықтай кедергі жасайды. Сондықтан да, бөгеуіл толқындардың әсерін азайту немесе жою үшін жиілік жағынан сұрыптауға негізделген арнайы әдістер қолданылады.

Арнайы жүргізілген тәжірибелік зерттеулер нәтижесінде бөгеуіл толқындар қатарына жататын беткейлік толқындардың жиілігі шамамен 20 Гц-тен төмен, микросейсмалардың жиіліктері 70 Гц-тен жоғары, ал шағылған және сынған пайдалы толқындардың жиіліктері 20-70 Гц аралығында болатыны анықталып отыр. Міне, толқындардың осындай қасиеттерін пайдалана отырып, күшейткіштерде арнайы электрондық іріктеушілер (фильтрлер) орнатылған. Бұл іріктеушілер белгілі жиіліктер арасындағы толқындарды толығымен өткізіп, ал ол аралықтан басқаша жиілікті толқындарды өткізбейді. Сонымен, күшейткіштерден кейін сейсмикалық толқындар тек күшейтіліп жазылып қана қоймай, олар бөгеуіл толқындардан тазартылады.

**3. Тіркеуші қондырғылар.** Сейсмикалық станцияда сейсмикалық толқындарды тіркеу үшін қондырғылардың бірнеше түрлері қолданылады.

*Осциллограф* сейсмоқабылдағыштардан түскен сигналдарды тіркейтін, фотоқағазбен жабдықталған арнайы прибор. Оның құрамына гальванометрлер, фотоқағаз оралған кассета және қосалқы қондырғылар кіреді.

*Магниттік тіркеуші* сейсмикалық толқындарды баламалық және сандық формада магниттік таспаға түсіруге арналған прибор.

*Сандық тіркеу* кейінгі кезде сейсмобарлау жұмыстарында кеңінен қолданылуда. Өйткені, сейсмобарлау нәтижелерін автоматты түрде өңдеу, тіркеу процесін сандық түрде жазуды қажет етеді. Сандық тіркеудің басқа тіркеу түрлеріне қарағанда артықшылығы көп: дала жұмыстарының сапасын арттыру, материалды тікелей компьютерге енгізу және т.б.

4. Сейсмобарлау комплекстері құрамына толқындарды қоздыру үшін пайдаланылатын қондырғылар, далалық тіркеу жүйелері (сейсмикалық станция), қосымша жабдықтар (сейсмикалық желі, бұрғылау қондырғысы және т.б.) кіреді.

Сейсмобарлау комплексі сейсмикалық мәліметтерді тіркеу әдістеріне байланысты *баламалық* және *сандық* болып екіге бөлінеді. Қазірде, арнайы прибор жасау өнеркәсібінде тек қана сандық сейсмобарлау комплекстері шығарылады.

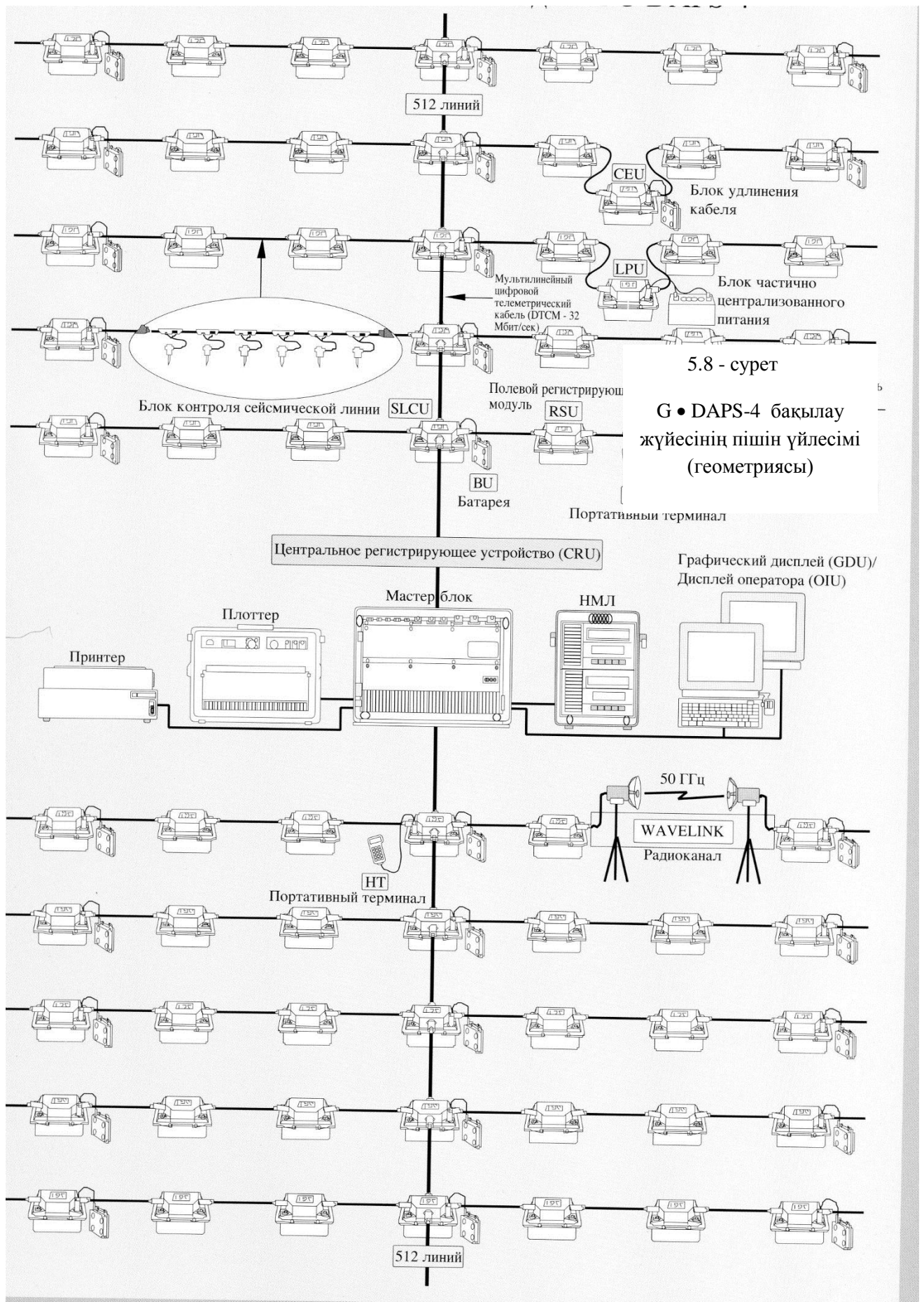
### *Сабақ 53 (тәжірибе)*

#### *Сейсмобарлау аппаратурасы мен жабдықтары.*

##### *Жоспар:*

1. Сейсмостанция.
2. G • DAPS-4

**G • DAPS-4 (Geophysical Data Acquisition and Processing System)** – қазіргі сейсмикалық барлау практикасында кеңінен қолданылып жүрген алдыңғы қатардағы сандық телеметриялық сейсмикалық станция. Төменде, осы станцияның қысқаша сипаттамасы, оның нұсқауына сәйкес (JGI, Inc. 1999) беріліп отыр.



G•DAPS-4 тіркеу қабілеті жоғары, динамикалық диапазоны барынша аумақты (24-битті Дельта-Сигма А/Ц түрлендіргіш), тіркелген сейсмикалық мағлұматтарды (2D, 3D) өңдеп талдауға және көпканалды (канал саны шексіз) тіркеуге мүмкіндігі бар, микротолқынды байланыспен жабдықталған, компьютерліндірген сейсмикалық жүйе.

Станция бірнеше блоктардан тұрады: орталық тіркеу (CRU – Central Recording Unit), сейсмикалық линияны (каналды) бақылау (SLCU – Slave Control Unit), далалық тіркеу модульдері (RSU – Remote Station Unit) және сандық телеметриялық байланыс кабелі (DTC – Digital Telemetry Cable)



5.9-сурет

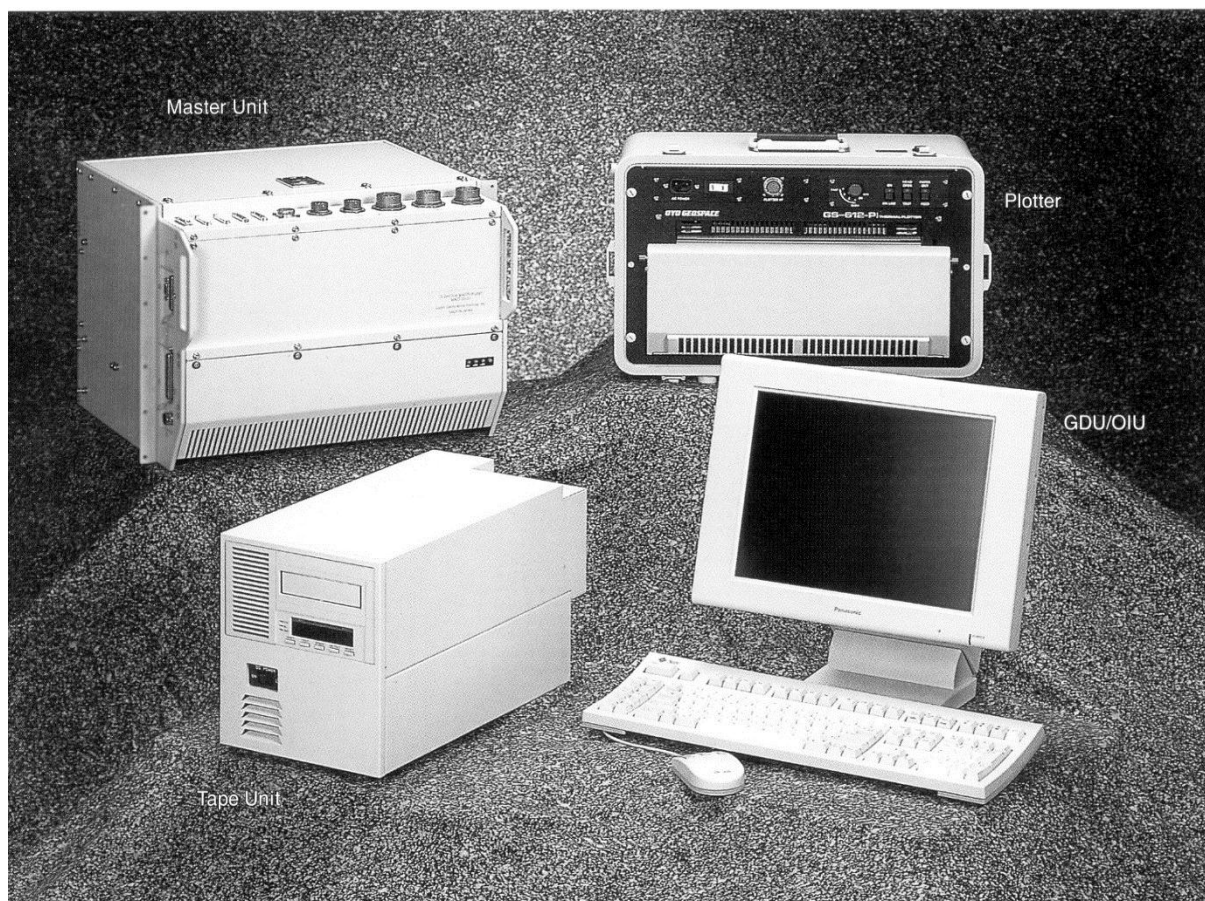
Далалық тіркеу модулі (сейсмоқабылдағыш) және  
қоректердіру көзі (батарея)



1. *Орталық тіркеу жүйесі (CRU)* станцияның жұмысын тиімді басқару үшін аспаптық комплекс пен компьютерлік басқару программаларымен жабдықталған. Оның құрамында Master Unit (Мастер-блок) - бір платалық (одноплатный) қуатты компьютер және ені 12-24 дюймдік график тұрғызушы қондырғы (Plotter) бар.

Компьютерлік басқару программалары станция қондырғыларының жұмысын қадағалайды, сейсмикалық мағлұматтарды өңдеп экранда көрсетеді, қосалқы сейсмикалық шу деңгейін реттейді және бүкіл далалық қондырғыларды тестен өткізеді (тексереді).

2. *Далалық тіркеу модулі (RSU)* тіркеу динамикалық диапазоны аумақты (24 битті Дельта-Сигма А/Ц түрлендіргішті), пайдаланылатын тоқ қуаты - аз мөлшерде, қорабы – су өткізбейтін және жұмыс істеуі қарапайым аспап. Ток көзі ретінде – сыйымдылығы 7 ампер-сағат Ni-Cd батареясы, ал қосымша - қорғасын-қышқыл батареясы қолданылады.



5.10-сурет

Орталық тіркеу жүйесінің қондырғылары

3. Сейсмикалық линияны бақылау блогы (SLCU) - таралу жылдамдығы 32 Мбит/сек-қа тең арнайы қондырғы.

4. Сандық телеметриялық байланыс кабелі (DTC) сейсмоқабылдағыштарды қосатын 6 ажыратқышы бар, ұзындығы 330 м (стандартты ұзындық) екі бөліктен (165 м-ден) тұратын кабель (DTCL). Көплиниялы DTSM кабелі ұзындығы 250 м есілген 12 пар кабелден тұрады.

5. Ықшамды (портативный) терминал (НТ) – RSU модулін және оның қосылған жерлерін тексеру үшін қолданылатын автономдық тестер-прибор.



5.11-сурет

Дала тіркеу модулі

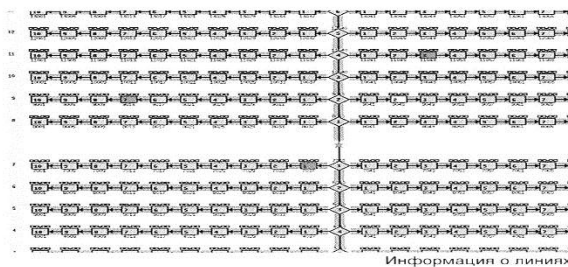




5.12 - сурет

G • DAPS-4 станциясының далалық қондырғылары

6. Радиоканал (WAVELINK) – 2,4 ГГц/50ГГц жиіліктегі, таралу қашықтығы 800 м/2 км УКВ радио.



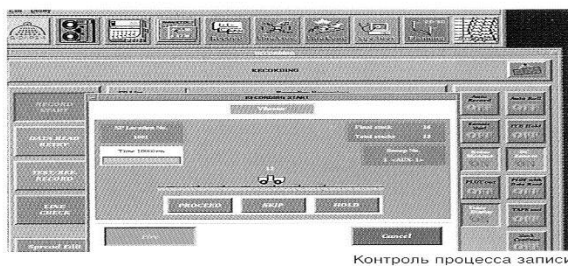
а)

5.13 - сурет

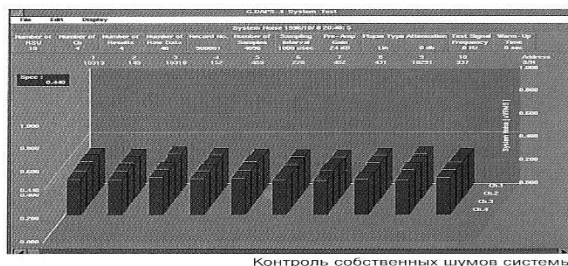
а – линиялар (каналдар) жайлы деректер; б- тіркеу процессін бақылау;

б)

в- жүйенің өзіндік шуын бақылау



в)



Станция құрамындағы компьютерлік басқару программасы бүкіл қондырғылардың жұмыстарын бақылауға мүмкіндік береді: сигналды дискіге және магниттік таспаға тіркеу, шудың деңгейін дисплейде көрсету, плоттерге немесе экранға сейсмикалық мағлұматтарды шығару, жүйені сынау кезіндегі деректерді қағазға түсіру және с.с.

Бұл станция жайлы толық мағлұматты жоғарыда келтірілген станцияның өз нұсқауынан табуға болады.

### **Бақылау сұрақтары:**

1. Орталық тіркеу жүйесі
2. Далалық тіркеу модулі
3. Сейсмикалық линияны бақылау блогы
4. Сандық телеметриялық байланыс кабелі

### ***Сабақ 54***

#### **Бақылау жүйесі**

##### *Жоспар:*

1. Бақылау жүйесі.
2. Шағылған толқындар тәсіліндегі қолданылатын бақылау жүйесі.

Сейсмограммада жазылған пайдалы толқындарды өңдеудің сапасы толқындарды қоздыру (жарылыс) мен қабылдау (сейсмоқабылдағыштар) пункттерінің жер бетінде өзара орналасуына тікелей байланысты. Бақылау жүйесі деп аталатын бұл жүйе тіркеу орындарында (пункттерінде) бөгеуіл толқындардың болмауын, пайдалы толқындар барынша қарапайым, бір-бірімен қабаттасып жазылмауын және толқындар годографының өзара үйлесімділігін қамтамасыз етеді.

Бақылау жүйесі профильдік (профильный) және алаңдық (площадной) болып бөлінеді. Практикада, қоздыру және қабылдау пункттері профильдің бойымен бойлай орналасқан бақылау жүйелері кеңінен таралған. Кейбір кездерде (сирек) қоздыру және қабылдау пункттері профильдің бойына орналаспауы да мүмкін.

Көпканалды тіркеу (многоканальная регистрация) кезінде қабылдау пункттері орналасқан профильдің учаскесін *сейсмоқабылдағыштар тұрағы* (стоянка сейсмоприемников) немесе сейсмоқабылдағыштарды орналастыру (расстановка сейсмоприемников) деп атайды. Профильде орналасқан екі шеткі сейсмоқабылдағыштың аралығын годограф ұзындығы (L) немесе қабылдау базасы (база према), көрші қабылдау пункттері аралығын

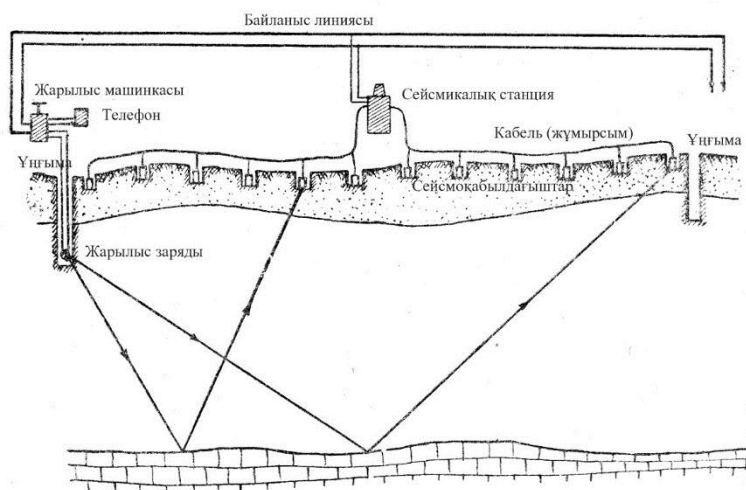
қабылдау қадамы  $\Delta x$  (шаг приема), көрші қоздыру пункттері аралығын қоздыру интервалы  $\Delta l$  (взрывной интервал) деп атайды.

Профиль бойымен жер қойнауындағы сейсмикалық шекараларды үздіксіз зерттеуді қамтамасыз ететін бақылау жүйесін *үздіксіз профильдеу жүйесі* деп атайды.

Кейбір кездерде сейсмикалық шекараларды профиль бойымен бірнеше нүктелерде (пункттерде) немесе зерттелетін ауданның кейбір ғана жерлерінде зерттеу жеткілікті болуы мүмкін. Мұндай жағдайда бақылау жұмысы арнайы қысқа профильдердің бойымен ғана жүргізіліп, олар *сейсмикалық зондылау* деп аталады.

### **Шағылған толқындар тәсіліндегі қолданылатын бақылау жүйесі.**

Шағылғын толқын әдісінде бақылау жүйесінің параметрлері іс жүзінде жиналған тәжірибеге және арнайы жүргізілген зерттеулерге сүйене отырып, геологиялық мақсатқа сәйкес анықталады. Алдымен, қоздыру пунктінің орналасуына байланысты шағылған толқындардың қатар трассаларда табылуы (корреляция) есептелінеді, яғни бақылау учаскесі анықталады. Ол үшін арнайы жүргізілген тәжірибелік-әдістемелік жұмыстар нәтижелері және теориялық есептеулер пайдаланылады.



5.20-сурет

Сейсмикалық станциялардың профиль бойымен орналасуы

Қабылдау қадамы  $\Delta x$  шамамен толқынның көрінерлік жылдамдығы  $V_k$  мен тербелістің периоды арқылы есептелінеді:

$$\Delta x = \frac{v_l T}{2} \quad (5.19)$$

Айта кететін жәйт,  $\Delta x$  мәні барлау жұмысының өнімділігі (производительность) мен алынған материалдың сапасына тікелей әсер

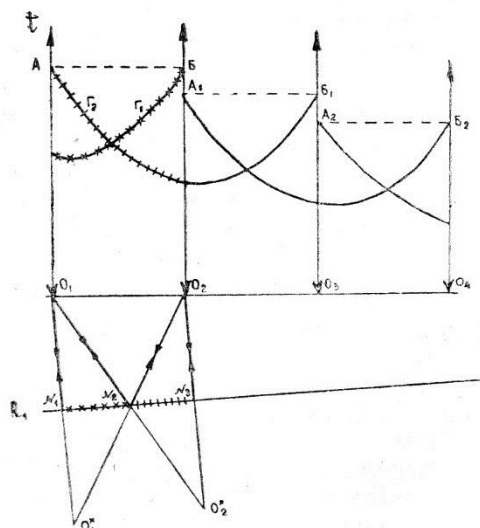
етеді. Әдетте,  $\Delta x = 25-50$  м, күрделі сейсмогеологиялық жағдайларда 15 м-ге дейін, ал кейбір арнайы жұмыстар үшін онан да төмен болуы мүмкін.

Қоздыру интервалы, әдетте,  $\Delta l = n \cdot \Delta x$  ( $n=1,2,3\dots$ ), ал еселі (кратные) профильдеу әдісінде  $\Delta l = L/N$  ( $N$  – профильді еселеу саны,  $L$  – қабылдау базасы).

*Үздіксіз профильдеу* тәсілінде негізінде қарапайым және интервал арқылы үздіксіз профильдеу әдістері пайдаланылады.

Қарапайым үздіксіз профильдеу әдісінде жарылыс пункттері бір-бірінен бірдей (қоздыру немесе жарылыс интервалы), шамамен 600-1500 м қашықтықта орналасады (5.21-сурет).

$O_1$  пунктінде жарылыстан қоздырылып,  $O_1O_2$  жарылыс интервалында тіркелген шағылған толқындар ( $\Gamma_1$  годографы) жер қойнауындағы  $N_1N_2$  учаскесінде орналасқан  $R_1$  шекарасы туралы мәліметтер береді. Ал,  $N_1N_2$  учаскесін,  $O_2$  пунктіндегі жарылыстан қоздырылып ( $\Gamma_2$  годографы) сол жарылыс интервалында тіркелген шағылған толқындар арқылы да зерттеуге болады. Олай болса, бірінен кейін бірі екі жарылыс пунктінен қоздырылып бір жарылыс интервалында тіркелген шағылған толқындар көмегімен, осы екі ортадағы шағылу шекарасын анықтауға болады.



5.21-сурет

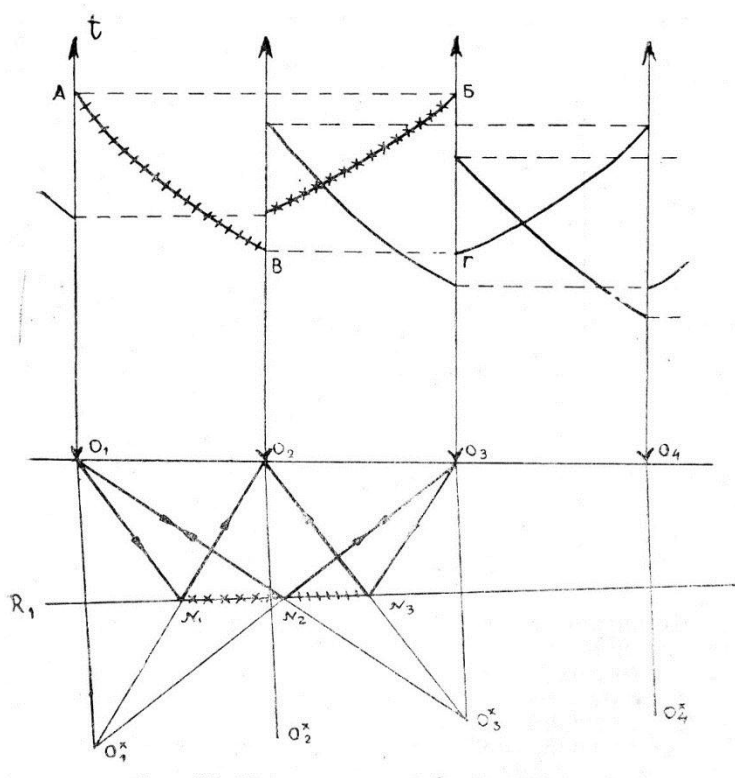
Шағылған толқындар әдісіндегі қарапайым үздіксіз  
профильдеу схемасы

Годографтың соңғы А және Б нүктелері өзара (взаимные) нүктелер деп аталады. Бұл нүктелердегі толқындардың таралу уақыттарының теңдігі,  $\Gamma_1$  және  $\Gamma_2$  годографтарының бір шекараға сәйкес келетіндігін көрсетеді. Өйткені,  $O_1$  нүктесінен  $O_2$  нүктесіне қарай және керісінше тараған толқын жолдары бірдей және олар  $O_1N_2O_2$ –ға тең.

*Интервал арқылы үздіксіз профильдеу* тәсілі егерде жарылыс пункті аумағында шағылған толқындарды тіркеу бөгеуіл толқындардың әсерінен

(дыбыс немесе беткейлік толқындар) қиынға соққан жағдайда пайдаланылады. Мұндай кездерде, әрбір жарылыс пункттерінен қоздырылған шағылған толқындар жарылыс пунктінің екі жағынан жарылыс интервалынан артық қашықтықтан басталып қабылданады (5.22-сурет). Мұндай қашықтықта (жарылыс интервалынан артық қашықтықта) пайдалы толқындармен бөгеуіл толқындар қабаттасып таралмайды. Мұндай бақылау жүйесінде  $O_1$  жарылыс пунктінен қоздырылған толқындар  $O_2O_3$  интервалында тіркеліп, ал  $O_2$ -дан –  $O_3O_4$  интервалында,  $O_3$ -ден –  $O_1O_2$  және  $O_4O_5$  және т.с.с.

Әр түрлі жарылыс пункттерінен тұрғызылған годографтар бір шағылу шекарасын (беткейін) сипаттайтынын тексеру үшін, соңғы А және Б және алғашқы В және Г өзара нүктелеріндегі толқынның таралу уақыттарының теңділігін тексеру керек. Егер, олар бір-біріне тең болса, онда годографтар бір шағылу шекарасын сипаттайтын болғаны.



5.22-сурет  
Шағылған толқын әдісіндегі  
интервал арқылы  
профильдеу схемасы

Сейсмозондылау жүйесімен жұмыс істеу барысында үздіксіз профильдеу тәсіліндегі сияқты бақылау жүйесі пайдаланылады, айырмашылығы - толқындарды тіркестіру 1-3 жарылыс пункттерінен тұратын қысқа профильдерде ғана жүргізіледі.

### Бақылау сұрақтары:

1. Сейсмоқабылдағыштар тұрағы.
2. Бақылау жүйесі.
3. Интервал арқылы үздіксіз профильдеу.

Сынған толқындар тәсілінде пайдаланылатын бақылау жүйесі

Жоспар:

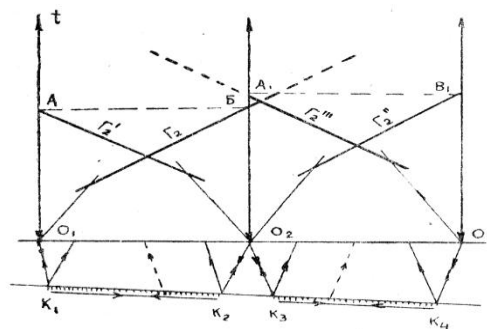
1. Сынған толқындар тәсілінде пайдаланылатын бақылау жүйесі.
2. Сынған толқындар әдісіндегі бақылау жүйесінің схемасы

**Сынған толқындар тәсілінде пайдаланылатын бақылау жүйесі.** Сынған толқындар әдісінде толқындарды тіркеу қоздыру пунктiнен бiршама қашықтықта жүргiзiледi. Өйткенi бұл аралықта сынған толқындар қабылданбайды. Бақылау жүйесiнiң параметрлерiн анықтау үшiн тәжiрибелiк-әдiстемелiк жұмыстар нәтижелерi және априорлық негiзде теориялық годографтар тұрғызылады.

Жоғарыда айтылған шағылған толқындар әдiсiнде бiр учаске аумағында әр түрлi шекаралардан шағылған толқындарды тiркестiруге болатыны айттық. Ал, сынған толқындар әдiсiнде, әр түрлi шекаралардан сынған толқындарды жарылыс пунктiнен белгiлi бiр қашықтықтан бастап қана (әр толқын үшiн әртүрлi қашықтық) тiркеуге болады. Сондықтан да, әр сынған толқынды тiркеу үшiн өзiнше бақылау жүйесi қажет.

Сыну шекарасын тұрғызу үшiн, мiндеттi түрде, бiр шекарадан сынған толқындардың қарама-қарсы (встречные) годографтары тұрғызылуы қажет. Мұндай  $O_1$  және  $O_2$  жарылыс пункттерiнен қоздырылып,  $K_1K_2$  учаскесiнен сынған толқындардың годографтары  $\Gamma_1$  және  $\Gamma_2$  5.23-суретте тұтас сызықтармен көрсетiлген.

Екi қарама-қарсы годографтардың бiрi, әдетте, профильмен тiке бағытталған *тура* деп, ал керiсiнше бағытталған – *керi годограф* деп аталады. А және Б өзара нүктелердегi годографтардың уақыттарының теңдiгi, олардың бiр шекарамен байланыстылығын бiлдiредi.



5.23-сурет

Сынған толқындар әдiсiндегi бақылау жүйесiнiң схемасы

Қарама-қарсы годографтар жүйесі сыну шекараларын үздіксіз бақылауға мүмкіндік бермейді, өйткені  $K_2K_3$  сыяқты учәскелер көпшілік жағдайда бақылаусыз қалады.

Сыну шекарасын үздіксіз бақылау үшін, міндетті түрде, көршілес жүйелер көмегімен тұрғызылған тура және кері годографтар бір-бірімен шектесіп қана қоймай, олар бір-бірін жауып жату керек. Осындай бір мысал 5.23-суретте пунктир сызығымен көрсетілген.  $\Gamma_2$  годографы  $\Gamma^{11}_2$  годографын жауып тұр, ал  $\Gamma^{III}_2$  годографы  $\Gamma^1_2$  годографын жабууда. Бір-бірін жапқан годографтар, мәселен  $\Gamma_2$  және  $\Gamma^{11}_2$ , *ілескен (нагоняющий) годографтар* деп аталады ( $\Gamma_2$ -ілескен,  $\Gamma^{11}_2$ -ілестіруші немесе алдыңғы годограф деп аталады). Мұндай жүйенің жалпы аты – қарама-қарсы ілескен годографтардың жүйесі деп аталады. Бір шекарадан тұрғызылған ілескен годографтардың бір-бірімен параллель болуы, сынған толқындардың қайсыбір жарылыс пунктiнен қоздырылған болмасын, сыну шекарасынан ерекше бұрышпен (толық ішкі сыну бұрышы) сынғанын білдіреді.

Кейбір кезде, әсіресе, сейсмикалық шекаралар жатық немесе жер бетіне жақын орналасса, ілескен годографсыз, тек қана қарама-қарсы годографтар жүйелері қолданылуы мүмкін. Бұл жағдайларда табылған шекараларды өзара пунктир сызықтар арқылы қосуға болады.

### **Бақылау сұрақтары:**

1. Годограф дегеніміз не?
2. Кері годограф дегеніміз не?
3. Ілескен годографтар.

### ***Сабақ 56 (тәжірибе)***

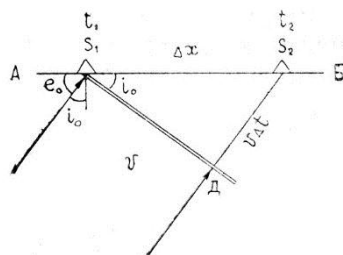
#### **Сейсмикалық толқындардың годографтары туралы түсінік**

##### *Жоспар:*

1. Годографтарды тұрғызу.
2. Тура және беткейлік толқындар годографтарының теңдеулері

Сейсмикалық толқындар жербетінде (профиль бойында) орналасқан сейсмоқабылдағыштар көмегімен тіркеледі. Толқындардың сейсмоқабылдағышқа жету уақыттары жер қойнауындағы беткейлердің тереңдігіне, қоздыру және қабылдау пункттерінің бір-бірінен ара қашықтығына және толқынның таралу жылдамдығына тікелей байланысты. Толқынның қоздыру пунктiнен қабылдау пунктiне дейінгі жету уақыты ( $t$ ) мен олардың ара қашықтығы ( $x$ ) арасындағы байланысты бейнелейтін графикті *годограф* деп атайды. График координаталарының бастапқы нүктесі (0) қоздыру (жарылыс) пунктiне сәйкес келеді.

Годографпен толқынның көрінерлік таралу жалдамдығы атаулы түсінік тікелей байланысты. Толқынның жазық алғы шебі жер бетінде (АВ профилі бойымен)  $S_1$  және  $S_2$  нүктелерінде әр түрлі уақытта тіркеледі (5.14-сурет). Егер  $S_1$  пунктіне толқынның алғы шебі  $t_1$  уақытында жетті десек,  $S_2$  пунктіне ол  $t_2 = t_1 + \Delta t$  уақытында жетеді.



5.14-сурет

Толқынның көрінерлік жылдамдығын түсіндіру мысалы

Графиктен толқынның нақты таралу жылдамдығы  $\frac{\Delta x}{\Delta t}$  қатынасына тең деп ойлап қалуға болады. Бұл жылдамдық толқынның нақты таралу жылдамдығы емес, оның көрінерлік жылдамдығы ( $V^*$ ), яғни толқынның алғы шебінің профиль бойымен таралу жылдамдығы

$$V^* = \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad (5.3)$$

Егер, толқын сәулесі мен бақылау сызығының (профильдің) арасындағы бұрышты  $e_0$  деп, ал толқынның алғы шебі мен бақылау сызығының аралығындағы бұрышты  $i_0$  деп алсақ, онда  $S_1DS_2$  тікбұрышты үшбұрышынан мынаны табамыз

$$\text{Sini}_0 = \frac{DS_2}{\Delta X} = \frac{V(t_2 - t_1)}{\Delta X} = \frac{V\Delta t}{\Delta X} \quad (5.4)$$

5.4-формуласын еске ала отырып

$$V^* = \frac{V}{\text{Sini}_0} = \frac{V}{\cos e_0} \quad (5.5)$$

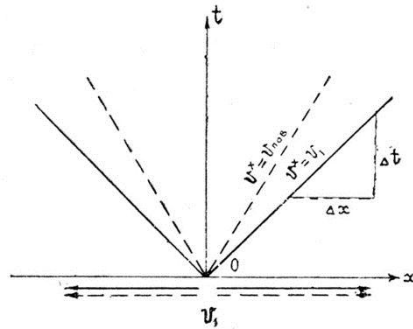
Табылған 5.5-формуласы көрінерлік жылдамдық туралы заңдылықты бейнелейді.

5.14-суретінен  $e_0$  бұрышының мөлшеріне байланысты көрінерлік жылдамдық кең алқапта өзгеретінін көреміз (толқынның нақты таралу жылдамдық мәнінен бастап  $\infty$ -ке дейінгі аралықта). Егер толқын сәулесінің таралу бағыты бақылау сызығымен сәйкес келсе ( $e_0=0$ ), онда көрінерлік  $V^*$  нақты жылдамдыққа тең, яғни  $V^*=V$ .

*Тура және беткейлік толқындар годографтарының теңдеулері*

Аталмыш толқындар годографтарының түрлері мен теңдеулері бірдей, өйткені олардың таралу жолдары (жарылыс пунктінен қабылдау пунктіне қарай профиль бойымен) бірдей (5.15-сурет).





5.15-сурет

Тура және беткейлік толқындар годографтары  
(беткейлік толқын сәулелері мен годографы пунктир  
сызығымен бейнеленген)

Тура толқынның таралу уақыты

$$t = \frac{X}{V_1} \quad (5.6)$$

$X$  – қоздыру және қабылдау пункттерінің ара қашықтығы,  $V_1$  – тура толқынның таралу жылдамдығы.

(5.6) формуласы тура толқынның теңдеуі деп аталады, оның годографы 5.15-суреттегідей координаталар бастапқы нүктесінен таралған екі тармақтан тұратын түзу сызық кесінділері. Годографтың бұрыштық коэффициенті арқылы толқынның көрінерлік жылдамдығын  $V^*$  анықтауға болады. Толқын сәулесінің таралу бағыты бақылау сызығымен бірдей болған кезде ( $e_0=0$ ) толқынның көрінерлік жылдамдығы нақты жылдамдыққа тең, яғни  $V^*=V$ . Беткейлік толқын годографының теңдеуіне келсек, ол 5.6 – формуласымен бірдей, айырмашылығы тек қана  $V_1$  бұл жолы беткейлік толқынның жылдамдығына тең. Ал, оның годографы тура толқынға қарағанда әлдеқайда тік болады, өйткені оның таралу жылдамдығы тура толқынға қарағанда аз.

#### Бақылау сұрақтары:

1. Годограф дегеніміз не?
2. Годографтарды тұрғызу.
3. Тура және беткейлік толқындар годографтарының теңдеулері

#### Сабақ 57 (тәжірибе)

#### Шағылған толқындар годографының теңдеуі

#### Сынған толқындар годографының теңдеуі

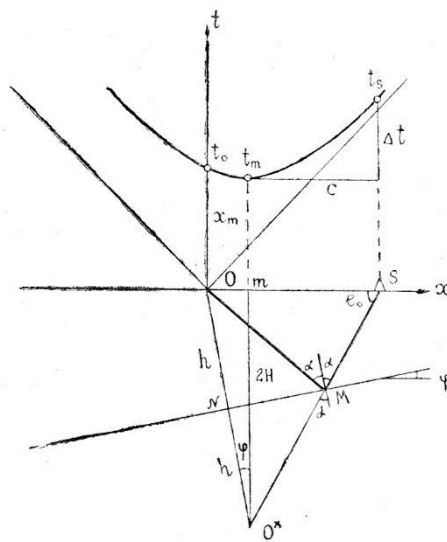
#### Жоспар:

1. Шағылған толқындар годографтарының теңдеуі.
2. Сынған толқындар годографының теңдеуі

Шағылған толқын теңдеуін табу үшін жарылыс пунктінен шағылу беткейіне дейінгі тереңдікті (нормаль бойымен)  $h$ -деп белгілеп,  $S$  арқылы

координатасы  $x$  бақылау пунктін белгілейік (5.16-сурет). Шағылған толқынның  $O$  нүктесінен  $S$ -ке дейінгі таралу уақыты ( $OMS$  жолымен)

$$t = \frac{OM + MS}{V} \quad (5.7)$$



5.16-сурет

### Шағылған толқын годографы

Суреттегі  $MS$  және  $ON$  кесінділерін  $O^*$  пунктінде өзара қиылысқанша созып, екі тікбұрышты үшбұрышты табамыз ( $ONM$  және  $O^*MN$ ). Олар бір-біріне тең, өйткені  $OMN$  бұрышы =  $O^*MN$  бұрышына =  $90^\circ - \alpha$ .

$OM$  және  $MO^*$  кесінділері өзара тең, сондықтан  $OMS$  сынық сызығын (ломанная)  $O^*S$  түзуімен алмастыруға болады, яғни толқын  $O$  пунктінен емес  $O^*$  нүктесінен таралды деп қараймыз ( $O^*$  - жорымал жарылыс пункті). Олай болса, 5.7-формуласын басқа түрде жазуға болады

$$t = \frac{O^*S}{V}$$

$$O^*S = \sqrt{(X - X_m)^2 + 4H^2}$$

$X_m$  –  $O^*$  нүктесінен түсірілген перпендикулярдің бақылау сызығымен қиылысқан нүктесінің координатасы,  $2H$  –  $O^*m$  перпендикулярінің ұзындығы.

Шағылған толқын годографының теңдеуі

$$t = \frac{1}{V} \sqrt{(X - X_m)^2 + 4H^2} \quad (5.8)$$

(5.8) формуласын түрлендіру арқасында шағылған толқын годографының теңдеуін төмендегідей жазуға болады:

$$\frac{t^2 V^2}{4H^2} - \frac{(X - X_m)^2}{4H^2} = 1 \quad (5.9)$$

Бұл формула гипербола фигурасының теңдеуі, олай болса шағылған толқын годографы минимумы  $m$  нүктесіндегі гипербола фигурасымен бірдей. Уақыт өсіндегі годограф кесіндісі

$$t_0 = \frac{OO^*}{V} = \frac{2h}{V} \quad (5.10)$$

$V$  – жабынды қабаттағы толқынның таралу жылдамдығы.

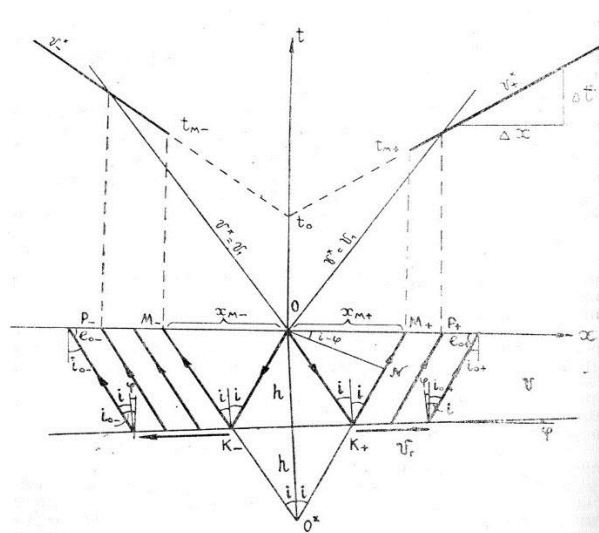
Сонымен іс жүзінде, годограф тұрғызылғаннан кейін  $t_0$  уақытын анықтап,  $V$  жылдамдығы белгілі болған жағдайда шағылған беткейдің тереңдігін төмендегі формула арқылы анықтауға болады

$$h = \frac{Vt_0}{2}$$

### Сынған толқындар годографының теңдеуі

5.17-суретте шекаралық жылдамдығы  $V_\Gamma$ , жабынды қабаттағы толқын жылдамдығы  $V$ , тереңдігі  $h$  (нормаль бойымен) сыну беткейі көрсетілген. Сыну беткейіндегі нүктелерді (ерекше бұрышқа сәйкес келетін)  $K_+$  және  $K_-$  (+ бектейдің жоғары көтерілген бөлігі, - беткейдің төмен қарай бағытталған бөлігі), сынған толқындардың жер бетіне алғашқы шыққан нүктелерін  $M_+$ ,  $M_-$  және оларға сынған толқындардың жету уақыттарын  $t_{m+}$ ,  $t_{m-}$  ( $t_{m-} > t_{m+}$ ), сынған толқындар білінбейтін белдемді  $x_{m+}$ ,  $x_{m-}$  деп белгілейік. Онда 5.5 формуласына сәйкес көрінерлік жылдамдық

$$V_{*+}^* = \frac{V}{\text{Sin } i_{0+}} \quad (5.12)$$



5.17-сурет

Сынған толқындар годографы

Егер  $i_0 = i - \phi$  екенін еске алсақ, онда 5.12 формуласы төмендегідей түрде жазылады

$$V^*_{+} = \frac{V}{\sin(i - \phi)} \quad (5.13)$$

$i$ -ерекше бұрыш,  $i = \arcsin V/V_{\Gamma}$ ,  $\phi$  - беткейдің еңкіш бұрышы.

$$V^*_{-} = \frac{V}{\sin(i + \phi)} \quad (5.14)$$

Егер сыну беткейі көлденең болса ( $\phi=0$ ), онда 5.13 және 5.14 формулаларынан  $V^*_{+} = V^*_{-} = V_{\Gamma}$ , ал, сыну шекарасы көлденең болмаған жағдайда  $V^*_{-} < V_{\Gamma} < V^*_{+}$ .

Сынған толқынның жер бетіне алғашқы шығу координаталары  $x_m$ ,  $t_m$  және толқынның көрінерлік таралу жылдамдығы белгілі болса, сынған толқындар годографы теңдеуін бұрыштық коэффициенттері белгілі түзудің теңдеуі арқылы өрнектеуге болады:

$$\frac{X - X_m}{t - t_m} = \frac{\Delta X}{\Delta t} = V^* \quad (5.15)$$

Шекара беткейдің жоғары көтерілген бөлігі үшін 5.15 формуласы

$$t = t_M + \frac{X - X_{M+}}{V^*_{+}}$$

5.13 формуласындағы  $V^*_{+}$  орнына қойып

$$t = t_M + \frac{X \sin(i - \phi)}{V} - \frac{X_M + \sin(i - \phi)}{V}$$

$$t = \frac{1}{V} [V t_{M+} - X_{M+} \sin(i - \phi)] + \frac{X \sin(i - \phi)}{V} \quad (5.16)$$

Сынған толқын годографын соңғы түрде жазу үшін 5.17 суретке көңіл аударайық. Сынған толқындар жолы  $OK_+M_+$  және  $OK.M$  шағылған толқындар жолымен сәйкес келеді. Өйткені,  $K_+$  және  $K$  ерекше пункттерде сәулелердің түсу және шығу бұрыштары бірдей. Олай болса,  $OK_+M_+$  және  $OK.M$  сынық жолдарын  $O^*$  жорымал жарылыс пунктінен шығатын түзу кесінділермен алмастыруға болады.

Енді,  $O$  жарылыс пунктінен  $O^*M_+$  сәулесіне нормаль түсірейік.  $OM_+N$  тікбұрышты үшбұрышының  $NOM_+$  бұрышы ( $i - \phi$ ) - ге тең, ал үшбұрыштың  $NM_+$  қабырғасы  $X_{M+} \sin(i - \phi)$  - ге тең.  $O^*M_+$  сәулесінің ұзындығы  $V t_{M+}$  - ге тең болғандықтан 5.16 формуласындағы квадраттық жақшаның мәні  $O^*ON$  тікбұрышты үшбұрыштың  $O^*N$  катетіне тең. Олай болса  $O^*N$ -ді  $2h \cos i$  - мен ауыстырып, беткейдің көтерілу бөлігіне сәйкес сынған толқындар годографының теңдеуін жазамыз

$$t = \frac{X}{V} \sin(i - \phi) + \frac{2h}{V} \cos i \quad (5.17a)$$

Беткейдің екінші бөлігі үшін

$$t = \frac{X}{V} \sin(i + \phi) + \frac{2h}{V} \cos i \quad (5.17b)$$

Егер сыну беткейі көлденең болған жағдайда

$$t = \frac{X}{V_r} + \frac{2h}{V} \cos i \quad (5.17b)$$

Сонымен, сыну беткейі еңкіш болған жағдайда, сынған толқындар годографы теңдеуі еңкіштігі әр түрлі екі тармақтан тұратын түзу кесінділермен бейнеленеді, яғни

$$t_0 = \frac{2h}{V} \cos i \quad (5.18)$$

Егер сыну беткейі көлденең болса, годографтағы тарамдардың бұрыштары бірдей болып, кесінділер түзу сызыққа ауысады.

5.17 суретте жер бетіндегі М нүктесіне дейін тек қана тура толқындар тіркеледі. М нүктесінен бастап сейсмоқабылдағышқа тура толқындармен қатар сынған толқындар да тіркеледі. Профильдің МР аралығы «көмескі» белдем («слепая» зона) деп аталып, мұнда сынған толқындар тура толқындардан кейін тіркеледі. Р нүктесінде тура және сынған толқындардың жету уақыттары теңесіп, әрі қарай сынған толқындар алдымен тіркеледі.

### **Бақылау сұрақтары:**

1. Шағылған толқын дегеніміз не?
2. Сынған толқын дегеніміз не?
3. Годограф дегеніміз не?

### **Сабақ 58**

#### **Сейсмикалық материалды талдау (интерпретациялау)**

##### Жоспар:

1. Сейсмограмманы бастапқы өңдеу, толқындарды бөлу және корреляциялау
2. Годографтарды тұрғызу
3. Толқындардың орташа және тиімді таралу жылдамдықтарын анықтау

Сейсмикалық мағлұматтарды талдау бірнеше кезеңдерден тұрады: сейсмограмманы бастапқы (алғашқы) өңдеу, тіркелеген толқындарды бөліп белгілеу және корреляциялау (толқын фазаларын қатар трассалардан табу), толқындар годографтарын тұрғызу және оған түзетулер енгізу. Профиль

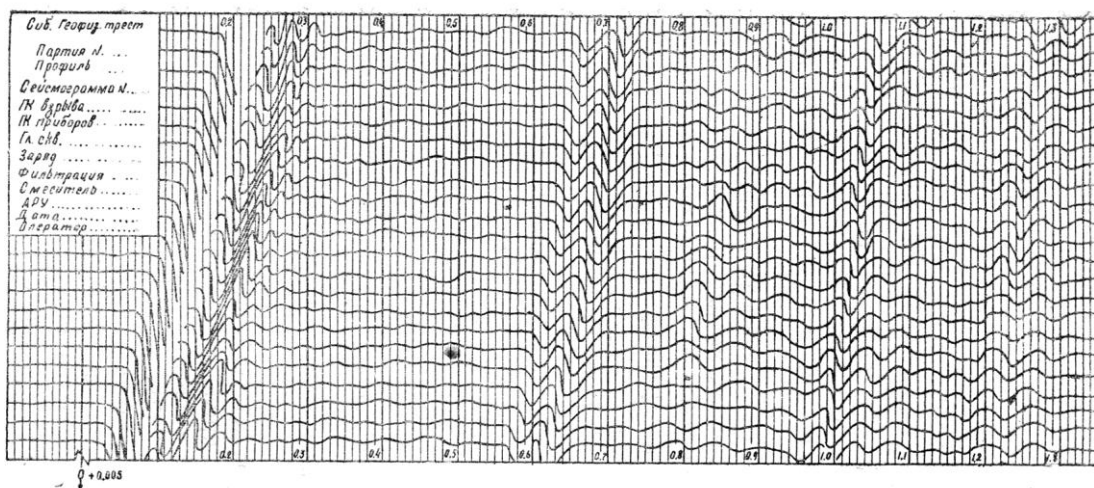
бойымен сейсмикалық қималар және табылған шекаралар бойынша құрылымдық карталар тұрғызу талдаудың соңғы кезеңі болып саналады. Аталмыш жұмыстардың көбісі, қазірде, автоматтандырылған, олар компьютер көмегімен орындалады. Төменде, сейсмикалық материалды кейінгі кезге дейін үйренген әдіспен өңдеу процесі келтірілген.

*Сейсмограмманы бастапқы өңдеу,  
толқындарды бөлу және корреляциялау*

5.25-суретте көрсетілген сейсмограмманың сол жағына оның қалай алынғанын сипаттайтын штамп қойылады: жарылыс пунктiнiң пикетi, сейсмоқабылдағыштардың екі шеткі орналасу пикеттері, жарылыс тереңдігі, заряд мөлшері, сейсмикалық станцияның жұмыс істеу режимі (тәртібі). Әрбір жазылу трассасының үстіне (трасса - гальванометрдің жазылу сызығы) сейсмоқабылдағыштың орналасқан пикеті көрсетіледі. Әрі қарай сейсмограмманы таңбалау (маркировка) басталады. Алдымен, сейсмограммада жарылыс болған уақыт (жарылыс моменті) табылып, оған жақын оң жағындағы уақыт маркасы 0-ге тең деп алынады (нольдік марка). Әрбір екінші маркаға нүкте қойылып, әрбір оныншыға - уақыт жазылады (секундтың оннан бірі дәлдігімен). Нольдік марка жанына жарылыс моменті үшін түзетудің (нольдік маркамен жарылыс моменті арасындағы кесіндінің уақытпен өлшеміне тең) мәні жазылады.

Аталған техникалық операциялардан кейін, сейсмограммада тіркелген толқындарды тауып белгілеп, оларды басқа трассалардан іздеуге кіріседі. Мұндай жұмысты, көпшілік жағдайда, тәжірибелі интерпретатор-мамандар істейді.

5.25-суретте келтірілген сейсмограммада тіркелген толқындар көрсетілген. Алғашқы тіркелеген толқындар гальванометрдің тыныш қалпынан жоғары немесе төмен күрт өзгерісімен сипатталады. Толқынның әрбір трассадағы осы күрт өзгерген уақыты, сол сейсмоқабылдағышқа толқынның жету уақыты болып саналады.



5.25-сурет  
Сейсмограмманың сыртқы түрі

Алғашқы толқындардан кейін сейсмоқабылдағышқа басқа да толқындар келіп жетеді. Олардың жету уақытын белгілеу оңайға түспейді, өйткені алғашқы толқындардың тербелісі аяқталмай келесі толқындар соның үстіне қабаттасып жазылады. Сондықтан, кейінгі толқындарды белгілеу, әдетте олардың экстремумдарының бірі (максимум немесе минимум) арқылы белгіленеді. Осы белгіленген экстремумдарды басқа трассалардан тауып сәйкестеуді толқындарды *корреляциялау* деп атайды.

Сонымен, сейсмограммада толқындардың немесе олардың фазаларының жету уақыттарын анықтап, жарылыс уақыты үшін түзету енгізгеннен кейін, әрбір сейсмоқабылдағышқа жеткен толқындардың уақыты табылып, сейсмограммаға жазылады.

### *Годографтарды тұрғызу*

Толқындардың қабылдау пункттеріне (сейсмоқабылдағыштарға) жету уақыттарын анықтағаннан кейін годографтар тұрғызылады (*годограф*– сейсмограммада жазылған толқындардың жарылыс пунктінен сейсмоқабылдағыштарға дейінгі таралу уақытының ара қашықтығымен байланысын көрсететін график. Годограф график түрінде  $t$  (уақыт) және  $x$  (ара қашықтық) координаталар өстерінде тұрғызылады. Координаталар өсінің бастапқы нүктесі жарылыс пунктінен сәйкес келеді. Толқынның әрбір түріне – беткейлік, тура, шағылған, сынған - өзіне тән годографтары бар). Годографтың масштабтары: шағылған толқындар үшін – уақыт өсімен  $1 \text{ см} = 0,02 \text{ сек}$ , ара қашықтық өсімен  $1 \text{ см} = 100 \text{ м}$ ; сынған толқындар үшін –  $1 \text{ см} = 0,01-0,1 \text{ сек}$  және  $1 \text{ см} = 10-20 \text{ см}$  (зерттелетін тереңдікке және уақыт мөлшеріне қарай).

Годографтің нүктелері бір-бірімен қисық сызықтар арқылы қосылады. Өзара сәйкес келетін нүктелердің уақыт мәндерінің айырмашылығы  $+0,005 \text{ с}$ -тан артық болмауы керек. Әр түрлі себептерге байланысты, мәселен, профиль бойының бедері немесе жылдамдығы баяу белдемдердің қалыңдығына (бұл белдемде толқындар жылдамдығы баяу болғандықтан, олар арқылы тарайтын толқындар сейсмоқабылдағышқа кейінірек жетеді) годографтағы нүктелерді қосқанда оның түрі өзгеруі мүмкін. Осындай жағдайларда, алдын-ала аталмыш өзгерістер үшін түзетулер енгізілуі қажет.

### *Толқындардың орташа және тиімді таралу жылдамдықтарын анықтау*

Шағылған және сынған толқындар годографтары арқылы сол ауданның сейсмикалық қимасын табу үшін шағылу немесе сыну шекараларының үстіңгі қабатындағы толқындардың орташа таралу жылдамдығын білу қажет. Бұл мәліметті сейсмокаратаж көмегімен немесе шағылған толқындар годографтары арқылы табуға болады.

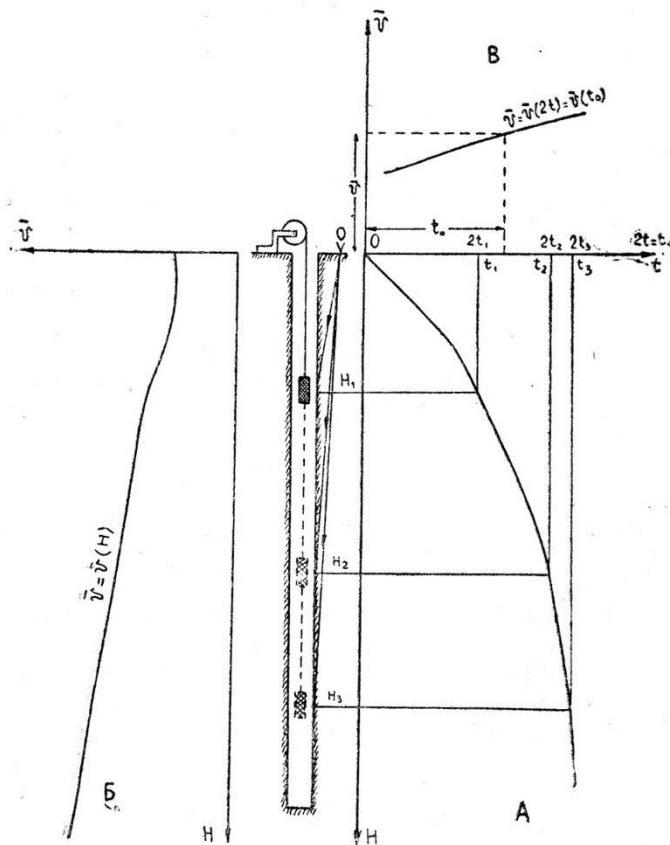
Ұңғымада жүргізілетін сейсмокаратаж зерттеулері толқынның орташа жылдамдығын табудың ең нақты жолы. Ол үшін зерттелетін ауданда терең бұрғылау ұңғымасы болуы керек. Егер ол болмаған жағдайда, орташа

жылдамдық жайлы деректерді шағылған толқындар годографтары арқылы алуға болады.

а) *Толқындардың орташа жылдамдығын сейсмокаратаж* әдісімен анықтау үшін сейсмоқабылдағыштар ұңғыма бойымен (жоғарыдан төмен қарай) белгілі тұрақты интервалмен орналастырылады ( $H_1, H_2, H_3 \dots$ ). Әрбір сейсмоқабылдағышқа ұңғыма ернеуінде орналасқан жарылыс пунктiнен таралған толқындар  $t_1, t_2, t_3 \dots$  уақыттарында жетеді. Сонан кейін  $t_i = f(H_i)$  графигі яғни тік (вертикаль) годографы тұрғызылады (5.26-сурет). Осы годограф арқылы орташа жылдамдық төмендегі формула арқылы есептелінеді.

$$\bar{v} = \frac{H_i}{t_i} \quad (5.20)$$

Әрі қарай табылған орташа жылдамдықтың тереңдікпен байланысын сипаттайтын  $\bar{v} = f(H_i)$  графигі тұрғызылады. Есептеліп анықталған орташа жылдамдық пен толқынның екі еселенген жету уақыты ( $2t$ ) арасындағы тәуелдікті сипаттайтын график тұрғызылады (бұл уақыт годографтың уақыт өсін кесіп өткен  $t_0$  уақытына тең, өйткені  $2t$  және  $t_0$  шағылған толқынның жарылыс пунктiнен шағылу шекарасына және онан кері қайту уақытына тең). Міне, осылай тұрғызылған қисық сызықтар годографтары арқылы (шағылған және сынған толқындар үшін) толқынның орташа жылдамдығын табуға болады.





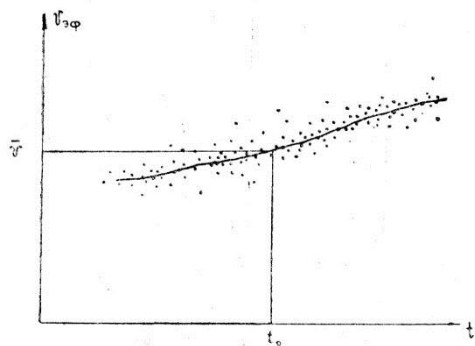
## 5.26-сурет

Сейсмокаратаж материалын өңдеу. А –тік (вертикаль) годограф;  
 Б-орташа жылдамдықтың тереңдікке байланысы; В-орташа жылдамдықтың  
 толқынның екі еселенген жету уақытымен  
 байланысы  $\bar{V} = \bar{V}(2t) = \bar{V}(t_0)$

*б) Толқынның орташа жылдамдығын шағылған толқындар годографтары* арқылы анықтау. Жоғарыда, шағылған толқындардың годографтары арқылы шағылу шекарасының үстіңгі қабатының орташа жылдамдығын анықтауға болатынын айтқанбыз. Бірақ та, бұл таза орташа жылдамдық емес, өйткені жоғары қабатты құрайтын орта біркелкі емес (әр түрлі қабатшалардан тұрады, сондықтан сейсмикалық сәуле түзу сызық емес қисық сызық жолымен таралады) және де годографтарды тұрғызу барысында жіберілген әр түрлі бұрмалаушы қателер (профиль бедері және жылдамдығы баяу белдемдер үшін толық түзету енгізбеу, шағылу шекарасының таза горизонталь болмауы, годографты тұрғызуда жіберілген қателер және с.с) жіберіледі. Сондықтан, шағылған толқындар годографтары арқылы анықталған жылдамдық орташа емес, тиімді (эффективная) жылдамдық ( $V_{эф}$ ) деп аталады.

Әдетте, шағылу шекарасын алдын-ала тұрғызып байқағанда  $V_{эф}$  жылдамдығын пайдаланалуға болады, бірақта қорытынды тұрғызуда міндетті түрде орташа жылдамдық  $V_{ср}$  пайдаланылуы керек. Ол үшін анықталған барлық  $V_{эф}$  жылдамдықтар мәндері орташаланылып,  $V_{ср}$  анықталуы қажет. Бұл процесс төмендегідей жолмен жүргізіледі.

Әрбір шағылған толқындар годографы арқылы анықталған  $V_{эф}$  мәні бойынша  $V_{эф}$  және  $t_0$  координаталарында график салынады ( $t_0$ - годографтың уақыт өсін кесіп өткен уақытына тең). Әдетте, тұрғызылған графикте бұл нүктелер өзінше азды-көпті алқапты алып жатады, сол нүктелер арқылы орташа түзу сызық жүргізіліп, ол орташа жылдамдықтың  $t_0$  уақытымен байланысын білдіреді. 5.26-суретте келтірілген сейсмокаратаж әдісіндегі  $V_{ср} = f(t_0)$  графигі сияқты, 5.27-суреттен  $V_{ср}$  жылдамдығын табуға болады.



5.27-сурет

$V_{ср} = V_{ср}(t_0)$  функциясын анықтау үшін  
 $V_{эф}$  жылдамдық мәндерін орташалау

Ал, шағылған толқындар годографтары арқылы тиімді жылдамдықты ( $V_{эф}$ ) анықтау үшін бірнеше тәсілдер бар. Енді солардың біріне тоқталайық.

$V_{эф}$  жылдамдығын тұрақты айырым (постоянной разности) арқылы анықтау. Бұл әдістің мағынасы мынада: профиль бойымен бір-бірінен  $m$  қашықта орналасқан корординаталары  $x$  және  $x+m$  екі нүкте аламыз (5.28a –суреті). Бұл нүктелер үшін годограф теңдеуі

$$V^2 t_1^2 = (x - x_m)^2 + 4H^2 \quad (5.21)$$

$$V^2 t_2^2 = [(x + m) - x_m]^2 + 4H^2 \quad (5.22)$$

Екінші теңдеу (5.22) мен бірінші (5.21) теңдеудің айырымы

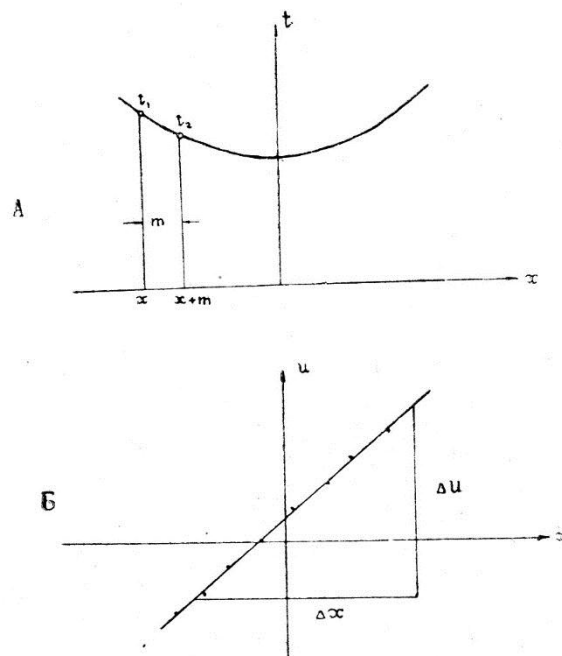
$$V^2 (t_2^2 - t_1^2) = 2xm + m^2 - 2mx_m \quad (5.23)$$

$U = t_2^2 - t_1^2$  белгілеу арқылы, түзу сызық теңдеуін табамыз

$$U = \frac{2xm}{V^2} + \frac{m^2 - 2mx_m}{V^2} \quad (5.24)$$

5.24 теңдеуін  $x$  –пен дифференциалдау нәтижесінде  $V_{эф}$  жылдамдығын анықтау үшін пайдаланылатын формуланы табамыз

$$U_{aa} = \sqrt{2m \frac{\Delta x}{\Delta u}} \quad (5.25)$$



5.28-сурет

$V_{эф}$  жылдамдығын шағылған толқындар годографы арқылы тұрақты айырым тәсілімен анықтау

Іс жүзінде, годографта бір-бірінен тұрақты  $m$  қашықтықта орналасқан екі нүкте табамыз. Әрбір екі пар нүктелер үшін  $t_1$  және  $t_2$  уақыттары анықталып, келесі кестеге жазылады

X	$t_1$	$t_2$	$t_1^2$	$t_2^2$	$U = t_2^2 - t_1^2$
---	-------	-------	---------	---------	---------------------

Әдетте, пар нүктелер 50-100 м аралықта алынып, ал  $m$  мәні шамамен 150-300 м-ге тең. Есептелінген  $U$  мәндері 5.28б-суреттегі сыяқты  $x$ ,  $U$  координаталарында тұрғызылып, табылған нүктелер арқылы орташа түзу сызық жүргізіледі. Түзудің бұрыштық коэффициенті  $\frac{\Delta X}{\Delta Y}$  анықталып, 5.25 формула арқылы  $V_{эф}$  жылдамдығының мәні табылады.

### Бақылау сұрақтары:

1. Сейсмограмма дегеніміз не?
2. Годографтар тұрғызу.
3. Толқындардың орташа және тиімді таралу жылдамдықтарын анықтау

### Сабақ 59

#### Сейсмикалық барлау әдісінің нәтижелерін дайындау

##### Жоспар:

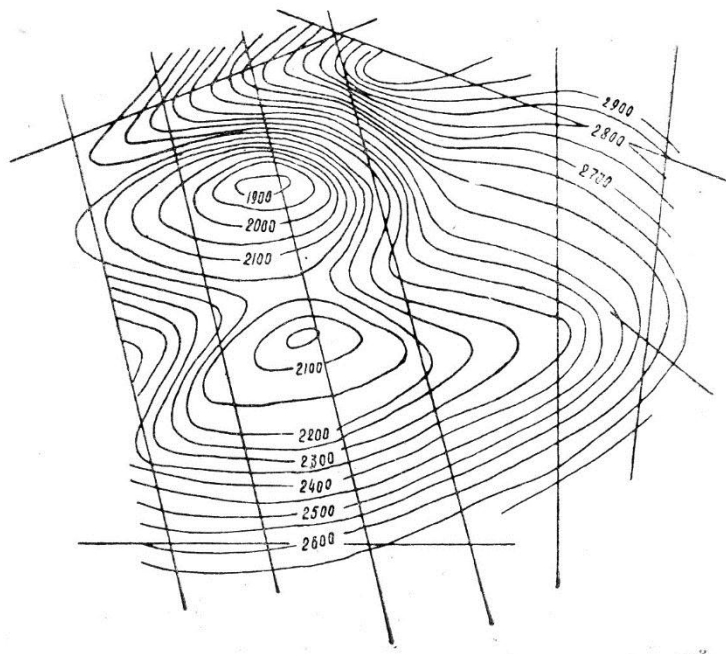
1. Сейсмикалық профильдер тұрғызу.
2. Изогипс сызықтары.

Сейсмобарлау нәтижелері сейсмикалық профильдер (қималар) және құрылымдық карталар (схемалар) түрінде дайындалады.

*Сейсмикалық профильдер (қималар) тұрғызу.* Әрбір шағылған толқын годографы немесе парланған сынған толқындар годографтары көмегімен шағылу немесе сыну шекаралары тұрғызылып, олар бір-бірімен қосылып, сейсмикалық профиль немесе сейсмикалық қима құрайды.

Сейсмикалық шекараларды тұрғызу барысында, кейбір кездерде,  $MOB$  әдісінде бір-бірімен түйіспейтін жеке шағылу шекаралары (шағылу алаңдары) тұрғызылуы мүмкін. Егер мұндай шекаралар көпшілік болса, онда оларға параллель шартты горизонт (шекара) жүргізіледі. Мұндай горизонттар сол ортаның құрылымы жайлы жалпы мәліметтер береді. 5.32-суретте осындай мысалдың бір түрі келтірілген (I-сынған толқындар әдісімен тұрғызылған шекара; II-шартты горизонт).

Сейсмикалық профильдерді (қималарды) пайдалана отырып, сол ауданның құрылымдық картасы немесе схемасы жасалынады. Олар, бір немесе бірнеше шартты горизонттар үшін жасалуы мүмкін. Карталардың (схемалардың) масштабтары, әдетте, 1:50 000, 1:100 000, 1:200 000-ге тең болады. Изогипс сызықтары 20-100 м-ден жүргізіледі. 5.33-суретте осындай картаның бір түрі келтірілген.



5.33-сурет

Сейсмосбарлау нәтижесінде тұрғызылған құрылымдық карта

### Бақылау жұмысы:

1. Сейсмикалық профиль
2. Изогипс дегеніміз не?
3. Құрылымдық карта құру.

### Сабақ 60-61 (тәжірибе)

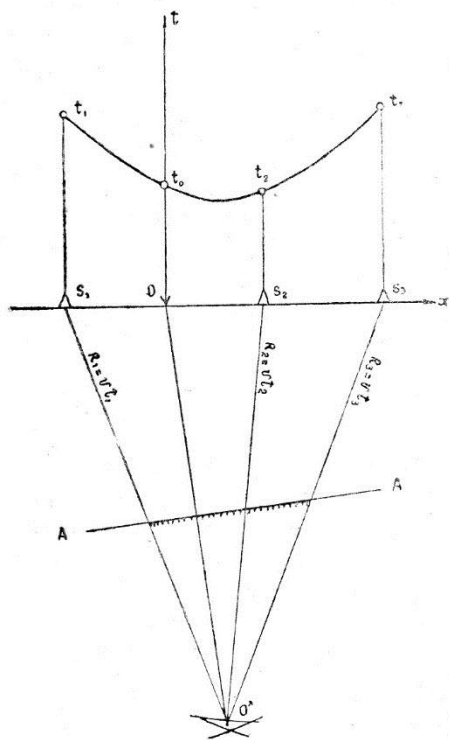
#### Шағылу және сыну шекараларын тұрғызу

Орташа жылдамдықтың мәні анықталғаннан кейін шағылу және сыну шекараларын тұрғызуға болады. Әдетте, сейсмикалық қималар миллиметрлік қағазға 1:10 000, 1:20 000, 1:25 000 масштабтарда тұрғызылады (горизонталь және вертикаль масштабтары бірдей).

Годограф арқылы анықталатын шағылу немесе сыну шекараларына дейінгі тереңдік нормаль бойымен есептелінеді, сондықтан тұрғызылатын сейсмикалық қима вертикаль қимаға жатпайды. Өйткені, ол профиль бойымен сейсмикалық шекараға нормаль арқылы өтетін жазықтықта жатыр. Ал егер, профиль сейсмикалық шекараға көлденең (вкрест) орналасса, сонда ғана ол вертикаль қима болып саналады.

*Шағылу шекарасын тұрғызу үшін керту (засечка) және эллипстер тәсілдері пайдыналады*

Керту әдісі арқылы шекараны тұрғызу үшін профиль бойындағы біркелкі орналасқан 3-5 бақылау пункттерінен (5.29-сурет) радиустары  $R_i = V_{cp} t_i$  шеңбер доғалары жүргізіледі. Егер орташа жылдамдық  $V_{cp}$  дұрыс анықталған болса, шеңбердің доғалары бір нүктеде – жорымал (мнимый) жарылыс пунктінде



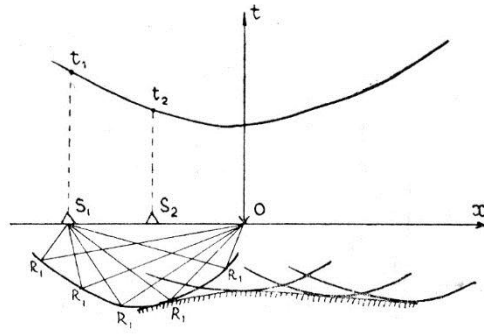
5.29-сурет

Керту (засечка) тәсілімен тұрғызылған шағылу шекарасы

қиылысқан болар еді. Әдетте, нүкте орнына шеңбер доғалары үшбұрыш немесе көп бұрыш құрап, оның центрі  $O^*$  деп алынады.  $O^*$  және  $O$  нүктелерін бір-бірімен қосып, оның ортасынан перпендикуляр тұрғызылады. Осы перпендикулярдың  $O^*S_1$  және  $O^*S_3$  сәулелерінің арасындағы кесіндісі ( $O^*$  нүктесінен профильдің шеткі нүктелеріне жүргізілген сызықтар арасы), годограф тұрғызылған шағылу шекарасы болып саналады.

*Эллипстер тәсілі*, әдетте, қисық сызықты әсіресе дөңес шекараларды тұрғызу үшін пайдаланылады. Толқынның  $S_1$  бақылау пунктіне жету уақытын және үстіңгі қабаттағы орташа жылдамдығын біле отырып, толқынның жарылыс пунктінен бақылау пунктіне дейінгі аралықта таралған жолын оңай табуға болады:  $L_1 = V_{cp} t_1$ .

$L_1$  жолы екі кесіндіден тұрады: түскен (падающая) толқын жолы мен шағылған толқын жолы. Олай болса,  $R_1$  шағылу нүктесі, фокусы  $O$  жарылыс пункті және  $S_1$  қабылдау пункті болатын, эллипс доғасының бойында жатады (5.29-сурет).  $O$  және  $S_1$  нүктелері арқылы эллипсті тұрғызып ( $OR_1 + R_1S_1 = L_1$ ), оның доғасының бойында шағылу нүктесін табу үшін,  $S_2$  бақылау нүктесінен де осындай эллипс тұрғызылады:  $L_2 = V_{cp} t_2$ . Осылай келесі нүктені  $S_3$  нүктесіне көшіріп, эллипс тұрғызуды әрі қарай жалғастырып, эллипстер тобын табамыз. Табылған эллипстерді 5.30-суретте көрсетілгендей жанаспай сызықтармен қосу арқылы шағылу шекарасы табылады.

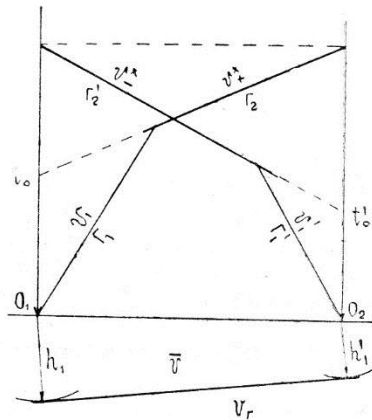


5.30-сурет

Эллипстер тәсілімен шағылу шекарасын тұрғызу схемасы

Іс жүзінде, ұзындығы  $L_1 = V_{cp} t_1$  жіпті өлшеп алып (график масштабымен), оның екі шетін O және бақылау пунктіне бекітіп, карандашпен жіпті тартып эллипс доғасы сызылады. S нүктелері аралары 100-250 м-ден алынып отырылады.

Сыну шекарасын тұрғызу үшін  $\Gamma_2$  және  $\Gamma_1$  қарама-қарсы годографтардың тарамдары арқылы (5.31-сурет)  $V_+^*$  және  $V_-^*$  көрінерлік (кажущееся) жылдамдықтар анықталады:



5.31-сурет

Сынған толқындар годографтары арқылы қима тұрғызу

$$V^* = \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad (5.26)$$

Егер көрінерлік жылдамдықтың мәні көбірек болса, онда оған “+”, ал азырақ болса “-“ деген белгі қойылады.

Шекаралық жылдамдық ( $V_r$ ) сынған толқындар годографтары теңдеуіне [Миков, 1961 ] сәйкес төмендегі формуламен анықталады:

$$V_r = \frac{2V_-^* \cdot V_+^*}{V_-^* + V_+^*} \cos \varphi \quad (5.27)$$

Егер сыну шекараларының еңкіш бұрышы  $\varphi \leq 15-20^0$  болса, онда  $\cos\varphi = 1$ -ге тең деп алынады, яғни

$$V_r = \frac{2V^*_{-} \cdot V^*_{+}}{V^*_{-} + V^*_{+}} \quad (5.28)$$

5.31-суретте көрсетілген  $t_0$  және  $t^1_0$  уақыттары

$$t_0 = \frac{2h_1}{V} \cos i \quad t^1_0 = \frac{2h^1_1}{V} \cos i \quad (5.29)$$

мұнда  $i = \arcsin \frac{\bar{V}}{V_r}$  - ерекше (толық ішкі сыну) бұрышы,  $O_1$  және  $O_2$

жарылыс пункттері астындағы нормаль бойымен сыну шекарасына дейінгі  $h$  және  $h^1$  тереңдіктер төмендегі формулалар арқылы анықталады:

$$h_1 = \frac{\bar{V}t_0}{2\cos i} ; \quad h^1_1 = \frac{\bar{V}t^1_0}{2\cos i} \quad (5.30)$$

Әрі қарай,  $O_1$  және  $O_2$  жарылыс пункттерінен радиустары  $h$  және  $h^1$  —ға тең шеңберлердің доғалары жүргізіліп, оған жанама сызық сыну шекарасы болып табылады.

## БӨЛІМ 6.

### Радиометриялық барлау әдістері

#### Сабақ 62

#### Әдістің жалпы сипаттамасы

##### Жоспар:

1. Радиометрия
2. Әдістің жалпы сипаттамасы.

Радиометриялық барлау әдістері, негізінен, радиоактивті рудаларды іздестіруге пайдаланылады. Кейбір кездерде, зерттелетін ауданның геологиялық құрылысын анықтау үшін қосымша әдіс ретінде де пайдаланалуы мүмкін. Бүгінгі таңда техникалық жетістіктерге байланысты (автомобиль немесе ұшақты пайдаланып) радиометриялық әдіспен аз уақытта ірі алқапты зерттеуге болады.

Радиометриялық әдістер көмегімен төмендегідей зерттеулер жүргізіледі:

1. Жыныстарды радиоактивті қасиеттері бойынша бөлу арқылы геологиялық карталау.
2. Тектоникалық бұзылыстар белдемдерін іздестіру.
3. Радиоактивтігі жоғары пегматиттік денелерді іздестіру.
4. Радиоактивтігі жоғары, құрамында уран және торий қоспалары бар бирилл, танталониобаттар, сирек элементтерді іздестіру және барлау.

5. Ұңғыма қимасындағы уран кен орындарын және шөгінді қабаттарының литологиясы мен стратиграфиясын зерттеуде радиоактивті каротаж жұмыстарын жүргізу.

6. Радиоактивтік ыдырау арқылы жыныстар мен минералдардың нақты геологиялық көнелігін анықтау.

Радиометриялық барлау әдісі 30-ыншы жылдары пайда болып, 1940-1945 жылдары ядролық энергетиканың шикізаты уран рудасын іздестіру барысында жан-жақты дамыды. Бұл салада белгілі ғалымдар И.И.Боргманның, А.П.Виноградовтың, А.П.Соколовтың, әсіресе академик В.Н.Вернадскийдің (радиогеология ғылым саласының негізін салушы) еңбектерінің орны айрықша. Радиометриялық әдістердің практикалық негіздерін салуда және оған арнап арнайы аспаптар мен қондырғылар жасауда петроградтық геофизиктер ұжымының еңбегі мол, ал теориялық негіздерін жасауда В.И.Баранов, Г.В.Горшков және басқа да ғалымдарды атаған жөн.

Сонымен, геологиялық мәселелерді шешу жолында алғашқы радиометриялық түсірім 1930 жылы жүргізілді.

#### **Бақылау сұрақтары:**

1. Радиобарлау нені зерттейді?
2. Радиометрияда қолданылатын аппаратура.
3. Радиометрияның салалары.

### **Сабақ 63**

#### **Радиоактивтілік жайлы жалпы түсінік**

Жоспар:

1. Радиоактивтілік
2. Альфа ыдырау.
3. Бетта ыдырау.
4. Гамма ыдырау.

Радиоактивтілік деп кейбір элементтер атом ядросының ішкі себептерге байланысты өздігінен ыдырап, басқа бір тұрақты жағдайға ауысуын айтады. Ауысу кезінде энергия бөлініп, оны ядродан шыққан бөлшектер мен фотондар ала кетеді, ал элементтің ядросы өзгеріп ол басқа түрге айналады.

Жалпы физика курсынан белгілі, атом ядросы екі түрлі ауыр бөлшектерден тұрады:

- а) протондар – оң зарядталған сутегі атомының ядросы;
- б) нейтрондар – бөлшектері зарядталмаған, массалары протон массасымен шамалас.

Сонымен, ядро массасы протондар мен нейтрондар мөлшерінің қосындысымен, ал ядро заряды тек қана протон мөлшерімен анықталады.



Табиғи радиактивтілікте екі түрлі ыдырау кездеседі: *альфа-ыдырау* және *бета-ыдырау*.

*Альфа-ыдырау* кезінде ядродан екі протоннан және екі нейтроннан тұратын альфа-бөлшектер жоғары жылдамдықпен тарайды. Мұндай ыдырау көпшілік ядроларда бір мезгілде болуына байланысты, іс жүзінде бұл альфа-бөлшектерінің жиынтық ағыны түрінде болып, оны альфа-сәулеленуі деп атайды.

*Бета-ыдырау* ядродағы нейтрондар санының (протондарға карағанда) күрт көбейуіне байланысты жүреді. Бұл құбылыс ядроны тұрақсыздық жағдайға келтіріп, ол басқа бір тұрақты жағдайға ауысуға мәжбүр болады.

Нейтрондар протонға ауысып, жанадан нейтрино мен электрондар пайда болады, яғни ядролық реакция жүреді. Бұл процесс (ауысу) барысында нейтриноның таралуын байқау мүмкін емес, сондықтан бета-ыдырау кезінде тек электрондардың (бета-бөлшектердің) шығуын ғана байқауға болады, бұл процесс бета-сәулелену деп аталады.

Кейбір элементтер ядросының ыдырауы кезінде альфа- және бета-бөлшектерінің шығуы электромагниттік толқындардың таралуымен қоса жүреді. Бұл процес радиоактивті сәулеленудің үшінші түрі, *гамма-сәулеленуі* деп аталады.

Альфа-сәулеленудің өтімділік (проникающая) қабілеттілігі онша емес. Ол өте жұқа қабаттардан өте алмай, жұтылып қалады. Мәселен, қалыңдығы 0,005 мм алюминий қабыршағы альфа-сәулесін екі есе азайтады. Жұқа фольгадан жасалған қабыршық альфа-сәулесін толық жұтып алады.

Сондықтан, альфа-сәулелері арқылы сынамалар (пробы) немесе үлгілер (образцы) құрамындағы радиоактивті элементтерді анықтау тек қана лабораториялық жағдайда жүргізілуі мүмкін.

Бета-сәулелердің өтімділігі әлдеқайда жоғары. Мәселен, қалыңдығы 0,5 мм алюминий қабыршағы бета-сәулесін екі есе азайтады. Бета-сәулелерді өлшеу де көбінесе лабораторияда жүргізіліп, дала жұмыстарында өте сирек кездеседі.

Гамма-сәулелердің өтімділігі өте жоғары, оның толық жұтылуы үшін қалыңдығы 60-70 см қабат қажет. Сондықтан, жыныстардың радиоактивтілігін табиғи жағдайда тек қана осы гамма-сәулелер арқылы өлшеп анықтауға болады.

Табиғатта кездесетін радиоактивті элементтердің көбісі рет нөмірі (порядковый номер) 81-92 аралықтағы ауыр элементтер. Бұл топтағы элементтер қатарына уран, радий, торий, актиний жатады. Олар өздерінен ыдырап шыққан заттарымен қоса үш радиоактивті қатар құрайды – уран-радий қатары, торий қатары және актиний қатары. Олардың төмендегідей ортақ қасиеттері бар:

1. Бұл үш қатардың бастаушылары (U, Th, Ac) өте жоғары жартылай ыдырау мерзімімен сипатталады ( $10^8$  -  $10^{10}$  жыл).
2. Бұл элементтерден ыдырап шыққан заттар тұрақты элементтердің радиоактивті изотоптары болып саналады.
3. Әрбір қатар радиоактивті емес яғни қорғасын изотоптарымен аяқталады ( $Pb^{206}$ ,  $Pb^{208}$ ,  $Pb^{207}$ ).

Әдетте, сәулелердің қарқындылығын және радиоактивті элементтердің мөлшерін өлшеу үшін төмендегідей өлшем бірліктері пайдаланылады.

1. Уран, радий, торий мөлшерлері грамм немесе миллиграмммен өлшенеді.
  2. Радонның мөлшері кюри немесе эман арқылы өлшенеді.
- Кюри–1 г радиймен тепе-теңдіктегі радонның мөлшері (радонмен кюридің қатынасы  $6,25 \cdot 10^{-6}$  г).

Эман – 1 л сұйықтағы немесе газдағы  $10^{-10}$  кюриге тең радонның концентрациясы, яғни

$$1 \text{ эман} = 10^{-10} \text{ кюри/литр}$$

3. Лабораториялық тәжірибеде пайдаланылатын ұнтақ порошок сынамасының радиоактивтігі уранның проценттік эквиваленті арқылы бейнеленеді (яғни сынаманың сәулелену шамасына байланысты баламасын сипаттайтын уранның проценттік мөлшері).

4. Дала жұмыстарында гамма-түсірім нәтижелерін микрорентгенсағатпен (мкр/сағат) өлшейді, яғни 1 мкр/сағат = 1 гамма.

Рентген – рентген немесе гамма сәулесінің физикалық дозасы.

Рентген/сағат–доза қуатының өлшем бірлігі, яғни 1 сағатта шығатын доза 1 рентгенге тең.

Гамма–1 мкр/сағат =  $10^{-6}$  рентген/сағат.

#### **Бақылау сұрақтары:**

1. Альфа ыдырау дегеніміз не?
2. Бетта ыдырау дегеніміз не?
3. Гамма ыдырау дегеніміз не?

### ***Сабақ 64 (тәжірибе)***

#### **Радиоактивтікті өлшейтін приборлар мен өлшеу әдістері**

##### Жоспар:

1. Иондану приборлары.
2. Импульсті приборлар.
3. Дозиметр-радиометр.

Қазірде радиометриялық барлауда қолданылып жүрген приборлар мен әдістер иондану\*) және импульсты болып екіге бөлінеді..

**Иондану** приборлары радиоактивті сәулелену әсерінен болатын иондану жиынтығын өлшейді. Олардың қатарына лабораториялық приборлар СГ-1М, СГ-2М және дала эманометрі СГ-11 жатады.

*Эманометр* СГ-11 топырақ ауасындағы радон мөлшерін өлшеуге арналған. Ол үшін шланг-түтіктің басына метал трубасы жалғастырылып,

ол жерге қағылады. Насос арқылы топырақ ауасы камераға сорылып, онда альфа-сәулелену радиоактивті газының және оның ыдырауынан пайда болатын өнімдер әсерінен иондау тоғы электрметрмен өлшенеді.

**Импульсті** приборлар арнайы санауыш (счетчик) көмегімен гамма-кванттарды немесе бета- және альфа бөлшектерін жеке-жеке тіркеуге негізделген. Өлшенетін ортада жеке зарядталған бөлшектер және гамма-кванттар әсерінен импульстер пайда болады, сол импульстардың сәулелену қарқындылығы яғни жиілігі санауыштармен тіркеледі.

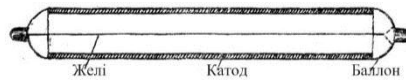
Қазірде, практикада санауыштардың екі түрі пайдаланылады: газбен толтырылған Гейгер-Мюллер (6.1-сурет) және синтилляциялық немесе кристалдық (6.2-сурет) санауыштар.

Синтилляциялық санауыштар газбен толтырылған санауыштарға қарағанда сезімталдығы жоғары және біршама артықшылығы бар (санауыштағы импульстер амплитудалары гамма-квант энергиясына тікелей

-----

\*Иондану – электрлік бейтарап атомдар мен молекулалардың оң және теріс зарядталған иондарға айналу процесі.

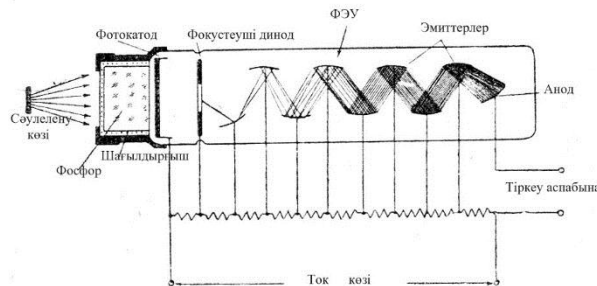
пропорционал, бұл процес уран мен торий элементтері сәулелерін өзара айыруға мүмкіндік береді).



6.1-сурет

Газбен толтырылған Гейгер-Мюллер санауышы

Газбен толтырылған және синтилляциялық санауыштар дала радиометриясында, аэрорадиометрде, лабораториялық қондырғыларда және ұңғыманы зерттеуге арналған приборларда қолданылады.

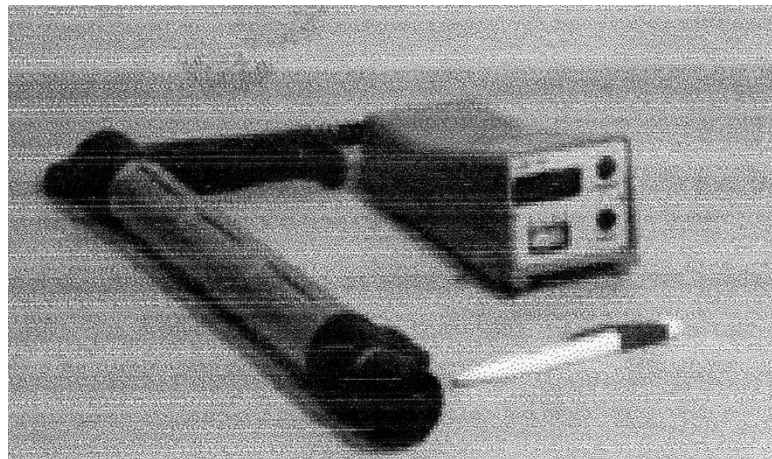


6.2-сурет

Синтилляциялық немесе кристалдық санауыш

Дала радиометрінің негізгі бөлігі – жоғарыда аталған санауыш. Ол жоғары кернеулі тұрақты токпен (600-1000 в) жұмыс істейді. Оның желісінде (нить) пайда болған импульстер электрондық күшейткіштерден өтіп, тіркеуіш блокқа беріледі. Импульстерді тіркеу бірнеше тәсілмен жүреді: 1) құлаққа телефон арқылы естілетін дірілдеген дыбыс; 2) импульстер санын көрсететін электрмеханикалық санауыш; 3) конденсатор мен кедергіден тұратын интегралды контурға қосылған тіркеуші микроамперметр. Импульс жиілігі өскен сайын конденсатордан өтетін зарядтар да көбейіп, интегралды контурдағы ток мөлшері өседі. Контурға қосылған микроамперметр арқылы бұл өзгеріс тіркеледі.

Геофизикалық практикада дозиметр мен радиометр біріктірілген қондырғылар да кеңінен пайдаланылуда. Солардың бірі *дозиметр-радиометр ДКС-96П*. Бұл қондырғы ренгтен және гамма-сәулелену өрістерінің сипаттамаларын және олардан алынған доза мөлшерін (қуатын) өлшеуге, жер бетінде радиометриялық түсірім жүргізіп, радиоактивтілік шығу көздерін іздестіру үшін қолданылады (6.3-сурет). Сонымен қатар, мұндай приборлар радиоактивті элементтермен жұмыс істейтін өндіріс орындарында, медициналық және ғылыми мекемелерде дозиметриялық бақылау қызметінде пайдаланылады.



6.3-сурет

### Дозиметр-радиометр ДКС-96П

Дозиметр-радиометр минус  $20^{\circ}$ -тан (кейбір варианттары минус  $50^{\circ}$ -тан) плюс  $40^{\circ}$ -қа және ауа ылғалдығы 95 %-ке дейінгі аралықта жұмыс істей алады. Ол А-343 төрт гальваникалық элементтермен жабдықталып, 40 сағатқа дейін үздіксіз жұмыс істеу қабілеті бар.

Дозиметр-радиометр басқару пультінен және ауыспалы детокторлық блоктан тұрады. Өлшенетін доза мөлшері сәуле ағыны әсерінен синтиляциялық детоктордағы пайда болатын жарқ еткен сәуленің санын тіркеуге негізделген. Бұл жарық еткен сәулелер саны кернеу импульсына айналып, өлгеуіш пультінде тіркеледі.

Дозиметр-радиометрді жұмысқа дайындау және онымен жұмыс істеу прибордың арнайы нұсқауларында келтірілген.

Кейінгі жылдары практикада аэромагнитометр мен аэро-гамма-радиометр қондырғылары біріктірілген аэрогеофизикалық станцияда (АСГМ-25 және АСГ-38) кеңінен қолданылып жүр. Таспаға магнит өрісі кернеуінің толық векторлық айырымы  $\Delta T$ , гамма-сәулелену қарқындылығы, ұшақтың ұшу биіктігі бір уақытта жазылады.

*Лабораториялық санауыш* қондырғылары жыныстардың радиоактивтілігін лабораториялық жағдайда зерттеу үшін пайдаланылады (сынамалар ұнталған порошок түрінде дайындалады). Бұл қондырғылар уранның эталондық ұнтағын сынама ұнтағымен салыстыру арқылы сол үлгі құрамындағы уранның мөлшерін анықтайды.

### **Бақылау сұрақтары:**

1. Гейгер-Мюллер санауышы
2. Дозиметр-радиометр ДКС-96П
3. Синтиляциялық немесе кристалдық санауыш

### **Сабақ 65**

#### **Дала гамма-әдісі**

##### Жоспар:

1. Дала гамма-әдісін жүргізу.
2. Жер бетінде жүргізілетін гамма түсірім.
3. Ұшақта жүргізілетін гамма түсірім.

Радиоактивті рудаларды іздестіру және барлау жұмыстарының барлық сатысында, міндетті түрде, дала гамма-әдісі жүргізіледі. Әдіс көмегімен жыныстардың табиғи астасуында (в естественном залегании) гамма-сәулеленуін үздіксіз тіркеуге болады. Тек қана рудалық денелердің тереңдігі (үстіңгі қабаттың қалыңдығы) 2-5 м-ден аспауы керек. Егер тереңдік бұдан артық болса, онда тұтас гамма-түсірім жасау нәтижесіз болады. Мұндай жағдайда гамма-түсірім ыңғайлы (рудалық денелер жер бетіне жақын жатқан жерлерде) жеке профильдер бойымен (өзен аңғарымен, саймен) жүргізіледі.

Дала гамма-әдісі екі түрде жүргізіледі: 1) жер бетінде жүргізілетін гамма-түсірім; 2) ұшақтан жүргізілетін гамма-түсірім.

**Жер бетіндегі** гамма-түсірімнің басты мақсаты – дала радиометрі (прибор) көмегімен жер бетінде гамма-сәулеленудің қарқындылығын өлшеу.

Прибордың өзіндік (натуральный) сыртқалпы (фон) 6-8 мкp/сағ, ал жер бетінің қалыпты сыртқалпы ондаған мкp/сағ-қа жетуі ықтимал. Сондықтан аномалия деп, кем дегенде қалыпты сыртқалыптан екі есе артық

радиоактивтілік қарқындылықты айтады. Әдетте, қалыпты сыртқалып деңгейі төмен және тұрақты болса, онда уранның аз мөлшерін өлшеуге болады. Мәселен, уранның ореолдағы мөлшері 0,001 % қалыпты сыртқалыптан 5 гаммаға артық мөлшеріне сәйкес келеді. Шөгінді жыныстарда уранның мұндай мөлшері приборлармен нақты тіркеледі, ал жоғары радиоактивті атқылама жыныстарда бұл сырқалыптың өзгерісінен аспайды.

Гамма-түсірім үш түрде жүргізіледі: алдын-ала (рекогносцировочные) маршруттар; гамма-іздігірулер (гамма-поиски); кеңістіктегі гамма-түсірім (площадная гамма-съемка).

*Алдын-ала маршруттар* геологиялық түсірім жүргізу барысында, сол ауданның қалыпты радиоактивті сыртқалпын анықтау үшін жүргізіледі.

*Гамма-іздігірулер* масштабтары 1:00 000-1:10 000 аралығында геологиялық түсірім кезінде маршрутпен жүргізіледі. Іздігіру барысында анықталған аномалды орындар аумағында жете (жан-жақты) іздігіру жұмыстары жүргізіліп, сол жерден жыныс үлгісі алынады.

*Кеңістіктегі гамма-түсірім* масштабтары 1:5 000-нан (бақылау жүйесі 50x2-5 м) 1:1000-ға (1x1 м) дейінгі аралықта жүргізіледі. Бұл тәсіл жеке аномалды учаскелерді жан-жақты зерттеу үшін немесе рудалық денелердің нұсқасын анықтау үшін жүргізіледі. Түсірім нәтижесі (мкр/сағ) геологиялық картаға (немесе түсірім жоспарына) шартты белгілермен салынып, олар арқылы изосызықтар жүргізіледі.

**Ұшақтан жүргізілетін гамма-түсірімнің** негізі қиыншылығы – жер бетінен жоғарылаған сайын гамма-сәулеленудің қарқындылығы тез азаяды. Сонымен қатар, кейбір рудалық белдемдер өте еңсіз аномалиялар тудырады, ал ұшақ болса мұндай аномалияларды тез ұшып өтіп, аномалия байқалмай қалады. Сондықтан ұшақтан жүргізілетін гамма-түсірім көлемді, қарқындылығы жоғары рудалық белдемдерді анықтау үшін жүргізіледі. Ал, еңсіз жергілікті аномалияларды ұшақтан бақылау үшін:

- а) ұшақта орналасқан прибордың сезімталдығы жоғары және инерциялығы (инерционность) аз болуы керек;
- б) түсірім барынша аз биіктікте (50-100 м) және ұшақ жылдамдығы 160-170 км/сағ-тан аспауы керек.

Борпылдақ түзілімдер мен жабық аудандарда рудалық белдемдерді ұшақтан барлау нәтижесіз болады. Осындай қолайсыз аудандар қатарына морендік, күлді (золотые) және аллювиальды түзілімдер де жатады, себебі бұл аталған түзілімдер гамма-сәулелерін қалқалайды (экранирует).

Үстіңгі қабаты (көмкеруші) онша қалың емес атқылама жыныстардан және басқа да құрамында уран элементі бар геологиялық формациялардан құралған аудандар ұшақтан түсірім үшін өте ыңғайлы болып келеді.

Ұшақтан радиометрлік түсірім нәтижесі картаға түсіріледі, сонымен қатар гамма өрісінің қарқындылығын сипаттайтын графиктер, изосызықтармен бейнеленген карталар тұрғызылады. Бұл түсірімнің қортынды кезеңі – табылған аномалияларды арнайы отряд күшімен жер бетінде тексеру. Ол үшін гамма- және эманациялық түсірімдер жүргізіліп, сынамалар (пробы) алынып, олар лабораторияға жіберіледі.

## Бақылау сұрақтары:

1. Гамма түсірімнің әдістері.
2. Жер бетіндегі гамма түсірім
3. Ұшақтағы гамма түсірім.

## Сабақ 66

### Дала эманациялық түсірімі

#### Жоспар:

1. Дала эманациялық түсірім.
2. Дала эманациялық түсірімнің түрлері.

Дала эманациялық түсірімі зерттелетін аудандағы топырақ ауасының құрамындағы радон мөлшерін анықтау үшін жүргізіледі.

Жоғарыда, құрамында уран және радий элементтері бар рудалық денелер қуыстарынан радиоактивті радон газы бөлініп шығатынын айттық. Бұл газ диффузия нәтижесінде жердің жоғары қабаттарына көтеріліп, топырақ ауасында кездеседі. Радонның жоғары қабаттарға көтерілуі рудалық денені көмкеруші (жауып жатқан) түзілімдердің қасиеттеріне байланысты. Мәселен, қалыңдығы 10 м салындылар (наносы) радон газын толығымен жұтып алады.

Егер жоғары қабаттарда радиоактивті ореолдар болса (тұзды немесе механикалық), онда жоғары мөлшерлі радон газы рудалық денеден әлдеқайда қашықтықта білінеді. Бұл қашықтықтың шамасы сол ореолдың шығу тегіне байланысты.

Жоғары мөлшерлі радон газы тектоникалық бұзылыстар белдемдерінде, радиоактивті радон суы аумағында, эмандау қабілеті жоғары жыныстар учаскелерінде жиі кездеседі.

Эманациялық әдіс уран рудасы ықтимал аудандарды іздестіруде басты әдіс болып саналады. Әдістің тереңдік қабілеті 5-10 м, аса қолайлы аудандарда ондаған м-ге жетеді. Эманациялық түсірім жүргізетін қолайлы аудандар қатарына мыналар жатады:

1. Түзілімдер қалыңдығы 0,5-10 м (аса қолайлы жағдай 1,5-2 м).
  2. Шөгінді және шөгінді-метаморфты жыныстар таралған аудандар (бұл жыныстардың әдеттегі сыртқалып деңгейі төмен). Интрузивті, әсіресе қышқыл жыныстар, жоғары деңгей сыртқалыппен сипатталады.
  3. Экзогенді кенорындары рудалану көлемі үлкен болуына байланысты жоғары эмандау қабілеттілігімен сипатталады.
  4. Тотығу белдемдері бар гидротермалды желі түрдегі кен орындары.
  5. Жер бедері жазық, салындылар (наносы) қалыңдығы тұрақты аудандар.
- Практика жүзінде эманациялық түсірімдердің келесі түрлері пайдаланылады.

-----  
\*)эманация – радиоактивті тізбектердің газ күйінде бөлінетін барша табиғи өнімдері (радон, торон, актион) хақында қолданылады.

1. *Ұсақ масштабты* (1:50 000-1:100 000) геологиялық түсірімдер барысында тек гамма-әдіс жүргізуге болатын аудандарда ғана эманациялық түсірімді пайдалануға болады. Бұл жағдайда профильдер арақашықтығы бірнеше километр, бақылау нүктелері аралығы – 10 м-ге тең.

2. *Іздестіру түсірімдері* көлемі ондаған және жүздеген шаршы километрге жететін, бірақ ашылымдары (обнажение) нашар аудандарда кен орындарын іздестіру үшін жүргізіледі. Түсірім масштабы 1:10 000-1:50 000 аралығында, бақылау жүйесі 100-500x5-10 м. Түсірімнің бұл түрі жергілікті аномалияларды нақтылау үшін топографиялық карталар көмегімен жүргізіледі.

3. *Жете (детальная) түсірімдер* кенорындарын шектемелеу (оконтуривание) үшін және кенорындары аумағында жеке рудалық денелерді табу үшін жүргізіледі. Түсірім масштабтары 1:1000-1:5000, бақылау жүйесі 10-50x5 м.

4. *Эманациялық барлау* кішігірім аудандарда (1 км<sup>2</sup>) алдын-ала жасалған жүйемен (10x5 м және 5x1 м) төмендегідей мақсаттар үшін жүргізіледі:

а) кенорындары аумағында салындылармен жабылған қосымша рудалық денелерді тауып, олардағы радиактивтіктің таралуын зерттеу;

б) табылған эманациялық аномалияларды жан-жақты зерттеу;

5. *Терең зондылау* жұмыстары табылған, радиоактивті мөлшері жоғары орындарда руданың тереңдікте таралуын зерттеу үшін және әр тереңдіктен сынамалар (пробы) алу үшін жүргізіледі.

Эманациялық түсірімнің нәтижелерін талдау үшін түсірім профильдері картаға түсіріліп, радон мөлшерінің таралу графиктері және схемалар тұрғызылады. Әрбір табылған аномалия жан-жақты зерттеліп, қосымша материалдар тартылып, аномалияның келешегі туралы баға беріледі.

Түсірім нәтижесін талдау барысында табылған аномалияның урандық рудаланумен байланысты белгілері:

- 1) Аномалияның жаратылу тегінің радонмен байланыстылығы.
- 2) Аномалияның кеңістікте таралу ерекшелігі.
- 3) Радон мөлшерінің жоғарылығы (жүздеген тіпті мыңдаған эман).
- 4) Радон мөлшерінің жер бетінен тереңдеген сайын көбейуі.
- 5) Тереңдікте гамма-қарқындылықтың белгісі болатындығы.

#### **Бақылау сұрақтары:**

1. Дала эманациялық түсірім
2. Дала эманациялық түсірімнің түрлері.
3. Урандық рудалармен байланысты белгілері.



## Сабақ 67 (тәжірибе)

### Аппаратура мен жабдықтар.

#### Жоспар:

1. Иондаушы приборлар.
2. Импульсті приборлар.
3. Дала радиометрі

Қазірде радиометриялық барлауда қолданылып жүрген приборлар мен әдістер иондану\*<sup>1)</sup> және импульсты болып екіге бөлінеді..

**Иондану** приборлары радиоактивті сәулелену әсерінен болатын иондану жиынтығын өлшейді. Олардың қатарына лабораториялық приборлар СГ-1М, СГ-2М және дала эманометрі СГ-11 жатады.

*Эманометр* СГ-11 топырақ ауасындағы радон мөлшерін өлшеуге арналған. Ол үшін шланг-түтіктің басына метал трубасы жалғастырылып, ол жерге қағылады. Насос арқылы топырақ ауасы камераға сорылып, онда альфа-сәулелену радиоактивті газының және оның ыдырауынан пайда болатын өнімдер әсерінен иондау тоғы электрметрмен өлшенеді.

**Импульсті** приборлар арнайы санауыш (счетчик) көмегімен гамма-кванттарды немесе бета- және альфа бөлшектерін жеке-жеке тіркеуге негізделген. Өлшенетін ортада жеке зарядталған бөлшектер және гамма-кванттар әсерінен импульстер пайда болады, сол импульстардың сәулелену қарқындылығы яғни жиілігі санауыштармен тіркеледі.

Қазірде, практикада санауыштардың екі түрі пайдаланылады: газбен толтырылған Гейгер-Мюллер (6.1-сурет) және синтиляциялық немесе кристалдық (6.2-сурет) санауыштар.

Синтиляциялық санауыштар газбен толтырылған санауыштарға қарағанда сезімталдығы жоғары және біршама артықшылығы бар (санауыштағы импульстер амплитудалары гамма-квант энергиясына тікелей

-----

\*Иондану – электрлік бейтарап атомдар мен молекулалардың оң және теріс зарядталған иондарға айналу процесі.

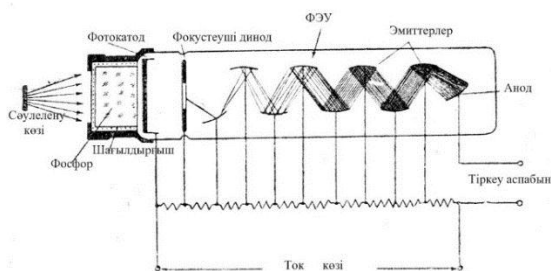
пропорционал, бұл процес уран мен торий элементтері сәулелерін өзара айыруға мүмкіндік береді).



6.1-сурет

Газбен толтырылған Гейгер-Мюллер санауышы

Газбен толтырылған және синтиляциялық санауыштар дала радиометриясында, аэрорадиометрде, лабораториялық қондырғыларда және ұңғыманы зерттеуге арналған приборларда қолданылады.

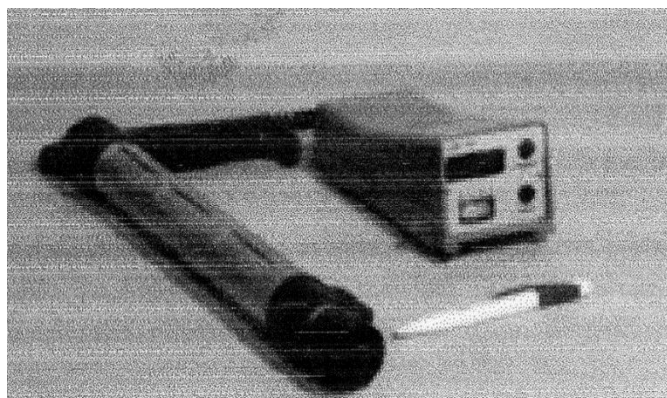


6.2-сурет

### Синтиляциялық немесе кристалдық санауыш

*Дала радиометрінің* негізгі бөлігі – жоғарыда аталған санауыш. Ол жоғары кернеулі тұрақты токпен (600-1000 в) жұмыс істейді. Оның желісінде (нить) пайда болған импульстер электрондық күшейткіштерден өтіп, тіркеуіш блокқа беріледі. Импульстерді тіркеу бірнеше тәсілмен жүреді: 1) құлаққа телефон арқылы естілетін дірілдеген дыбыс; 2) импульстер санын көрсететін электрмеханикалық санауыш; 3) конденсатор мен кедергіден тұратын интегралды контурға қосылған тіркеуші микроамперметр. Импульс жиілігі өскен сайын конденсатордан өтетін зарядтар да көбейіп, интегралды контурдағы ток мөлшері өседі. Контурға қосылған микроамперметр арқылы бұл өзгеріс тіркеледі.

Геофизикалық практикада дозиметр мен радиометр біріктірілген қондырғылар да кеңінен пайдаланылуда. Солардың бірі *дозиметр-радиометр ДКС-96П*. Бұл қондырғы рентген және гамма-сәулелену өрістерінің сипаттамаларын және олардан алынған доза мөлшерін (қуатын) өлшеуге, жер бетінде радиометриялық түсірім жүргізіп, радиоактивтілік шығу көздерін іздестіру үшін қолданылады (6.3-сурет). Сонымен қатар, мұндай приборлар радиоактивті элементтермен жұмыс істейтін өндіріс орындарында, медициналық және ғылыми мекемелерде дозиметриялық бақылау қызметінде пайдаланылады.



6.3-сурет

### Дозиметр-радиометр ДКС-96П

Дозиметр-радиометр минус  $20^0$ -тан (кейбір варианттары минус  $50^0$ -тан) плюс  $40^0$ -қа және ауа ылғалдығы 95 %-ке дейінгі аралықта жұмыс істей алады. Ол А-343 төрт гальваникалық элементтермен жабдықталып, 40 сағатқа дейін үздіксіз жұмыс істеу қабілеті бар.

Дозиметр-радиометр басқару пультінен және ауыспалы детекторлық блоктан тұрады. Өлшенетін доза мөлшері сәуле ағыны әсерінен синтилляциялық детектордағы пайда болатын жарқ еткен сәуленің санын тіркеуге негізделген. Бұл жарық еткен сәулелер саны кернеу импульсына айналып, өлгеуіш пультінде тіркеледі.

Дозиметр-радиометрді жұмысқа дайындау және онымен жұмыс істеу прибордың арнайы нұсқауларында келтірілген.

Кейінгі жылдары практикада аэромагнитометр мен аэро-гамма-радиометр қондырғылары біріктірілген аэрогеофизикалық станцияда (АСГМ-25 және АСГ-38) кеңінен қолданылып жүр. Таспаға магнит өрісі кернеуінің толық векторлық айырымы  $\Delta T$ , гамма-сәулелену қарқындылығы, ұшақтың ұшу биіктігі бір уақытта жазылады.

*Лабораториялық санауыш* қондырғылары жыныстардың радиоактивтілігін лабораториялық жағдайда зерттеу үшін пайдаланылады (сынамалар ұнталған порошок түрінде дайындалады). Бұл қондырғылар уранның эталондық ұнтағын сынама ұнтағымен салыстыру арқылы сол үлгі құрамындағы уранның мөлшерін анықтайды.

### **Бақылау сұрақтары:**

1. Дозиметр-радиометр
2. Гейгер-Мюллер санауышы
3. Синтилляциялық немесе кристалдық санауыш

### **Сабақ 68**

#### **Ядролық-физикалық әдістер.**

##### Жоспар:

1. Ядролық-физикалық әдістердің негізі.
2. Радиометриялық зерттеулердегі қауіпсізді техникасы

Радиоактивті ыдырау процесін уақыт өлшемінде пайдалану мүмкіндігін ертеде француз ғалымы Пьер Кюри айтып кеткен. Бұрынғы СССР-де бұл проблема 30-жылдардың басында академик В.И.Вернадскийдің басшылығымен іске асырылды.

Тау жынысының көнелігін радиоактивті әдістермен анықтау изотоптарды бөлу үшін қолданылатын жоғары сезімталды әдістердің пайда болып дамуына және табиғатта жаңа радиоактивті изотоптардың табылуына тікелей байланысты.

Жыныстардың немесе минералдардың көнелігін анықтау радиоактивті ыдырау теңдеуіне негізделген. Тау жынысы немесе минерал жаратылыс кезінде өз құрамында радиоактивті элементтің  $N_0$  атомы болған деп айталық. Бүгінгі күнге дейінгі ыдырау барысында сол элементтің  $N_t$ -ы қалды делік. Радиоактивті ыдырау тұрақты жылдамдықпен болатынын еске алсақ, онда төмендегі ыдырау теңдеуінен радиоактивті ыдырау болған уақыт аралығын яғни минералдың немесе жыныстың жаратылыс уақытынан бүгінгі күнге дейінгі аралықтағы уақытын анықтауға болады.

$$N_t = N_0 e^{-\lambda t} \quad (6.1)$$

Бұл формуладағы  $N_0$  – радиоактивті элементтің бастапқы мөлшері, белгісіз. Олай болса, оның орнына  $N$  – ыдыраған атомдар мөлшерін енгізу арқылы

$$N_0 = N_t + N \quad (6.2)$$

$$N_t = (N_t + N) e^{-\lambda t}$$

$$N_t e^{\lambda t} = N_t + N$$

$$N = N_t (e^{\lambda t} - 1)$$

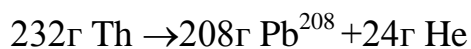
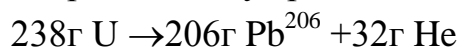
$$N/N_t = e^{\lambda t} - 1 \quad (6.3)$$

Бұл теңдеуде  $t$  – дан басқа барлық шамалар белгілі:  $\lambda$  - минерал құрамындағы радиоактивті элементтің ыдырау коэффициенті;  $N_t$  – бүгінгі күндегі радиоактивті элементтің атомдар мөлшері (тәжірибелік әдіспен анықталады);  $N$  – ыдыраған атомдар мөлшері (ыдырау өнімінің мөлшері арқылы анықталады).

Қазірде, іс жүзінде минералдар мен жыныстардың көнелігін анықтауда төменде келтірілген әдістер кеңінен пайдаланылады.

1. Қорғасын әдісі уран мен торий атомдарының ыдырауынан пайда болған қорғасынның  $Pb^{206}$   $Pb^{208}$  мөлшері арқылы анықтауға негізделген.

Шындығында, уранның ( $U^{238}$ ) бір атомының ауысуы барысында қорғасынның ( $Pb^{238}$ ) бір атомы және гелийдің ( $8He^4$ ) 8 атомы пайда болады. Ал, торийден ( $Th^{232}$ ) – қорғасынның ( $Pb^{208}$ ) бір атомы пайда болады. Олай болса, атомнан салмақтық бірлікке көшу арқылы



яғни 1 г ыдыраған уранға 206/208 г қорғасын ( $Pb^{206}$ ) және 1 г ыдыраған торийға 206/232 г қорғасын ( $Pb^{208}$ ) сәйкес келеді.

Сонымен, жыныста анықталған қорғасынның мөлшері –  $Pb^{206}$  және  $Pb^{208}$  арқылы, уран мен торийді –  $U$  және  $Th$  арқылы белгілеп, ыдыраған уран мен торийдің мөлшерін (гамма) есептеуге болады

$$\text{Pb}^{206} = \frac{206}{208} U(e^{\lambda_u t} - 1) \quad (6.4)$$

$$\text{Pb}^{206} = \frac{208}{232} \text{Th}(e^{\lambda_{\text{Th}} t} - 1) \quad (6.5)$$

Осы екі теңдеудің оң және сол жақтарын бір-біріне қосып және

$$\text{Pb} = \text{Pb}^{206} + \text{Pb}^{208} \quad (6.6)$$

екенін еске алсақ, онда жыныстың көнелігін анықтайтын теңдеуді табамыз

$$\text{Pb} = \frac{U}{1,155}(e^{\lambda_u t} - 1) + \frac{\text{Th}}{1,115}(e^{\lambda_{\text{Th}} t} - 1) \quad (6.7)$$

Іс жүзінде, қорғасын әдісімен жыныстың немесе минералдың көнелігін анықтау, алынған үлгінің уранға, торийге және қорғасынға талдау нәтижесінде (6.7) теңдеуі шешіліп,  $t$  – уақыты анықталады.

2. Гелий әдісі де уран мен торийдің ыдырауына негізделген. Жыныстың немесе минералдың көнелігі үлгі бойындағы жиналған гелийдің уран мен торийдің мөлшеріне қатынасы арқылы анықталады. Шындығында, уранның бір атомының ыдырауы нәтижесінде гелийдің 8 атомы, торийдің 1 атомы ыдырауы нәтижесінде гелийдің 6 атомы пайда болады. (6.7) теңдеуіне сәйкес ыдыраған уран мен торийдің мөлшерін жиналған гелийдің мөлшері арқылы анықтауға болады. Іс жүзінде, гелий әдісі бойынша жыныс көнелігін анықтау үшін оның құрамынан гелийді (жоғары температурада және вакуумде) шығарып алып, оның құрамындағы гелий, уран мен торий мөлшерлерін анықтау керек. Әрі қарай, гелий элементі үшін табылған (6.7) теңдеуін шешу арқылы  $t$  табылады.

3. Аргон әдісі калий ( $\text{K}^{40}$ ) радиоактивті изотопының ыдырауынан пайда болатын аргон ( $\text{Ar}^{40}$ ) изотопы пайдаланылады. Жыныстың немесе минералдың көнелігі (6.7) теңдеуімен жиналған аргонның калий мөлшеріне қатынасы арқылы анықталады. Бұл әдіс, іс жүзінде, кеңінен қолданылады, өйткені калий барлық жынысқұраушы минералдар құрамында кездеседі. Үлгі құрамындағы аргон мен калий мөлшерін анықтау үшін масспектрографиялық және спектралдық талдаулар пайдаланылады.

4. Стронций әдісі минерал құрамындағы стронций  $\text{St}^{87}$ , рубидий  $\text{Rb}^{87}$  мөлшерінің қатынастарына негізделген. Рубидий элементі аздаған минералдар құрамында кездеседі және де өте аз жылдамдықпен ыдырайды, сондықтан да бұл әдіс практикада сирек қолданылады.

Кейінгі кезде, іс жүзінде басқа да әдістер, атап айтқанда, радий ( $\frac{\text{Ra}}{I}$ ) және

ион ( $\frac{I_o}{U}$ ), көміртек (углерод) әдісі (азоттың  $\text{N}^{14}$  көміртекке  $\text{C}^{14}$  ауысуы) және

т.б. әдістер қолданылып жүр.

Сонымен, практикада кеңінен таралған әдістер толығымен жыныс немесе минерал үлгісі құрамындағы изотоптар мөлшерін анықтауға негізделген.



2. Радиоактивті элементтердің зияны.
3. Радиометриялық қауіпсіздік ережесі.
4. Тау жыныстың көнелігін анықтау.
5. Қорғасын әдісі.
6. Гелий әдісі.
7. Аргон әдісі.

### **Сабақ 69 (тәжірибе)** **Ядролық-физикалық әдістер.**

#### Жоспар:

1. Ядролық-физикалық әдістердің негізі.
2. Радиометриялық зерттеулердегі қауіпсіздік техникасы

Радиоактивті ыдырау процесін уақыт өлшемінде пайдалану мүмкіндігін ертеде француз ғалымы Пьер Кюри айтып кеткен. Бұрынғы СССР-де бұл проблема 30-жылдардың басында академик В.И.Вернадскийдің басшылығымен іске асырылды.

Тау жынысының көнелігін радиоактивті әдістермен анықтау изотоптарды бөлу үшін қолданылатын жоғары сезімталды әдістердің пайда болып дамуына және табиғатта жаңа радиоактивті изотоптардың табылуына тікелей байланысты.

Жыныстардың немесе минералдардың көнелігін анықтау радиоактивті ыдырау теңдеуіне негізделген. Тау жынысы немесе минерал жаратылыс кезінде өз құрамында радиоактивті элементтің  $N_0$  атомы болған деп айталық. Бүгінгі күнге дейінгі ыдырау барысында сол элементтің  $N_t$ -ы қалды делік. Радиоактивті ыдырау тұрақты жылдамдықпен болатынын еске алсақ, онда төмендегі ыдырау теңдеуінен радиоактивті ыдырау болған уақыт аралығын яғни минералдың немесе жыныстың жаратылыс уақытынан бүгінгі күнге дейінгі аралықтағы уақытын анықтауға болады.

$$N_t = N_0 e^{-\lambda t} \quad (6.1)$$

Бұл формуладағы  $N_0$  –радиоактивті элементтің бастапқы мөлшері, белгісіз. Олай болса, оның орнына  $N$  – ыдыраған атомдар мөлшерін енгізу арқылы

$$N_0 = N_t + N \quad (6.2)$$

$$N_t = (N_t + N) e^{-\lambda t}$$

$$N_t e^{\lambda t} = N_t + N$$

$$N = N_t (e^{\lambda t} - 1)$$

$$N/N_t = e^{\lambda t} - 1 \quad (6.3)$$

Бұл теңдеуде  $t$  –дан басқа барлық шамалар белгілі:  $\lambda$  - минерал құрамындағы радиоактивті элементтің ыдырау коэффициенті;  $N_t$  – бүгінгі күндегі радиоактивті элементтің атомдар мөлшері (тәжірибелік әдіспен анықталады);  $N$  – ыдыраған атомдар мөлшері (ыдырау өнімінің мөлшері арқылы анықталады).

Қазірде, іс жүзінде минералдар мен жыныстардың көнелігін анықтауда төменде келтірілген әдістер кеңінен пайдаланылады.

1. Қорғасын әдісі уран мен торий атомдарының ыдырауынан пайда болған қорғасынның  $Pb^{206}$   $Pb^{208}$  мөлшері арқылы анықтауға негізделген.

Шындығында, уранның ( $U^{238}$ ) бір атомының ауысуы барысында қорғасынның ( $Pb^{238}$ ) бір атомы және гелийдің ( $8He^4$ ) 8 атомы пайда болады.

Ал, торийден ( $Th^{232}$ ) – қорғасынның ( $Pb^{208}$ ) бір атомы пайда болады. Олай болса, атомнан салмақтық бірлікке көшу арқылы



яғни 1 г ыдыраған уранға 206/208 г қорғасын ( $Pb^{206}$ ) және 1 г ыдыраған торийге 206/232 г қорғасын ( $Pb^{208}$ ) сәйкес келеді.

Сонымен, жыныста анықталған қорғасынның мөлшері –  $Pb^{206}$  және  $Pb^{208}$  арқылы, уран мен торийді –  $U$  және  $Th$  арқылы белгілеп, ыдыраған уран мен торийдің мөлшерін (гамма) есептеуге болады

$$Pb^{206} = \frac{206}{208} U (e^{\lambda_u t} - 1) \quad (6.4)$$

$$Pb^{208} = \frac{208}{232} Th (e^{\lambda_{th} t} - 1) \quad (6.5)$$

Осы екі теңдеудің оң және сол жақтарын бір-біріне қосып және

$$Pb = Pb^{206} + Pb^{208} \quad (6.6)$$

екенін еске алсақ, онда жыныстың көнелігін анықтайтын теңдеуді табамыз

$$Pb = \frac{U}{1,155} (e^{\lambda_u t} - 1) + \frac{Th}{1,115} (e^{\lambda_{th} t} - 1) \quad (6.7)$$

Іс жүзінде, қорғасын әдісімен жыныстың немесе минералдың көнелігін анықтау, алынған үлгінің уранға, торийге және қорғасынға талдау нәтижесінде (6.7) теңдеуі шешіліп,  $t$  – уақыты анықталады.

2. Гелий әдісі де уран мен торийдің ыдырауына негізделген. Жыныстың немесе минералдың көнелігі үлгі бойындағы жиналған гелийдің уран мен торийдің мөлшеріне қатынасы арқылы анықталады. Шындығында, уранның бір атомының ыдырауы нәтижесінде гелийдің 8 атомы, торийдің 1 атомы ыдырауы нәтижесінде гелийдің 6 атомы пайда болады. (6.7) теңдеуіне сәйкес ыдыраған уран мен торийдің мөлшерін жиналған гелийдің мөлшері арқылы анықтауға болады. Іс жүзінде, гелий әдісі бойынша жыныс көнелігін анықтау үшін оның құрамынан гелийді (жоғары температурада және вакуумде)



шығарып алып, оның құрамындағы гелий, уран мен торий мөлшерлерін анықтау керек. Әрі қарай, гелий элементі үшін табылған (6.7) теңдеуін шешу арқылы  $t$  табылады.

3. Аргон әдісі калий ( $K^{40}$ ) радиоактивті изотопының ыдырауынан пайда болатын аргон ( $Ar^{40}$ ) изотопы пайдаланылады. Жыныстың немесе минералдың көнелігі (6.7) теңдеуімен жиналған аргонның калий мөлшеріне қатынасы арқылы анықталады. Бұл әдіс, іс жүзінде, кеңінен қолданылады, өйткені калий барлық жынысқұраушы минералдар құрамында кездеседі. Үлгі құрамындағы аргон мен калий мөлшерін анықтау үшін масспектрографиялық және спектралдық талдаулар пайдаланылады.

4. Стронций әдісі минерал құрамындағы стронций  $St^{87}$ , рубидий  $Rb^{87}$  мөлшерінің қатынастарына негізделген. Рубидий элементі аздаған минералдар құрамында кездеседі және де өте аз жылдамдықпен ыдырайды, сондықтан да бұл әдіс практикада сирек қолданылады.

Кейінгі кезде, іс жүзінде басқа да әдістер, атап айтқанда, радий ( $\frac{Ra}{I}$ ) және ион ( $\frac{Io}{U}$ ), көміртек (углерод) әдісі (азоттың  $N^{14}$  көміртекке  $C^{14}$  ауысуы) және т.б. әдістер қолданылып жүр.

Сонымен, практикада кеңінен таралған әдістер толығымен жыныс немесе минерал үлгісі құрамындағы изотоптар мөлшерін анықтауға негізделген. Сондықтан да, зерттеу әдісінің ең бастысы масспектрометриялық әдіс болып есептелінеді. Сонымен қатар, радиохимиялық, химиялық спектралдық әдістер де бұл зерттеулерде жиі пайдалыналады.

Әрине, жыныс немесе минерал көнелігін анықтауда, оларды талдау үшін алынатын үлгінің орны айрықша. Үлгі қайтара (вторичный) өзгеріске ұшырамау керек, өйткені бұл процесс минерал құрамындағы радиоактивті элементтер арасындағы тепе-теңдікті бұзады. Сондықтан, жыныс немесе минерал үлгісі жақсы сақталуы керек.

*Радиометриялық зерттеулердегі қауіпсізді техникасы*

Радиоактивті заттармен жұмыс істеудің ерекшелігі - адам организміне радиоактивті сәулеленудің азда болса әсеріне байланысты.

Әдетте,  $\alpha$ -сәулелердің зияндық әсері тек өте жақын жерде болады.  $\beta$ -сәулелер адам терісіне, көздің мөлдір қабығына (роговица) зиянды әсер етеді.  $\gamma$ -сәулелер болса, адамның ішкі организмдеріне өте зиянды. Аталған сәулелерден сақтану үшін темірден, қорғасыннан, болаттан жасалған қорғаныштар пайдаланылады. Адам организміне зиянсыз шекаралық сәулелену дозасы деп организмде бірнеше жыл жүйелі түрде жұмыс істеу



## БӨЛІМ 7.

### ҰҢҒЫМАНЫ ГЕОФИЗИКАЛЫҚ ӘДІСТЕРМЕН ЗЕРТТЕУ (ГИС-ЗЕРТТЕУ) ӘДІСТЕРІ

#### Сабақ 70

#### Әдістің маңыздылығы және қалыптасуы

##### Жоспар:

1. ҰҒЗ әдісінің маңыздылығы.
2. Әдістің қалыптасуы.
3. Ұңғыманың геологиялық қимасын зерттеу.

Ұңғыманы геофизикалық әдістермен зерттеу (ГИС зерттеу әдістері) – қолданбалы геофизиканың бір саласы. Ол пайдалы қазбалар кен орындарын іздестіру, барлау және пайдалану барысында геологиялық және техникалық мәселелерді шешу үшін кеңінен пайдаланылады.

Геофизикалық әдістер ұңғымадан тасбаған (керн) алмай, оның геологиялық қимасы жайлы толық мағлұматтар алуға мүмкіндік береді. Ал, бұл бұрғылау жұмыстарының тиімділігін арттырып, пайдалы қазбалар кен орындары барлау және пайдалану жұмыстарының бағасын арзандатады. Әсіресе, бұл айтылғандар терең ұңғыма арқылы шығарылатын мұнай мен газ кен орындарына тікелей байланысты.

Жалпы геологиялық және геофизикалық барлау әдістері арасында ГИС-зерттеуінің жылдан-жылға маңызы (ролі) өсуде. Бұл екі түрлі жағдайға байланысты.

Біріншіден, жер бетіне жақын жатқан кен орындары жыл сайын азайып келеді, сондықтан жер қойнауының терең бөліктеріндегі кен орындарын алу үшін терең ұңғымалар бұрғылау қажет. Олардың тиімділігін арттыруда қазірде белгілі геофизикалық әдістерді кеңінен қолданып, тасбаған алуды жойып немесе азайту керек.

Екіншіден, ұңғыма тереңдеген сайын, онан тасбағанды алу қиындай түседі және оны жер бетінде шығарып зерттеу, табиғи астасуына сәйкес келмейді.

ГИС-зерттеу әдістері, әдетте, мұнай мен газ ұңғымаларын бұрғылау кезінде сынамалауда (опробование) және пайдалануда кеңінен қолданылады. Бұл әдістер төрт түрлі бағытта жүргізіледі: 1) ұңғыманың геологиялық

қимасын зерттеу; 2) ұңғыманың техникалық жағдайын бақылау; 3) мұнай мен газ кен орындарын игеру барысында бақылау жасау; 4) геофизикалық жұмыстар жүргізілетін ұңғымаларда атқылау-жару жұмыстарын орындау.

**Ұңғыманың геологиялық қимасын зерттеу** – аталған бағыттар арасында маңыздысы болып саналады. Бұл бағытта геофизикалық әдістердің барлық түрі яғни электрлік, магниттік, радиоактивтік, термикалық, акустикалық, механикалық, геохимиялық және басқа да әдістері пайдаланылады. Аталған әдістердің іс жүзінде пайдаланылуы әр түрлі табиғи және жасанды физикалық өрістерді зерттеуге негізделген.

Қайбір өріс болмасын, оның қарқындылығы әр түрлі факторларға, ең алдымен, ұңғыма қимасын құрайтын жыныстардың физикалық қасиеттеріне (меншікті электр кедергісі, диэлектрлік және магниттік өтімділігі - өткізгіштігі, электрохимиялық қарқындығы, радиоактивтігі және т.б.) байланысты. Осы аталған қасиеттерді сипаттайтын параметрлер (көрінерлік меншікті электр кедергісі, жыныстардың меншікті немесе жасанды поляризациялар потенциалдары, ток күші, гамма-сәулелену қарқындылығы, жылулық нейтрондардың тығыздығы, температура, серпімді толқындардың таралу уақыты мен жылдамдығы және т.б.) зерттеу кезінде диаграмма түрінде үздіксіз тіркеледі (жазылады) немесе белгілі бір интервалмен өлшенеді. Солардың өзгерісіне қарай ұңғыма қимасының литологиялық-петрографиялық, коллекторлық және басқа сипаттамаларын бағалауға болады.

Ұңғыманың геологиялық қимасын зерттеу нәтижесінде алынған геологиялық және геофизикалық мағлұматтар әр түрлі мәселелерді шешу үшін пайдаланылады: 1) қиманы геофизикалық параметрлер өзгерісіне байланысты бөлу және геофизикалық коррелятивтерді (реперлерді) табу; 2) ұңғыма қимасын құрайтын жыныстарды ажырату; 3) коллекторларды табу және олардың қасиеттерін (кеуектілігі, өтімділігі, саздылығы және т.б.) зерттеу; 4) әр түрлі пайдалы қазбаларды (мұнай, газ, таскөмір, тасты тұз, рудалар, жер асты сулары және т.б.) тауып, олардың орналасуын анықтау; 5) пайдалы қазбалардың қорын есептеу.

**Ұңғыманың техникалық жағдайын зерттеу.** Бұл зерттеулер ұңғыма оқпанының(бойының) қисаюын, ұңғыманың нақты диаметрі мен қимасының кескінін (профилін), су жұтқыш горизонттарды табу және ұңғыма түбін (тереңдігін) анықтау, қаптама құбырының (обсадная труба) сыртындағы судың айналымы мен ұңғыма қабырғасының цементтелу деңгейін анықтау, ұңғыма апатынан кейін қалған металдық заттарды табу және көптеген басқа мәселелерді шешу үшін жүргізіледі.

**Мұнай мен газ кен орындарын пайдалану барысында бақылау жүргізу** жұмыстары төмендегідей мәселелерді шешеді: 1) мұнай мен газды қабаттардан (тақталардан) сығып шығару процесін зерттеу; 2) мұнай қабаттарының пайдалану мүмкіндіктерін зерттеу; 3) ұңғыма оқпанында кездесетін флюидтер (газды яки сұйық ертінділер) құрамын анықтау; 4) пайдалану және айдамалау (нагнетательный) ұңғымаларының техникалық жағдайын зерттеу.

**Ұңғымада атқылау-жару және басқа жұмыстар жүргізу** қатарына жататын зерттеулер: 1) ұңғыма мен оның қабырғасы арасындағы жапсарды (контактін) жақсарту үшін қаптама құбырлар бойын тесу; 2) ұңғыманы жан-жақты зерттеу мақсатында бұрғылау құбыры бойынан жыныстар үлгісін (образец) алу.

Ұңғыманы геофизикалық әдістермен зерттеу мұнай мен газ кәсіпшілігінде, көмір және рудалық кен орындарын барлауда, гидрогеология және инженерлік-геология зерттеулері барысында пайдаланылатын маңызды зерттеулер қатарына жатады.

Ұңғымадан алынған материалдарды талдау дала геофизикасы жұмыстарына қарағанда жаңа геофизикалық интерпретациялау тәсілдерін қажет етеді. Олардың нәтижелері ұңғыманың геологиялық қимасы және сол қимадағы пайдалы қазбалар қабаттары жайлы құнды мағлұматтар береді. Бұл процесс төрт кезеңнен (этаптан) тұрады.

**I-кезең**— ұңғымада орналасқан приборлардан жұмырсым (кабель) арқылы тіркеуші аспаптарға жеткен сигналдарды, геофизикалық параметрлерді сипаттайтын қисық сызықтармен ауыстыру (көрінерлік және тиімділік кедергі, меншікті және жасанды поляризациялар потенциалдары және т.б.). Бұл процесс дала жұмыстары барысында диаграмманы жазу арқылы орындалады. Диаграмманы талдаушы интерпретатор-мамандар қолына жоғары сапалы эталондалған геофизикалық қисық сызықтар келіп түседі.

**II-кезең** — I-кезеңнің нәтижесінде алынған геофизикалық параметрлерден ұңғыма қимасындағы жыныстардың нағыз физикалық қасиеттеріне көшу (электрлік меншікті кедергі, электрохимиялық активтілік, тығыздық және т.б.). Бұл процес ұңғыманы әр түрлі зондтармен қосымша зерттеуді және күрделі интерпретациялау жұмыстарын жүргізуді қажет етеді

Ұңғымада өлшенетін геофизикалық параметрлер тек зерттелетін жыныстардың физикалық қасиеттерін ғана емес, сонымен қатар қабаттардың қалыңдығын, ұңғыманың диаметрін, сазды ертінділердің физикалық қасиеттерін, өлшеуші приборлардың мөлшерін (размерін), қаптама

құбырының саны мен диаметрлерін және көптеген басқа параметрлерді анықтауға мүмкіндік береді. Сондықтан, интерпретатор осылардың барлығының геофизикалық параметрге әсерін, ал керек болса олар үшін түзетулер енгізуді толық білуі керек.

**III-кезең** – тау жыныстарының физикалық қасиеттерінен олардың литологиясына (құрамы, құрылуы және жаралу тегі) және коллекторлық қасиеттеріне көшу. Алынған мағлұматтарды бірге өңдеу нәтижесінде ұңғыма қимасындағы жыныстардың танып-білу (диагностдық) белгілері табылады, және олардағы мұнай мен газ, көмір, руда және басқа пайдалы қазбалар барлығы анықталады.

Сонымен қатар бұл кезеңде геофизикалық мәліметтер бойынша жыныстардың кеуектілік және өтімділік коэффициенттері, саздылығы, мұнай-газ қанықтылығы (нефте-газонасыщениы), көмір- және рудамөлшері және т.б. мәселелер қаралады.

Осы мағлұматтар арқасында көптеген геологиялық мәселелер шешіледі: а) ұңғыманың қимасын жан-жақты зерттеу; б) ұңғыма орналасқан ауданның геологиялық құрылысын барлау; в) пайдалы қазбалар шоғырларының құрылысын зерттеп, оларды кеңістікте таралуын және басқа да пайдалы қазба қорын есептеуге қажетті деректер анықталады.

**IV кезең** - геологиялық зерттеу нәтижелерін жоғарыда келтірілен мәселелерді шешу үшін пайдалану. Бұл интерпретациялаудың қортынды кезеңі, ол болашақ зерттеудің перспективасын жоспарлап, аймақтық геология мәселелерін шешу үшін жүргізіледі.

Ұңғыманы зерттеуде алғашқы геофизикалық әдістер қатарына оның температурасын өлшеу жатқан. Мұндай зерттеулер өткен ғасырдың екінші жартысында, алдымен артезиандық ұңғымаларда жүргізілген. Ал, мұнай ұңғымаларының температурасын өлшеу 1906-1916 жылдары белгілі ғалым Д.В.Голубятников басшылығымен Әзербайжан және Дағыстан жерлерінде жүргізілді. Бұл зерттеулер нәтижесі ГИС әдісінің практикалық пайдалылығын толығымен дәлелдеп шықты.

1926-1928 жылдары К.Шлюмберже (Франция) алғашқы рет ұңғыманың геологиялық қимасын электрлік әдіспен (көрінерлік меншікті электр кедергісін өлшеу арқылы) зерттеу әдісін ұсынды. 1931 жылы Кеңес Одағы геофизика мамандарымен біріге отырып, “Шлюмберже” фирмасының мамандары жаңа “меншікті поляризация потенциалдары” атты тәсілді практикаға енгізді. Осы тәсілді іс жүзінде пайдалану нәтижесінде ұңғыманың

үздіксіз геологиялық қимасын зерттеуге мүмкіндік туды, ал бұл нәтиже кәсіпшілік геофизикасының өсіп дамуына өз көмегін тигізді.

Бұрынғы СССР аумағында кәсіпшілік геофизикасының дамуына белгілі ғалым, мұнай геологиясының негізін салушы, академик И.М.Губкиннің еңбегі мол болды. 1932 жылы СССР территориясында кәсіпшілік геофизикасының дала партия сандары басқа елдерге қарағанда 1,5 есе артық болды. Бұл, осы әдістің дамуына сол кезде аса көңіл бөлінгенін көрсетеді.

ГИС зерттеулерінің саны көбеюімен қатар, бұл салада техника және әдістемелік жұмыстар да қарқынды түрде жүргізіле бастады. 1931 жылдан бастап ұңғыманың қисаю бұрышы мен азимутын өлшейтін арнайы *инклинометр* атты прибор жасалып, іске қосылды. Құбырларды бұрғылау барысында, оның қисаюы геологиялық қима тұрғызылғанда есепке алынатын болды.

Ұңғыманы геофизикалық әдістерімен зерттеуде электрлік тәсілдердің үлесі басқа тәсілдерге қарағанда әлдеқайда жоғары. Кейінгі кезде электр тәсілінің жаңа түрлері іске енгізіліп, олар мұнай мен газ, көмір, рудалар және т.б. ұңғымаларын зерттеуде кеңінен пайдаланылуда.

1945-1955 жылдар аралығында И.М.Губкин атындағы мұнай институтында (Москва) кәсіпшілік геофизикасы кафедрасының ғадымдары ұңғыманы микро деңгейде зерттеу үшін практикаға бірнеше жаңа тәсілдер енгізді. 1948 жылы Х.Г.Долль электр әдісінде электромагнит өрісінің айнаымалы тоғын зерттеуге негізделген жаңа индукциялық әдісті практикаға енгізді.

Ұңғыманы радиоактивті әдіспен зерттеу жұмыстары 1933-1934 жылдары СССР территориясында гамма-әдісті сынамаалаудан басталды. 1941 жылы белгілі физик-ғалым Бруно Понтекорво ұңғыманың қимасын зерттеу үшін нейтрондық гамма-әдісін пайдалануды ұсынды. 1942 жылы А.И.Заборовский мен Г.В.Горшков жаңа нейтрон-нейтрондық әдісті практикаға енгізді.

Ұңғыманы термометриялық әдіспен зерттеу 1931-1932 жылдары өнеркәсіп саласында электр термометрінің пайда болуынан басталды. Кейін, 1952-1958 жылдары бұл салада жүргізілген талдау-қортындылау жұмыстары, ұңғыманы термометриялық зерттеудің тиімділігінің жоғары екендігін дәлелдеді.

Ұңғыманы магниттік әдістермен зерттеу СССР-де 1934-1936 жылдары басталды. Бір топ ғалымдар ұңғыма бойымен жыныстардың магниттік

қабілеттілігін өлшеу әдісінің маңыздылығын іс жүзінде дәлелдеп, бұл әдіс практикаға енгізілді.

1935 жылы С.Я.Литвинов пен Г.Н.Строцкий ұңғыма оқпаны диаметрінің өзгерісін өлшейтін жаңа *кавернометрия* атты әдісті ұсынды.

Акустикалық әдістердің ұңғыманы зерттеуде кеңінен қолданылуы ХХ-ғасырдың 50-жылдары басталды. Алғашқы акустикалық аппарат (ұңғыма қимасы бойымен серпімді толқынның таралу жылдамдығын өлшеу үшін) АҚШ-та, кейіннен СССР-де (Жер физикасы және ВНИИ Геофизика институттарында) шығарыла басталды.

ГИС әдісінің өсіп дамуымен қатар, жер бетінде (ұңғыма ернеуінде) тіркеуші геофизикалық аспаптар мен приборлар, ұңғыма бойымен аспаптарды жоғары-төмен көтеріп түсіретін қондырғылар да шығарыла бастады. Алғашқыда, потенциалметр атты қарапайым прибор көмегімен ұңғыма бойымен интервалы 0,5-1 м сайын өлшеулер жүргізілетін болса, 1932 жылдан бастап жартылай автоматты түрде (кейіннен толық автоматты) жыныстардың көрінерлік кедергісі мен меншікті поляризациялық потенциалдарын диаграммаға жазатын арнаулы тіркеуші аппараттар құрастырылды.

1950 жылдан бастап өнеркәсіпте ұңғыманы геофизиялық әдістермен зерттеуге арналған геофизикалық лабораториялар шығарылып, көптеген өлшеу және өңдеу жұмыстары автоматтандырылды.

Қазірде, ГИС-зерттеуі толық автоматтандырылған лабораториялық комплекстермен жыбықталынып, тіркеу процесі сандық түрде жүргізіледі. Алынған мағлұматтарды өңдеу процесі бірден сол лабораториялық комплексте жүргізіліп, нәтижелері жедел талданады.

#### **Бақылау сұрақтары:**

1. ҰГЗ әдістерін жүргізу.
2. Ұңғымада атқылау-жару және басқа жұмыстар жүргізу
3. Ұңғыманың техникалық жағдайын зерттеу
4. Ұңғыманың геологиялық қимасын зерттеу



Кедергі әдісі

Жоспар:

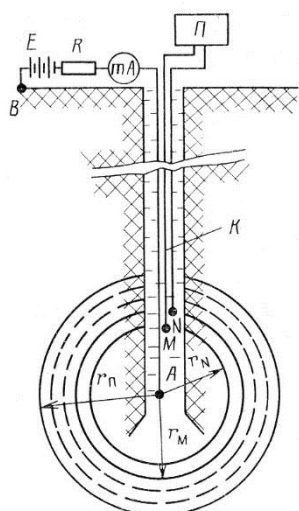
1. Кедергі әдісі
2. Көрінерлік кедергі.

**Кедергі әдісіндегі әдеттегі зондпен каротаж жүргізу** тау жынысының көрінерлік меншікті кедергісін үшэлектродты әдеттегі зондпен өлшеуге негізделген. Ол үшін төртэлектродты MANB қондырғысы пайдаланылады. М,А,N немесе М,А,В үш электродтары (каротаждық зонд) ұңғымаға кабель арқылы түсіріліп, ал төртінші электрод В немесе N ұңғыма ернеуінде қазық ретінде жерге енгізіледі (заземление) (7.4-сурет).

А және В электродтары (тоқ жүретін) арқылы электр өрісі қоздырылып, М және N электродтары көмегімен  $\Delta U$  потенциалдар айырымы өлшенеді (кедергі әдісінде ток жүретін және өлшенетін электродтарды өзара алмастыруға болады, бұл сыбайластылық принципі яғни принцип взаимности деп аталады).

Сонымен, біртекті изотропты ортада А нүктесі арқылы тараған I тогының М нүктесіндегі потенциалын төмендегі формула арқылы табуға болады:

$$U_M = \frac{\rho I}{4\pi r_M} \quad (7.32)$$



7.4-сурет

Көрінерлік меншікті кедергі өлшеу схемасы. А,В және М,N-ток жүретін және өлшеуіш электродтар; П-өлшеуіш прибор; Е-тоқ көзі; R-жүйеде ток күшін реттейді; mA-миллиамперметр

мұнда  $\rho$ -меншікті кедергі,  $I$ -ток мөлшері. 7.32-формуласындағы  $r_M$  орнына  $MA$  немесе  $NA$  мәндерін қойсақ,

$$U_M = \frac{\rho I}{4\pi r MA} \quad (7.33)$$

$N$  нүктесіндегі потенциал

$$U_N = \frac{\rho I}{4\pi r NA} \quad (7.34)$$

Ал, потенциалдар айырымы

$$\Delta U = U_M - U_N = \frac{\rho I}{4\pi} \left( \frac{1}{MA} - \frac{1}{NA} \right) = \frac{\rho I (NA - MA)}{4\pi MA NA} \quad (7.35)$$

мұнда  $NA - MA = MN$ . Олай болса,

$$\Delta U = \frac{\rho I}{4\pi} \frac{MN}{MA NA} \quad (7.36)$$

Сонымен, (7.36) формуласы арқылы біртекті ортаның меншікті кедергісін есептеуге болады, яғни

$$\rho = \frac{\Delta U}{I} \frac{4\pi MA NA}{MN} \quad (7.37)$$

(7.37) формуласының оң жағындағы шамаларды өлшеу арқылы  $\rho$  мәні анықталады. Бұл формулада  $\Delta U$ -милливольтпен (мВ-вольттың мыңнан бір бөлігі),  $I$ - миллиампермен (мА),  $MN$ ,  $MA$  және  $NA$  арақашықтықтары метрмен (м) өлшеніп,  $\rho$  - Ом·м-мен есептелінеді.

(7.37) формуласындағы  $\frac{4\pi MA NA}{MN} = K$  деп белгілесек, онда

$$\rho = K \frac{\Delta U}{I} \quad (7.38)$$

мұндағы  $K$ - зонд коэффициенті деп аталады.

Әдетте, ұңғыма ашқан қима әртекті орта болып саналады. Сондықтан, (7.38) формуласы арқылы табылған меншікті кедергі көрінерлік (кажушееся) деп аталады.

$$\rho_K = \frac{\rho_{mcc}}{\sqrt{1 + (\lambda_a^2 - 1) \cos^2 \alpha}} \quad (7.39)$$

мұнда  $\rho_{\text{мср}}$ -анизотропиялық ортаның меншікті кедергісінің орташа мәні (анизотропия – жыныстың физикалық қасиеттері әр түрлі бағытта түрліше иемденуі);  $\lambda_a$ -анизотропия коэффициенті;  $\alpha$ -ұңғыма өсімен жыныстың қат-қабатталу жазықтығы арасындағы бұрыш.

Егер, жыныстың меншікті кедергісі қат-қабатталу бағытына перпендикуляр өлшенсе, онда ол

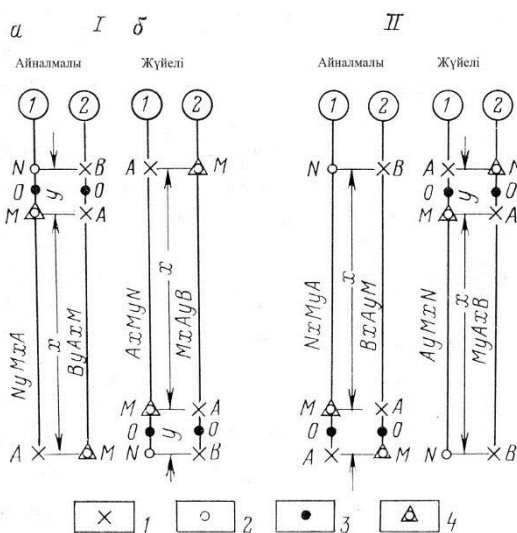
$$\rho_{\text{к}\perp} = \frac{\rho_{\text{мср}}}{\lambda_a} = \rho_{\parallel} \quad (7.40)$$

мұнда  $\rho_{\parallel}$  - ортаның нақты меншікті кедергісі.

Егер, жыныстардың меншікті кедергісі қат-қабатталу бағытымен өлшенсе, онда

$$\rho_{\text{к}\parallel} = \lambda_a \rho_{\parallel} \quad (7.41)$$

Әдетте, жыныстардың МК параметрін өлшеу үшін әр түрлі зондтар (үш электроды бар қондырғы) пайдаланылады: градиент-зондтар және потенциал-зондтар (7.5-сурет).



7.5-сурет

### Зондтарды белгілеу

1-градиент-зонд: а-жабындық (кровельный), б-ұлтандық (подошвенный),  
 II-потенциал-зонд: жақша ішіндегі: 1-бірполюсты зонд; 2-екіполюсты зонд;  
 1-тоқ жүретін электродтар (А,В); 2-өлшеуші электродтар (М,Н); 3-тіркеу орны; 4-ұңғымадағы табиғи өріс потенциалын өлшейтін электродтар

*Градиент-зонд* деп М және N немесе А және В қос электродтары аралығы, А және М немесе М және А сыңар (қос емес) электродтары аралығына қарағанда аз зондтарды айтады.

Градиент-зондтың мөлшері (размері) АО-ға тең (О-тіркеу орны, М,N (А,В) қос электродтар орталығы). АО көбейген сайын зерттелетін ортаның тереңдігі де көбейеді. Егер градиент-зондтың қос электроды сыңар электродтың астында болса, ол ұлтандық деп, керісінше – жабындық деп аталады.

*Потенциал-зонд* деп МА аралығы қос электродтар М,N (А,В) аралығынан аз болған жағдайда айтылады. МА ұзындығы потенциал-зондтың мөлшері болып саналады.

### **Бақылау жұмысы:**

1. Көрінерлік кедергі.
2. Градиент зонд дегеніміз не?
3. Потенциал зонд дегеніміз не?
4. Көрінерлік кедергінің формуласы.

### **Сабақ 72**

#### **Өздігінен поляризацияланған потенциалдар әдісі**

##### Жоспар:

1. Диффузиялық-адсорбциялық потенциалдар.
2. Сүзгі потенциалы.
3. Тотығу-тотықсыздану потенциалы.

Әдіс ұңғыма ішінде өздігінен поляризацияланған (ӨП) потенциалдарды өлшеуге негізделген. Әдетте, сумен немесе сазды ерітіндімен толған ұңғыма ішінде және оның айналасында өздігінен электр өрісі пайда болады, оны практикада өздігінен немесе меншікті поляризациялану (табиғи потенциалдар) деп атайды.

Ұңғыма ішінде потенциалдың пайда болу себебі, ондағы әр түрлі литологиялық қасиеттермен сипатталатын қабаттардың шекараларында және де ұңғыманы жуатын сұйық пен қабаттардың түйіскен жерлерінде диффузиялық-адсорбциялық, тотығу-тотықсыздану және сүзгілену процестеріне байланысты.

*Диффузиялық-адсорбциялық потенциалдар.* Егер ұңғыма ішіндегі электр өрісінің шығу тегі (происхождение) диффузиялық-адсорбциялық болса, онда ұңғымадағы зарядтардың таралуы ( $\rho_B < \rho_C$  ;  $\rho_B$  –күмды қабаттағы судың

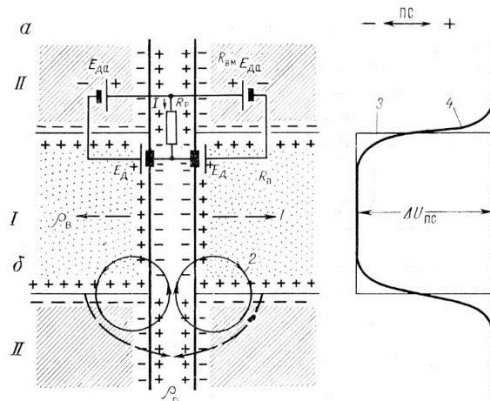
меншікті кедергісі,  $\rho_c$ - сазды ерітіндінің меншікті кедергісі) 7.17-суреттегі көрсетілгендей болады.

7.17-суретте көрсетілген схемада диффузиялық-адсорбциялық потенциал мәні  $E_{ДА} = K_{ДА} \text{Lg}(\rho_c/\rho_b)$ , ал диффузиялық потенциал  $E_D = K_D \text{Lg}(\rho_c/\rho_b)$  ( $K_{ДА}$  және  $K_D$  - диффузиялық-адсорбциялық және диффузиялық потенциалдар коэффициенттері).

Ұңғымадағы потенциалдар жиынтығы

$$E_{ӨП} = E_D - E_{ДА} = (K_D - K_{ДА}) \cdot \text{Lg}(\rho_c/\rho_b) = - K_{ӨП} \cdot \text{Lg}(\rho_c/\rho_b) \quad (7.50)$$

мұнда  $K_{ӨП} = K_{ДА} - K_D$  - диффузиялық-адсорбциялық потенциалдардың жалпы коэффициенті,  $\rho_\phi$ - сазды ерітінді фильтартының меншікті кедергісі.



7.17-сурет

Құмды (I) және сазды (II) қабаттардың шекарасында диффузиялық-адсорбциялық потенциалдардың пайда болуы (б) және оған эквивалентті электр схемасы (а). 1-түздің ығысу бағыты; 2-тоқтық сызықтар; 3-өздігінен поляризацияланған статикалық потенциалдар графигі; 4-өздігінен поляризацияланған потенциалдар (нақты) графигі ( $\rho_b < \rho_c$ )

$E_{ДА}$  алдындағы минус таңбасы 7.17-суретте көрсетілген тоқтық сызықтарда  $E_{ДА}$  потенциал бағыты  $E_D$ -ға қарағанда керісінше болуына байланысты.

(7.50) формуласы бойынша  $K_{ӨП}$ -нің ең үлкен мәні ( $K_{ӨП} 18^0\text{C} = -69,6$ ) сазсыз таза температурасы  $T = 18^0\text{C}$ -қа тең қабатқа сәйкес болады. Ал, әр түрлі температурадағы мәндері

$$K_{ӨП} \approx -69,6 (T + 273) / 291$$

(7.50) формула бойынша сазсыз қабат үшін

$$E_{ӨП T} \approx -69,6 \frac{T + 273}{291} \text{Lg} \frac{\rho_\phi}{\rho_b}$$

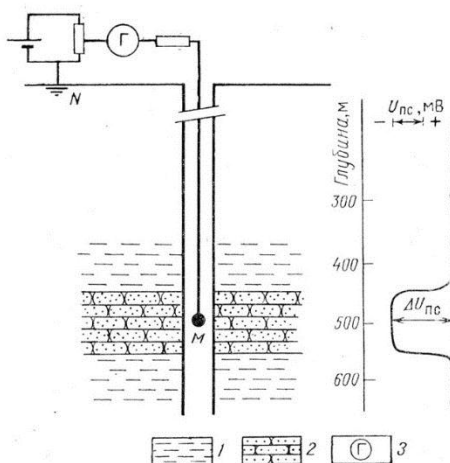
**Ұңғымада ӨП потенциалын өлшеу** сумен немесе сұйық ерітіндімен толтырылған ұңғыма боймен жылжып отыратын М электроды мен ұңғыма ернеуінде орналасқан N электроды аралығындағы потенциалдар айырымы өлшенеді (7.18-сурет).

$$U_{ӨП MN} = U_{ӨП M} - U_{ӨП N}$$

Өлшеу барысында тіркелген қисық сызық М электродындағы электр өрісінің әр тереңдікте өзгерісін көрсетеді. Өйткені N электродының потенциалы өзгермейді, сондықтан

$$U_{\text{ӨП MN}} = U_{\text{ӨП M}} - U_{\text{ӨП N}} = U_{\text{ӨП M}} - \text{тұрақты}$$

ӨП қисық сызығын жазу градиент- және потенциал зондтарымен МК қисық сызығын жазумен қатар бір уақытта жүргізіледі. Мұндай бірігіп тіркеуді *стандартты электркаротаж* деп атайды.



7.18-сурет

ӨП потенциалын өлшеудің схемасы  
1-саз; 2-құмтас; 3-тіркеу аппараты

ӨП қисық сызығының формасы мен амплитудасы әр түрлі факторларға тәуелді: қабаттың қалыңдығы, ұңғыманың диаметрі, қабаттың, кіріктіруші жыныстың, сұйық ерітіндінің және қабаттағы судың кедергілері, фильтраттың қабатқа сіңуі және т.б.

Ұңғыманы зерттейтін геофизикалық әдістер арасында ӨП кең таралған әдістердің бірі. Бұл әдіс, негізінен, ұңғыма ашқан қабаттардың шекарасын анықтауда, әсіресе қиманың сазды және сазсыз қабаттарын даралауда (коллекторды бөлуге) кеңінен пайдаланылады.

Тау жыныстарының, электр тогы тарау барысында, поляризациялану қасиетін бағалау үшін ұңғымада *жасанды потенциалдар* (вызванные потенциалы) өлшенеді. Ол үшін А және В электродтары арқылы жерге қоздырушы ток жіберіліп, пульсатор деп аталатын қос ауыстырып-қосқыш (переключатель) арқылы  $\Delta U_{\text{ВП}}$  өлшенеді (7.19-сурет). Ток тізбегі ажыраған кезде өлшеу тізбегіндегі М және N электродтарындағы  $\Delta U_{\text{ВП}}$  өлшенеді, керісінше  $\Delta U_{\text{КС}}$  –мәнін өлшеуге болады.

Бұл әдіс ұңғыма қимасын зерттеуде (әсіресе, көмір және рудалық қабаттарды) қосымша әдіс ретінде практикада жиі қолданылады.

#### Бақылау жұмысы:

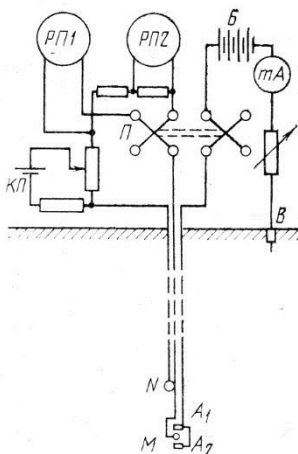
1. Жасанды потенциалдар дегеніміз не?
2. Стандартты каротаж дегеніміз не?
3. Диффузиялы-адсорбция потенциалы.
4. Тотығу-тотықсыздану потенциалы.
5. Сүзгі потенциалы.

Электрлік каротаждағы қолданылатын  
өлшеу техникасы

Жоспар:

1. Потенциалдар айырымын өлшеу
2. Тіркеуші приборлар
3. Үш желілі және көп желілі кабельдермен электрлік каротаж жүргізу схемалары
4. Бір желілі кабельмен электр каротаж жүргізу

**Потенциалдар айырымын өлшеу.** ГИС-зерттеу әдісінде қажетті параметрді анықтау белгілі бір схемамен өлшенген потенциалдар айырымы немесе ток мәні арқылы есептелінеді. Бұл шамалар *тоқтық* (токовый) немесе *компенсациялық* (компенсационный) тәсілдерімен өлшенеді.



7.19-сурет

Жасанды потенциалдарды өлшеу схемасы РП1 -  $\Delta U_{ВП}$  потенциалын жазатын прибор; РП2 -  $\Delta U_{КС}$  потенциалын жазатын прибор; КП- поляризация компенсаторы; П-пульсатор; Б-батарея; mA-миллиамперметр;  $A_1$ ,  $A_2$ , В, М және N-тоқтық және өлшеу электродтары

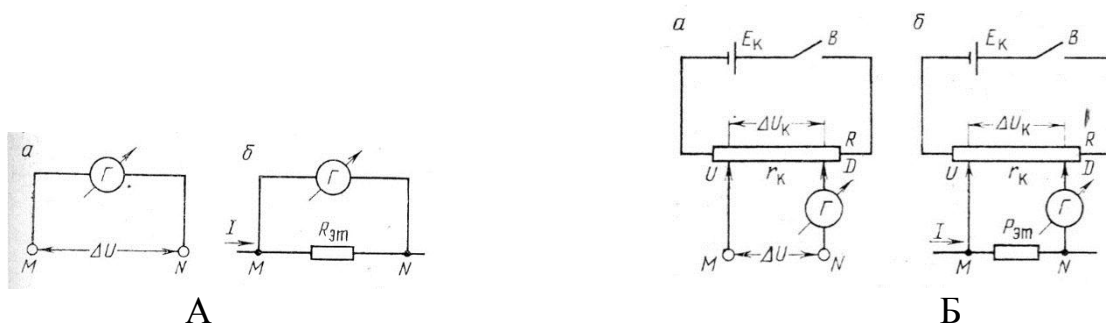
Потенциалдар айырымын тоқтық тәсілмен өлшеу үшін өлшеуіш прибор (7.20 А-сурет) тізбектің М және N нүктелеріне қосылып, олардың арасындағы потенциалдар айырымы өлшенеді.

$$\Delta U = mn \quad (7.51)$$

мұнда m - прибор шкаласының бөліктерінің мәні (цена деления); n- өлшеуіш прибордың көрсеткіші.

Ток күшін өлшеу үшін бұл тізбекке  $R_{ЭТ}$  (эталондық кедергі) енгізілуі керек

$$I = mn/R_{ЭТ} \quad (7.52)$$



7.20-сурет

Потенциалдар айырымы (а) мен тоқ күшін (б) тоқтық (А) және компенсациялық (Б) тәсілдермен өлшеу схемасы

Компенсациялық тәсілде өлшенетін  $\Delta U$  электр қозғаушы күшіне ( $E_K$ ) тең компенсациялық элемент  $r_k$  арқылы таралған  $I_K$  тогы тудыратын эталондық  $\Delta U_K$ -мен салыстырылады (7.20 Б-сурет). Егер өлшенетін және эталондық (компенсациялық) потенциалдар айырымы тең болса (таңбалары керісінше), онда эталондық  $R$  резистордың  $U$  және  $D$  жылжымалы нүктелерін  $M$  және  $N$  нүктелерімен қосатын жерде ток мүлде жоқ болады. Мұндай жағдайды компенсациялық жағдай (положение компенсации) деп атайды.

$$\Delta U = \Delta U_K = I_K r_k = \frac{E_K}{R} r_k \quad (7.53)$$

Сонымен, бұл тәсілде  $\Delta U$  шамасын өлшеу үшін  $r_k$  мәнін өзгертіп яғни  $U$  және  $D$  нүктелері аралығында эталондық резистордың жылжымалы нүктесін (ползунки) өзгертіп компенсациялық жағдайды табу керек.

Ал, бұл тәсілмен ток күші эталондық  $R_{ЭТ}$  резисторында пайда болған  $\Delta U_{ЭТ}$  өлшеу арқылы табылады:

$$I = \frac{\Delta U_{ЭТ}}{R_{ЭТ}} = \frac{E_K r_k}{R R_{ЭТ}} \quad (7.54)$$

мұнда  $\Delta U_{ЭТ} = I R_{ЭТ}$

Аталған екі тәсіл де іс жүзінде бірдей қолданғанымен, компенсациялық тәсілдің тоқтық тәсілге қарағанда біршама артықшылығы бар. Өйткені, компенсациялық тәсілде тізбектегі ток мөлшері аз, сондықтан өлшеу нақтылығы жоғарырақ.

**Тіркеуші приборлар (регистраторы).** ГИС-зерттеу әдісінде өлшеу нәтижелерін автоматты түрде тіркеу үшін жарықсәулелік (светолучевой) осциллографтар немесе фототіркеуіштер (фоторегистраторы) және өздігінен жазатын автоматтандырылған электрондық (автоматический электронный самопишущий) потенциометрлер қолданылады. Осциллографта потенциалдар айырымы немесе ток күші тоқтық тәсілмен, ал потенциометрде – компенсациялық тәсілмен тіркеледі.

Жарықсәулелік осциллографтар автоматты каротаждық АКС станциясында қондырылған, олардың көмегімен оптикалық тәсілмен фотоқағазға өлшенетін параметрлер жазылады. Осциллограф магнитэлектрлік блок (гальванометрмен қоса), оптикалық жүйе, электрлік схема, лентатартушы механизм, сыртқы қораптан тұрады.



Практикада арнайы каротаждық Н013, Н015, Н017, Н028 осциллографтар және басқа да түрлері кеңінен пайдаланылады. Бұл қондырғыларда өлшенетін параметр балама (аналог) түрінде фотоқағазға жазылады. Оларды тікелей компьютерде өңдеу мүмкін емес, ол үшін жазуларды сандық түрге айналдыру қажет.

**Үш желілі және көп желілі кабельдермен электрлік каротаж жүргізу схемалары.** *Үш желілі әдеттегі зондпен* электр каротаж - ұңғымада бір уақытта жыныстың көрінерлік МК мен ӨП потенциалын өлшеу үшін пайдаланылады. Мұндай схема тоқтық және өлшеуіш бөліктерден тұрады. Схеманың тоқтық бөлігі ұңғыма аумағындағы кеңістікте электр өрісін қоздыру үшін пайдаланылады. Оның құрамында ток көзі G, тоқты реттейтін реостат R, миллиамперметр mA және тоқтық A, B электродтар бар (7.21-сурет). Схеманың өлшеуіш бөлігі өлшеуіш КС және ӨП каналдарынан (КС құрамында фильтр Ф1, түзеткіш В<sub>п</sub>, гальванометр Г1; ӨП құрамында – фильтр Ф2, гальванометр Г2, поляризацияны компенсациялау приборы ГКП), өлшеуіш M, N және N<sub>1</sub> электродтарынан тұрады.

A және B электродтары арқылы жерге айнымалы ток жіберіліп, M және N электродтары арасында потенциал айырымының айнымалы құрастырушысы  $\Delta U_{КС}$  және тұрақты құрастырушысы  $\Delta U_{ӨП}$  пайда болады. Олар Ф1 және Ф2 фильтрлер көмегімен бөлініп тіркеледі. (айнымалы  $\Delta U_{КС}$  түзетуші В<sub>п</sub> арқылы түзетіліп тіркеледі).

*Көпжелілі кабель* және оған сәйкес аппаратура қолданылған жағдайда, МК қисық сызықтары (бірнеше зондтармен) мен ӨП потенциалы бір уақытта тіркеледі.

Автоматтандырылған каротаж станция лабораториясы АКС/Л-7, көп каналды және кең таралған лаборатория болып саналады. Ол, бір-, үш және жеті желілі брондалған кабельдермен жұмыс істейді.

**Бір желілі кабельмен электр каротаж жүргізу** практикада кеңінен пайдаланылады. Кабельдің ток жүретін ішкі бір желісі мен сыртқы орауы (оплетка) екі сымды байланыс жүйесін құрайды. Мұндай бір желілі кабельдер АКС/Л-64 және АК/Л-7 каротаждық лабораторияларда пайдаланылады.

*Ұңғымада жүргізілетін электрлік өлшеулерді комплекстеу (құрастыру).* Мұнай мен газ ұңғымаларын зерттеу үшін көлемі әр түрлі электрлік және басқа да геофизикалық әдістер пайдаланылады. Олардың саны мен көлемі ұңғыманың мүмкіншілігіне, геологиялық қиманың ерекшеліктеріне және алға қойған геологиялық мақсатқа байланысты. Терең және аса терең ұңғымаларда жүргізілетін геофизикалық зерттеулер көп уақытты қажет етіп, ұңғыманы бұрғылау уақытын созады.

Геофизикалық зерттеулердің мерзімін азайтудың бір жолы - әдістерді комплекстеу яғни бір уақытта бірнеше әдістер түрін (бірнеше зондтармен) бірден пайдалану болады. Мұндай зерттеулер көп каналды автоматтандырылған каротаждық станциялармен (көп желілі немесе бір желілі кабельмен) және көп каналды телеөлшеу жүйесі көмегімен жүргізіледі. Оның құрамында ИПЧМ панелі (панель частотной модуляции), комплексті ұңғымалық приборлар КСП, АБКТ, АИК-3, МДО-3, КБМК және

т.б. бар (КСП – стандартты каротаж зондтары және бүйірлік каротаж зонды БКЗ; АБКТ – үш электродты бүйірлік каротаж зонды, стандартты каротаж зондтары және БКЗ, ӨП; АИК-3 – индукциялық каротаж зондтары 6Ф1 және әдеттегі зондтар А0,5М0,1N; МДО-3 – бір уақытта қолданылатын градиент-зонд және потенциал-микрозондтар; КБМК – бүйірлік микрокаротаж зонды және микрокавернометр және с.с.).

*Диаграммалардың тіркеу масштабтарын анықтау және оларды дайындау* (оформление). Диаграмманың тік (вертикаль) және көлденең (горизонталь) тіркеу масштабтары ұңғыма ашқан геологиялық қиманы ажырату дәлдігіне яғни әрбір қабаттардың тереңдігін нақты анықтауға байланысты алынады. Әдетте, тереңдік (тік) масштабы іздестіру (поисковые) жете зерттеу (детальные) болып бөлінеді. Іздестіру масштабы көпшілік жағдайда 1:500-ге, ал жете зерттеу масштабы 1:200-ге тең. Практикада, ұңғыманың барлық окпанын геофизикалық зерттеу барысында іздестіру масштабы, ал қиманың ашылған өнімді (продуктовый) бөлігі – жете зерттеу масштабында жүргізіледі. Қисық сызықтар тіркеу барысында диаграммадан сыртқа шықпау керек, сондықтан оның көлденең масштабы нақты есептелуі қажет.

Диаграммада төмендегідей мәліметтер көрсетіледі: 1) іздестіру ауданы (алаң немесе кенорны аты) және ұңғыманың нөмірі; 2) ұңғыма конструкциясы жайлы деректер және оның тереңдігі; 3) ұңғыма жуатын сұйық туралы деректер – меншікті кедергісі, тығыздығы, тұтқырлығы; 4) зерттеу әдісі, прибордың (зондтың) түрі, қисық сызықтарды жазу масштабтары; 5) кабель желісінің (өлшеуге дейін және өлшеуден кейін) изоляциясының кедергісі; 6) бірінші белгінің орны (цена первой метки); 7) кабельді көтеру жылдамдығы; 8) белгілердің нақты тереңдігі; 9) орындаушылар фамилиялары және басқа да деректер.

### **Бақылау жұмысы:**

1. Ұңғымада жүргізілетін электрлік өлшеулерді комплекстеу.
2. Потенциалдар айырымын өлшеу
3. Диаграммаларды тіркеу.
4. Осциллограф дегеніміз не?

**Каротаж станциясымен танысу.**

Жоспар:

1. Вулкан станциясымен танысу.
2. Кобра станциясымен танысу.

*ГИК-1-01 компьютерлі станциясы*

ҰГЗ өткізу үшін «Вулкан» тіркеушісімен ГИК-1-01 компьютерлі станциясын қолдануға болады, осы станция ЗИЛ – 131 автокөлігінде ор-наласқан. Бұл станция осы уақыт талабына сай, пайдалануға қолайлы барлық атқарыла-тын жұмыстарда толықтай қамтамасыз етеді. «Вулкан» тіркеушісімен ГИК-1-01 каротаж станциясы құбырларда геофизикалық зерттеу процессінде, құбыр-ыр аппаратураларынан алынған мәліметтерді жинау, сол уақытқа сәйкес, бі-рінші рет өңдеу және гео-физикалық қисық түрінде бейнелеу тездетіп баспа-ға беру, деректеме тасымалдаушы LAS - форматта сақтау және өзінің фор-мат пакері Geophysics Office арқылы, одан ары өңдеу және алынған геофиз-икалық деректемені интерпретация жасау үшін арналған.

*Электрқоректенуі «Вулкан» каротажды тіркегіш* болған кіретін програмаларды басқарылатын ток көзінен жүргізіледі. Ток көзінің шығыс-тағы кернеуі каротажды тіркегіш коммутациясының әмбебап схемесімен және геофизикалық таған тізбегінен өтіп жеке бағанға келіп одан әрі гео-физикалық кабель талшығына келеді. Сигнал құбыры аппаратурасынан өтіп және геофизи-калық кабель талшығынан өтіп «Вулкан» каротажды тіркегіш блогына келді, мұнда қайтадан өңдеу жүргізіледі және сандық формаға түрлендіру жүргізіледі.

*Каротажды тіркегіш блогы* өндірістік ДК блогында жасалған, тіркегіш\* программасын басқарылуы арқасында жұмыс істейді.

*Каротажды тіркегіш блогымен* өндірістік компьютер блогынын арасында ақ-параттық алмасы. USB-интерфейс арқылы жүзеге асады. Берілген тіркегіштер-ді тереңдікте орналастыру үшін каротажды бақылау блогынан сельсин қосыу-

шысы арқылы келетін, геофизикалық кабельмен оралатын, роликте орнатылған сельсиннен келетін сигнал қолданылады.

*Каротажды бақылау блогы* 2-ші сельсиннен тұрады. Бұл сельсин, оның датчикімен білігенде орнатылған және тереңдік мәндерін есептеу үшін сигналды қалыстатыру үшін қолданылады. Сигнал ДМГ-типті магнитті датчигінен ДМГ-гі қосқын арқылы өтіп, каротажды бақылау блогына келеді. Каротажды бақылау блогы дыбыстық сигналды және каротажды тіркегіш блогына тіркелген электрлік сигналды қалыптастырады. Зертхананы айнымалы ток желісінен электр тогымен көректендіру 220 В арқылы жүзеге асады.

*Тұрақтандырғыштың желілік блогына* күштік трансформатордың орамына қоспағына жағдайда, зертхананың көректендіретін кернеуін сатты тұрақтандыруы жүзеге асады.

**«КОБРА-М55571» каротаждық станциясы** су және қатты пайдалы қазбаларға бұрғыланатын 3000 метр тереңдікке дейінгі тік және еңіс ұңғымадағы каротажды сандық тіркеуге арналған.

Станция электрлік, термометриялық және радиоактивті әдістермен ұңғыманы зерттеуге арналған ұңғымалық аппаратурамен кешен-деледі. Станция сериялық өндірісті кез келген ұңғымалық аспаптар-ды қолдану арқылы ұңғыманы басқа әдістермен зерттеуге болады

*Техникалық сипаттамалары:*

Зерттелетін ұңғыма тереңдігі – 3000 метрге дейін.

Лебедка барабанының орташа диаметрі бойынша кабель жылдамдығы:

- 1) минимальді - 200 м/сағ-тан көп емес;
- 2) максимальді - 10000 м/сағ-тан аз емес.

Кабель орамының алғашқы екі орамына түсетін максимальді ауырлық күші – 25000 Н-нан кем емес.

Лебедка барабанының сыйымдылығы – 0,25 м<sup>3</sup>

Станцияның электрлік қорегі – 220(±22)В кернеулі, 50Гц (±1) жиілікті ауыспалы ток. Қорек жерленген нейтральді өндірістік желіден алынады.

Станцияның қолданылатын қуаты 2,5 кВт-тан аспайды.

Станция массасы 8000 кг-нан аспайды.

Ұңғымалық аспаптың орналасу тереңдігін тіркеу кванттау қадамының дәлдігімен тереңдік счетчигі арқылы орындалады және кабельдегі белгілер бойынша түзетіліп, неғұрлым дәлділенеді.

#### **Бақылау сұрақтары:**

1. Вулкан станциясының блоктары.
2. Актор мен Гекат айырашылығы.
3. Кобра М55571 станциясының техникалық сипаттамасы.
4. Кобра М55571 станциясының жалпы массасы қандай?

#### **Сабақ 75**

#### **Бүйірлік каротаж (БК)**

##### Жоспар:

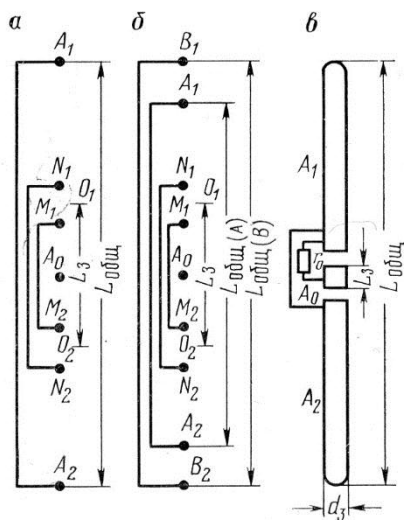
1. Бүйірлік каротаж.
2. Бүйірлік каротажда қолданылатын электродтар.

**Бүйірлік каротаж (БК)** деп экрандалған электродтары бар зондтармен тоқты фокустау (бір жерде жинау) арқылы жүргізілетін кедергі каротажын айтады, яғни кедергі әдісімен каротаж жүргізу барысында зондтардағы электр өрісі бақылауда болады (басқарылады).

Бүйірлік каротаж зондтарының санына байланысты *көпэлектродты (жеті-, тоғызэлектродты)* және *үшэлектродты* болып бөлінеді.

*Жетіэлектродты зонд* (7.10-сурет) орталық  $A_0$  электродынан, өлшеуіш екі пар  $M_1, M_2, N_1, N_2$  және бір пар экрандық  $A_1$  және  $A_2$  электродтарынан тұрады. Әрбір пар электродтар бір-бірімен қосылған және  $A_0$  электродынан бірдей қашықтықта орналасады.  $A_0$  электроды арқылы  $I_0$  тоғы жіберіліп, ол токтың мөлшері бірқалыпты жағдайда ұсталады. Эcranдық  $A_1$  және  $A_2$  электродтары арқылы  $I_Э$  тоғы таралып, оның мөлшері  $M_1$  және  $N_1$  немесе  $M_2$  және  $N_2$  электродтары аралығындағы потенциалдар айырмасы 0-ге тең болуын қамтамасыз етеді. Өлшенетін шама -  $M_1, M_2$  немесе  $N_1, N_2$  электродтарындағы потенциалдың  $N$  электродына қарағанда азайу деңгейі (падение потенциала). Ал,  $N$  электроды токты электродтардан біршама қашықтықта орналасады (жер бетіне шығарылмайды).

Өлшенген шама  $A_0$  нүктесіндегі мән деп есептелінеді. Зондтың ұзындығы  $L_3$  ретінде  $M_1N_1$  және  $M_2N_2$  аралығы ( $O_1$  және  $O_2$  нүктелері) алынады. Эcranдық  $A_1$  және  $A_2$  электродтар аралығы зондтың жалпы мөлшері  $L_{общ}$  деп аталады ( $q=(L_{общ}-L_3)/L_3$  - фокустық параметр).

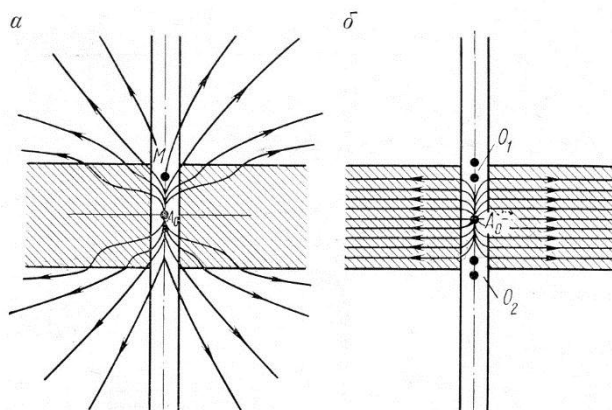


7.10-сурет

Бүйірлік картаж зондтарының схемасы. Зонд: а-жетіэлектродты (БК-7); б-тоғызэлектродты (ПБК); в-үшэлектродты (БК-3)

Көрінерлік меншікті кедергі өлшенген  $\Delta U_{МК}$  және орталық  $A_0$  электродынан таралған  $I_0$  ток күші арқылы 7.38-формуламен есептелінеді. БК зондымен есептелген көрінерлік кедергі  $\rho_k$ , кедергі әдісіндегі әдеттегі зондпен өлшенген  $\rho_k$ -ға қарағанда қабаттың нақты  $\rho$  кедергісіне шамалас.

7.11-суретте жоғары кедергілі қабаттың қарсысында орналасқан  $A_0$  электродынан таралған ток сызықтарының әдеттегі кедергі (а) әдісінде және БК (б) әдісінде көрінісі келтірілген. БК әдісінде зерттеу тереңдік экрандық  $A_1$  және  $A_2$  электродтарының арақашықтықтарымен тікелей байланысты:  $A_1$  және  $A_2$  аралығы өскен сайын зерттеу тереңдігі де өсе түседі.

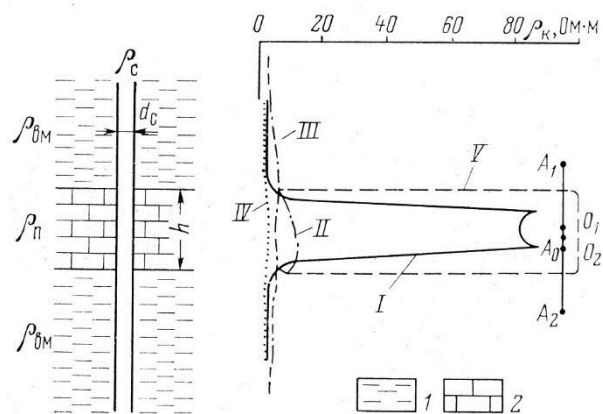


7.11-сурет

Жоғары кедергілі қабаттың ортасында орналасқан  $A_0$  электродынан таралған ток сызықтары: а-әдеттегі зонд; б-бүйірлік зонд

БК әдісінің әдеттегі зонд әдісінен артықшылығы 7.12-суретте келтірілген. Ұңғыма қимасындағы жұқа қабат БК қисық сызығында анық көрінсе, әдеттегі потенциал- және градиент-зондтар қисық сызықтарында бұл қабат дұрыс көрінбейді.

Жетіэлектродты зондта электродтардың орналасуы төмендегі түрде жазылады:  $A_0 0,2 M_1 0,2 N_1 1,1 A_1$ . Бұл жазу  $L_{общ}=3$  м,  $L_3=0,6$  м,  $q=4$  деген түсінікті білдіреді. Диаграммада мұндай зонд  $L_A 3q 4$  деп бейнеленеді.



7.12-сурет

Жоғары кедергілі жұқа қабат үшін өлшенген әр түрлі кедергі қисық сызықтарын салыстыру. I-БК-7 зонды ( $L_{\text{общ}}=9d_c$ ;  $L_3=1,5 d_c$ ;  $q=5$ ); II-градиент-зонд ( $A_0=25d_c$ ); III-потенциал-зонд ( $MA=7d_c$ ); IV-потенциал-зонд ( $MA=1,75d_c$ ); V-нақты меншікті кедергі сызығы; 1-саз; 2-ізбестас;  $\rho_{\text{п}}=100$  Омм;  $\rho_{\text{ВМ}}=3$  Омм;  $\rho_c=0,1$  Омм;  $h=6d_c$

*Төгізэлектродты зонд* әдетте аз тереңділігімен сипатталады, сондықтан да ұңғыма ашқан қабаттың аз ғана бөлігін (ұңғыма оқпанына жақын) зерттеуге арналады. Оның құрылысы жетіэлектродты зондқа ұқсас, тек жетіэлектродты зондтың сыртында  $A_0$  электродынан бірдей қашықтықта қосымша  $B_1$  және  $B_2$  электродтары орналасқан (7.10б-сурет).

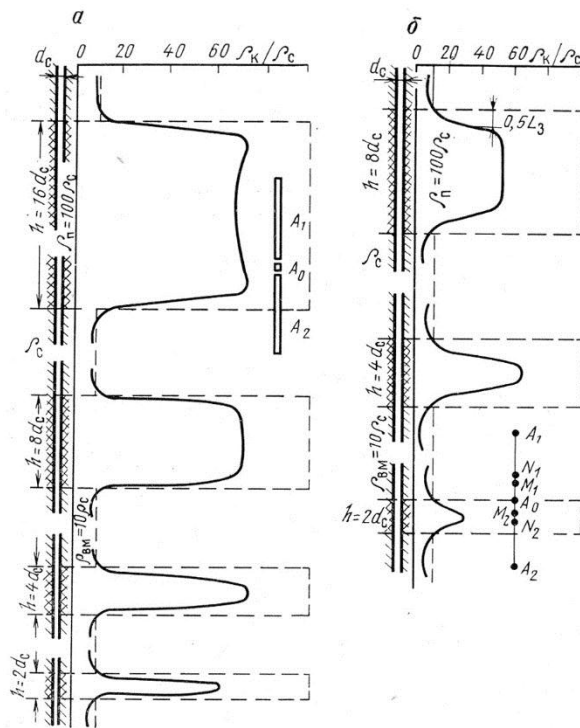
$B_1$  және  $B_2$  электродтары арқылы  $I_0$  және  $I_3$  ток тізбегі тұйықталып,  $A_0$  электродынан таралған ток қабатқа сіңбей, шашыраңқы түрде таралып, қабаттың беткі бөлігінің ғана меншікті кедергісін сипаттайды.

Электродтардың орналасуы  $A_0 0,2M_1 0,2N_1 0,2A_1 0,9B_1$  түрінде жазылып, ол  $L_{\text{общ}}=1,2$  м,  $L_3=0,6$  м,  $q=1$  деген түсінікті білдіреді. Диаграммада мұндай зонд  $L_B 3L_A 1,2q 1$  деп бейнеленеді.

*Үшэлектродты зонд* (БК-3) ұзынша формалы үш электродтан тұрады (7.10в-сурет). Орталық (негізгі) электрод  $A_0$  және оған симметриялық түрде орналасқан екі экранды  $A_1$  және  $A_2$  электродтары жұқа изоляциялық қабатшамен бөлініп, металдан жасалған цилиндр түрінде болады. Электродтар арқылы жіберілген токтың күші үш электродтардағы потенциалдардың мәндері бірдей болуын қамтамасыз етеді ( $U_{A_1}=U_{A_0}=U_{A_2}$ ).

Көрінерлік меншікті кедергі  $A_0$  және  $N$  электродтары аралығында өлшенген потенциалдар айырмасы арқылы  $\Delta U_{\text{КС}}$  7.38-формуласы көмегімен есептелінеді.

7.13-суретте үшэлектродты және жетіэлектродты зондтармен табылған кедергі қисық сызықтары келтірілген.



7.13-сурет

Жоғары кедергілі дара кабат үшін тұрғызылған кедергі қисық сызықтары: а-үш электродты; б-жеті электродты зондтар. а -  $L_{\text{общ}}=15 d_c$ ;  $L_3=0,75d_c$ ;  $d_3=0,43d_c$ ; б-  $L_{\text{общ}}=8,25 d_c$ ;  $L_3=2,37d_c$ ;  $q=2,47$

### Бақылау сұрақтары:

1. Бүйірлік каротаждың жұмыс істеу принципі.
2. Бүйірлік каротаждың кемшіліктері.
3. Бүйірлік каротжда қандай электродтар қолданылады?
4. Меншікті электр кедергісі дегеніміз не?

### Сабақ 76

### Индукциялық каротаж (ИК)

#### Жоспар:

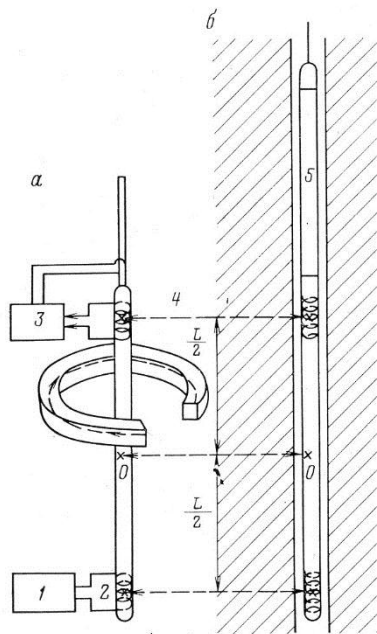
1. Индукциялық каротаж.
2. ИК әдісінің жұмыс істеу принципі.

**Индукциялық каротаж (ИК)** деп жыныстардың көрінерлік меншікті электр өткізгіштігін өлшеуге негізделіп жасалған электромагниттік әдісті айтады. ИК әдісі әдеттегі және бүйірлік зондтармен жүргізілетін каротаждан айырмашылығы, бұл әдісті тек қана ұңғыманы жуатын ток өткізгіш ерітінділер ішінде ғана емес, сонымен қатар ұңғыма ішінде өткізбейтін ерітінді (мәселен, мұнай), ауа немесе газ ортасында да пайдалнуға болады.

ИК әдісінде өлшеу процесі ұңғыма ішіне түсірілген екі катушқадан (айнымалы токпен қоректенетін қоздырушы немесе генераторлық,



күшейткіш және түзеткішпен жабдықталған қабылдаушы) тұратын тереңдік прибормен жүргізіледі (7.14-сурет).



7.14-сурет

Индукциялық каротаж при-борының схемасы. а-көңістіктік (пространственный) схема; б-ұңғыма бойымен қима: 1-генератор; 2-генераторлық катушка; 3-күшейткіш; 4-қабылдаушы катушка; 5-күшейткіш пен генератор үшін қаптама; L-зонд ұзындығы.

Прибордың электрондық схемасы қоздырушы катушканы жиілігі 20-80 кГц-қа тең токпен қоректендіріліп, қабылдаушы катушкадағы сигналды күшейтуді қамтамасыз етеді. Генераторлық катушкадағы айнымалы ток айнымалы магнит өрісін тудырып, ол қоршаған жыныстарда құйындық ток (вихревые токи) тудырады. Ал, бұл құйындық ток жыныстарда қосымша магнит өрісін тудырып, ол бастапқы магнит өрісімен қосылып, қабылдаушы катушкада электр қозғаушы күш (ЭҚК) пайда болады. Бұл ЭҚК жыныстардың электрөткізгіштігіне яғни меншікті кедергісіне тікелей пропорционал, яғни

$$E_2 = K_{II} \sigma_{II} \quad (7.42)$$

мұнда  $K_{II}$ —зонд коэффициенті,  $\sigma_{II}$ —жыныстың электрөткізгіштігі.

Іс жүзінде, өлшенетін шама  $E_{II}$  емес, оған пропорциональ шама  $E_c$ , яғни

$$E_c = c E_2 \quad (7.43)$$

мұнда  $c$ —пропорциональдық коэффициент. Олай болса,

$$\sigma_{II} = E_2 / K_{II} = E_c / c K_{II} = E_c / K_c \quad (7.44)$$

мұнда  $K_c$ —катушкадағы сигналдан меншікті электрөткізгіштікке көшу үшін пайдаланатын коэффициент.

Ұңғымадағы приборды қоршаған орта біртекті емес болғандықтан, өлшенген электрөткізгіштік шама көрінерлік электрөткізгіштік болып есептеледі, яғни

$$\sigma_k = 1/\rho_k = E_c/K_c \quad (7.45)$$

Көрінерлік меншікті электрөткізгіштік сименс/метр-мен өлшенеді (См/м). Сименс – кедергісі 1 Ом·м-ге тең өткізгіш дененің өткізгіштік қабілеті.

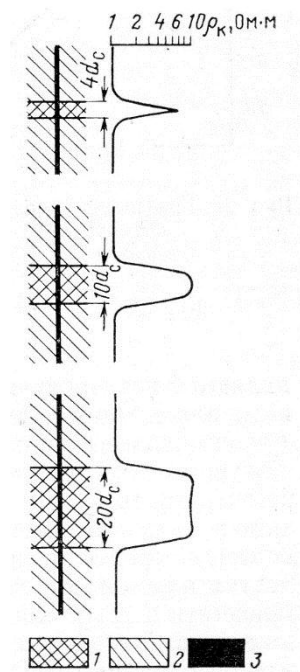
Индукциялық каротаж зондының шифры – бірінші цифр зондтағы катушкалар санын білдіреді (өлшеу дәлдігін арттыру үшін басты екі катушқадан басқа зондта бірнеше қосымша катушкалар болуы мүмкін), Ф, И немесе Э әріптері зондтың түрін, үшінші элемент зондтың ұзындығын (басты екі катушкалар ортасының арақашықтығы, м-мен) білдіреді (мәселен, индукциялық зондтың шифры 6Ф1).

Индукциялық каротажды жүргізу үшін бірнеше арнайы аспаптар түрлері пайдаланылады. Олар бір-бірінен зондтардың құрылысымен, схемаларының ерекшеліктерімен және басқа да параметрлерімен айырылады. Жалпы алғанда, ИК аппаратурасы бір-бірімен кабелмен жалғасқан ұңғымалық прибормен және жер бетінде орналасқан басқару жүйесінен тұрады.

ИК әдісінде өлшейтін сигнал мөлшері жыныстардың және ұңғыма жуатын ерітінділердің электрөткізгіштігімен, ерітінділердің сіңу белдемімен, қабаттың қалыңдығымен, ұңғыманың диаметрімен, зондтың түрі және мөлшерімен, ток күші және өрістің жиілігімен байланысты.

7.15-суретте оқпаны мұнаймен толған ұңғымада шектелген жыныстар қабаты үшін тәжірибе барысында алынған индукциялық каротаж қисық сызықтары келтірілген. Суретте көрсетілгендей, қисық сызықтар шекарасы қабаттың қалыңдығын анық көрсетеді.

Индукциялық каротаждың нәтижелеріне ұңғыманың өз әсерін оның диаметрі  $d_c$ ,  $\rho_c$  және  $\rho_n/\rho_c$  параметрлері арқылы білуге болады. Ұңғыманы



7.15-сурет

Индукциялық каротаждың тәжірибелік қисық сызықтары

$\rho_{\text{п}}$  (Омм): 1-10; 2 – 1; 3-  $\rho_{\text{с}} \rightarrow \infty$

жуатын жоғары минералды ерітінділер ( $\rho_{\text{с}} < 1 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ ) және жоғары кедергілі жыныстар ( $\rho_{\text{п}}/\rho_{\text{с}} > 20$ ) үшін бұл әсер айтарлықтай болуы ықтимал. Сондықтан да, мұндай жағдайларда индукциялық каротаждың қисық сызықтарын интерпретациялауда арнайы палетканы пайдалану арқылы түзетулер енгізілуі қажет.

ИК әдісі төменгі және орташа кедергілі геологиялық қималарды зерттеуде сапалы нәтижелер береді. Ал, жоғары кедергілі жыныстарда және ұңғыма жуатын ерітінді тұзды болған жағдайда ИК әдісінің нәтижелері айтарлықтай жоғары болмайды.

#### Бақылау сұрақтары:

1. ИК әдісінің жұмыс істеу принципі.
2. ИК әдісінде қолданылатын аспаптар.
3. Индукциялық каротажды жүргізу үрдісі.
4. ИК әдісінің артықшылықтары.

Радиоактивті каротаж

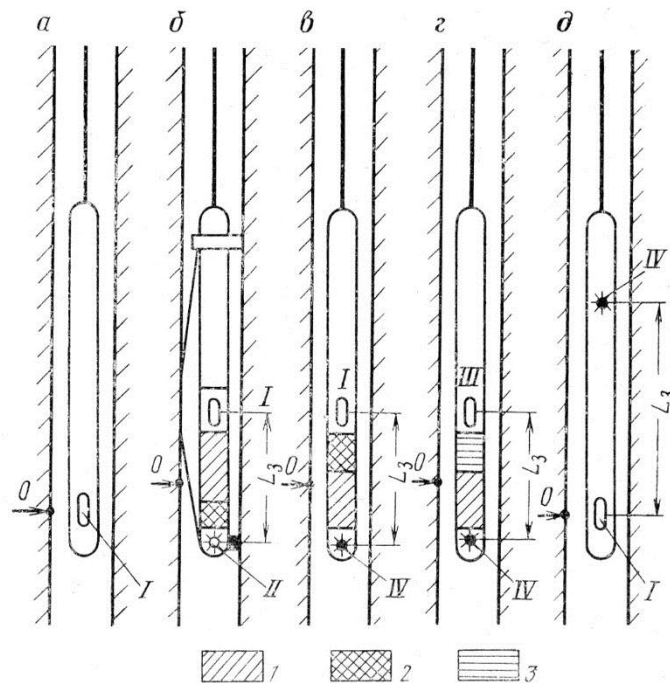
Жоспар:

1. Радиоактивті каротаж.
2. Гамма-каротаж.

Радиоактивті каротаж (РК) – химиялық элементтің атом ядросында болып жатқан табиғи немесе жасанды ионизациялық сәулелену (ионизирующее излучение) өрісінің сипаттамаларын өлшеуге негізделген геофизикалық әдістердің бірі. Практикада РК-ның төмендегідей түрлері кеңінен таралған: *гамма-каротаж, гамма-гамма-каротаж, нейтрондық каротаж.*

**Гамма-каротаж (ГК)** ұңғыма бойымен тау жыныстарының табиғи  $\gamma$ -сәулеленуінің қарқындылығын өлшеуге негізделген. Ол үшін ұңғыма ішіне түсірілетін приборда орналасқан  $\gamma$ -сәулеленуінің индикаторы (Гейгер-Мюллер немесе сцинтилляциялық санауыштар) пайдаланылады (7.22-сурет).

Ұңғыма бойымен тау жыныстарының қабаттарының  $\gamma$ -сәулелену қарқындылығын өлшеу барысында жазылған қисық сызықты гамма-каротаждық қисық сызықтар деп атайды. Өлшенген параметр жыныстардың радиоактивтілігімен ғана емес ұңғыманың жағдайымен де (ұңғыма диаметрі, сұйықтың тығыздығы және т.б.) тікелей байланысты.



7.22-сурет

Радиоактивті каротаж қондырғысының схемасы

а-ГК; б-ГГК; в-НГК; г-НК; д-АГК; 1-болат экран; 2- қорғасын экран; 3- парафин (немесе жоғары сутегі мөлшерлі басқа материал); L<sub>3</sub>-зонд ұзындығы; О-тіркеу орны; I-γ-сәулеленуінің индикаторы; II-γ-сәулеленуінің бастауы (көзі); III –нейтрондар тығыздығының индикаторы; IV-нейтрондар бастауы (көзі)

Кейбір учаскелерде ұңғыма диаметрінің үлкеюі (қабырғаларының сұйықпен шайылуынан) γ-каротаж көрсеткішін өзгертеді. Әдетте, γ-каротаж қондырғысының тиімді жұмыс істеу радиусы шамамен 30 см-ге тең, сондықтан ұңғыма қабырғасынан әрірек орналасқан жыныстар қабаттарынан шыққан γ-сәулелену, жолда жұтылып индикаторға жетпейді.

Гамма-каротаж, негізінен, жыныстардың литологиясын, сазды қабаттарды ажыратып, олардың саздылығын сандық және сапалық түрде бағалау үшін кеңінен пайдаланылады.

#### **Бақылау сұрақтары:**

1. Радиоактивті каротаж.
2. Гамма каротаж.
3. Радиоактивтілік дегеніміз не?
4. Гамма каротаж әдісінің түрлері.

#### ***Сабақ 78***

#### ***Гамма-гамма каротаж.***

#### **Жоспар:**

1. Гамма-гамма каротаж.
2. ГГК әдісінің түрлері.

**Гамма-гамма каротаж (ГГК)** деп ұңғыма бойымен тау жыныстарын γ-квантпен сәулеге түсіру барысында пайда болатын шашыраңқы γ-сәулеленудің сипаттамаларын өлшеуге негізделген. Әдіс екі түрлі тәсілмен жүргізіледі: тығыздық (ГГК-II) және селективтік (ГГК-С).

*ГГК-II* тәсілінде шашыраңқы γ-сәулеленудің қатқыл компоненті (жесткая составляющая) өлшенеді. Сәуле бастауы (көзі) ретінде кобальт изотопы (жоғары энергиялы γ-кванттар таратады), ол арнаулы болат гильзаға салынып, индикатормен (санауышпен) бірге зерттелетін объектінің бір жағында орналасады. Осындай жағдайда ғана γ-сәулеленудің қатқыл компонентін өлшеуге болады. Жазылған ГГК-II қисық сызығы арқылы қоршаған жыныстардың көлемдік тығыздығы жайлы деректер алуға болады.

Әдетте, ұзын зондтар үшін  $\gamma$ -сәулелену қарқындылығы жыныстардың тығыздығы өскен сайын азая түседі. ГГК-П қисық сызығының минимумдары тығыз жыныстарға (ангидрит, қатты ізбестастар және т.б.), ал максимумы – тығыздығы төмен жыныстарға (гипс, саз, тас тұзы және т.б.) сәйкес келеді.

ГГК-П қисық сызықтарын талдау арқылы жыныстардың көлемдік тығыздығы  $\delta_{\Pi}$  анықталады, ал бұл параметрден жыныстың кеуектілігіне ( $K_{\Pi}$ ) төмендегі формула арқылы көшуге болады

$$K_{\Pi} = \frac{\delta_M - \delta_{\Pi}}{\delta_M - \delta_{Ж}} \quad (7.55)$$

мұнда  $\delta_M$  және  $\delta_{\Pi}$ - жыныс құрамындағы минералдардың қатты және сұйық тарамдарының тығыздықтары. Бұл параметрлерді анықтау үшін жыныстардың заттық құрамын (литологиясын, саздылығын) білу қажет.

ГГК-П тәсілі ұңғыма қимасын ажыратуда, литологиясын нақтылауда, коллекторды бөліп, оның кеуектілігін бағалауда кеңінен пайдаланылады.

### **Бақылау сұрақтары:**

1. Гамма-гамма каротаж.
2. Әдістің жұмыс істеу принципі.
3. Тығыздықты гамма каротаж әдісі.
4. Селективті гамма-гамма каротаж әдісі.

### **Сабақ 79**

#### **Нейтрондық каротаж**

##### Жоспар:

1. Нейтрондық каротаж.
2. Импульсті нейтрондық каротаж.

**Нейтрондық каротаж (НК)** ұңғыма қимасындағы жыныстарды нейтрондармен сәулеге түсіру барысында  $\gamma$ -сәулелену және нейтрондық сипаттамаларды зерттеуге негізделген. Іс жүзінде *тұрақты (стационарлы) нейтрондық және импульсті нейтрондық* зерттеу әдістері пайдаланылады.

*Тұрақты (стационарлы) нейтрондық әдістеріне* нейтрондық гамма-каротаж (НГК), нейтрон-нейтрондық каротаж (ННК) кіреді.

Нейтрондық гамма – картаж (НГК) сыртқы нейтрондар көзі (бастауы) әсерінен жыныстарда пайда болатын  $\gamma$ -сәулелену өрісі сипаттамаларын өлшеуге негізделген. НГК әдісінде тіркелетін  $\gamma$ -сәулеленудің жалпы шамасы үш түрлі компоненттер жиынтығынан тұрады: 1) жыныстарды атом ядролармен радиациялау әсерінен болатын  $\gamma$ -сәулелену қарқындылығы  $I_{\text{НГК}}$ ; 2) индикаторға нейтрондар көзінен тікелей әсер ететін немесе  $\gamma$ -сәулесінің ұңғыма қабырғасынан шашыраған бөлігінің индикаторға әсерінің қарқындылығы  $I_{\text{ГГК}}$ ; 3) жыныстардың табиғи  $\gamma$ -сәулелену қарқындылығы  $I_{\text{ГК}}$ .

$I_{\text{НГК}}$  мөлшері жағынан  $I_{\text{ГГК}}$  мен  $I_{\text{ГК}}$ -ден әлдеқайда жоғары, сондықтан да НГК қисық сызығының формасы мен жиынтық көрсеткішіне  $I_{\text{НГК}}$  – нің әсері көбірек.

Шөгінді тау жыныстары нейтрондық қасиеті бойынша екі топқа бөлінеді - сутегі мөлшері көп және аз. Бірінші топқа (сутегі мөлшері көп) жоғары ылғал сыймдылықты (кеуектілігі жоғары) саздар гипстер, корбанаттық жыныстар жатады. Бұл жыныстар НГК диаграммасында (үлкен зондармен  $L_3 \gg 40$  см өлшеуде) төменгі көрсеткіштермен сипатталады.

Екінші топқа (сутегі мөлшері аз) кеуектілігі аз жыныстар – тығыз ізбестастар және доломиттер, алевролиттер, ангидриттер, тас тұзы және т.б. жатады. НГК диаграммасында бұл жыныстар жоғары көрсеткішпен сипатталады.

Құрамында сутегі мөлшері бірдей мұнай мен су көрсеткіштері НГК диаграммасында бірдей болады, ал газды қабаттар болса жоғары көрсеткішпен сипатталады (қапталған ұңғымада). Қапталмаған ұңғымада газды қабаттарды бұл көрсеткішпен бөлу қиынға түседі.

Нейтрон – нейтрондық каротаж (ННК) сыртқы нейтрондар көзі әсерінен жыныста пайда болатын нейтрон сәулелену өрісінің сипаттамаларын өлшеуге негізделген. ННК әдісінің НГК әдісіне қарағанда артықшылығы, оның көрсеткіші табиғи  $\gamma$ -сәулеленуден және жасанды  $\gamma$ -сәулелену бастауынан тәуелді еместігінде.

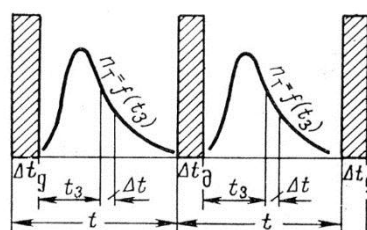
ННК әдісінің тереңдік қабілеті 20 см-ден 30 см-ге дейін, сутегі мөлшері көбейген сайын тереңдік қабілеттілігі азая түседі.

Ұңғыма диаметрі көбейген сайын және қоршаған ортаның (жыныстардың) кеуектілігі азайған сайын стационарлық нейтрондық каротаж (НК) нәтижелеріне ұңғыманың әсері өсе түседі. Сонымен қатар, ұңғыма қабырғасындағы сұйық қабыршағының және сазды қабыршақтың қалыңдығы НК көрсеткішіне тікелей әсер етеді (прибор мен ұңғыма қабырғасы арасы өседі). Қапталған ұңғымаларда НГК көрсеткіштері азаяды, сондықтан да НГК каротажы қапталмаған ұңғымаларда жүргізіледі. Минералды сұйықтармен толтырылған (ұңғыманы жуатын) ұңғымаларда, тұщы сумен (немесе

мұнаймен) толтырылған ұңғымаларға қарағанда  $\gamma$ -сәулелену қарқындылығы жоғары болады.

Стационарлық нейтрондық әдістер, әдетте, гамма-каротаж және басқа геофизикалық әдістермен бірге жүргізіліп, айтарлықтай нәтижелер береді (сазды, тығыз жыныстарды немесе кеуектілігі жоғары қабаттарды ажырату барысында). Мұнай және газ ұңғымаларын зерттеуде НГК әдісі кеңінен пайдаланылады.

*Импульсті нейтрондық каротаж (ИНК)* әдісі нейтрондар генераторынан таралатын тұрақсыз (нестационарный) нейтрондық өрісті және  $\gamma$ -өрісін зерттеуге негізделген. Нейтрондар генераторы жиілігі 10 Гц-тен 500 Гц-ке дейінгі аралықта импульстік режиммен жұмыс істейді. Бұл әдіспен жұмыс істеудің негізі мақсаты - ұзақтығы  $\Delta t_g$ -ға тең, ал интервалы  $t$ -ға тең бірінен соң бірі таралатын нейтрон импульстермен ұңғыма ашқан қабаттарды сәулеге түсіру.



7.23-сурет

ИНК әдісінің принципін түсіндіретін схема

Нейтрондар генераторы іске қосылғаннан кейін  $t_3$  уақыты өтісімен (кідіріс уақыты–время задержки) жер бетіндегі тіркеу аспабы іске қосылып,  $\Delta t$  уақыты арасында (уақыттық анализатор интервалы–окно временного анализатора) нейтрондар тығыздығы өлшенеді. Тіркеу аспабын қосу уақытын өзгерте отырып ( $t_3$  уақытын) және  $\Delta t$  уақыты арасында нейтрондар тығыздығын өлшеу арқылы нейтрондардың жыныстармен әрекеттесу процесі зерттеледі.

ИНК әдісі импульсті нейтрон-нейтрондық каротаж (ИННК) және импульсті нейтрондық гамма-каротаж (ИНГК) болып екі түрде жүргізіледі.

И м п у л ь с т і н е й т р о н – н е й т р о н д ы қ т ә с і л і (ИННК) тұрақсыз нейтрондық өрістің сипаттамаларын өлшеуге негізделген. Бұл тәсілмен жылу нейтронының тығыздық ( $n_1$ ) диаграммасы тіркеледі (өлшеу процесі бірнеше белгілі  $t_3$  уақыттарда және  $\Delta t$  интервалында жүргізіліп, нысана мен индикатор арақашықтығы  $L_3$  тұрақты болып қалады).

Жылулық нейтрондар тығыздығы қоршаған ортаның жұтылу қасиетімен тікелей байланысты және ол диффузия коэффициентімен ( $D$ ) анықталатынын еске алсақ, ИННК нәтижесінде тау жыныстарының бірден екі нейтрондық параметрі жайлы деректер алуға болады: диффузия коэффициенті  $D$  (жыныс



құрамындағы су мөлшерімен байланысты) және нейтрондардың жұтылу қасиетін анықтайтын жылулық нейтрондардың орташа өмір сүру ұзақтығы  $\tau_{\text{ср}}$ .

Әдетте,  $\Delta t$  ұзақтығы нейтрон генераторынан таралатын интервал ұзақтығы сыяқты, ИННК жүргізу барысында санау жылдамдығын күшейту үшін барынша үлкен қылып алынады. Бұл уақыт нейтрондардың зерттелетін жыныстағы орташа өмір сүру уақытынан ( $\tau_{\text{ср}}$ ) көп болмауы керек ( $\Delta t \approx 100\text{-}300$  мксек.)

ИННК әдісінде тіркеу жылдамдығы басқа радиоактивті каротаж әдістері сияқты, аспаптардың тұрақты уақыттарымен, қабаттардың қалыңдығымен, санау жылдамдығына байланысты және орташа есеппен 100-200 м/сағ-қа тең.

И м п у л ь с т і н е й т р о н д ы қ г а м м а – к а р о т а ж (ИНГК) тәсілінде  $\gamma$ -сәулелену қарқындылығы белгілі кідіріс уақытымен  $t_3$  және нысана мен индикатор арақашықтығы  $L_3$  тұрақты (өзгеріссіз) жағдайда жүргізіледі.

ИНГК тәсілінде ИННК тәсіліндегідей коллекторды мұнай-су қанықтылығы бойынша ажырату үшін жылулық нейтрондардың өмір сүру уақыты ( $\tau$ ) анықталады. ИНГК тәсілінде зерттеу тереңдігі ИННК тәсіліне қарағанда шамамен 10 пайызға артық.

ИНК әдісінде зонд ұзындығын төмендегі формула арқылы есептелінеді:

$$L_3 = \frac{3}{2} \sqrt{\frac{D_{\text{II}}}{\varepsilon}} \quad (7.56)$$

мұнда  $D_{\text{II}}$ -жыныстың диффузия коэффициенті;  $\varepsilon$ -қателік шектуі (допустимая погрешность).

Қазірде мұнай мен газ ұңғымаларын зерттеуде ұзындығы 35-40 см зондтар пайдаланылады.

Әдетте, ИНК әдісі пайдаланылып жүрген, колоннамен қапталмаған ұңғымаларды зерттеу үшін пайдаланылады. Бұл ұңғымаларда су-мұнай және газ-сұйық контактілерін бақылап айыру үшін, мұнайқанықтылықты белдемдерді және интервалдарды анықтау үшін және т.б. мәселелерді шешу үшін пайдаланады.

#### **Бақылау сұрақтары:**

1. Нейтрон-нейтрондық каротаж.
2. Нейтрондық-гамма каротаж.
3. Импульсті нейтрон-нейтрондық каротаж.
4. Импульсті гамма-нейтрондық каротаж.

Радиоактивті каротаж

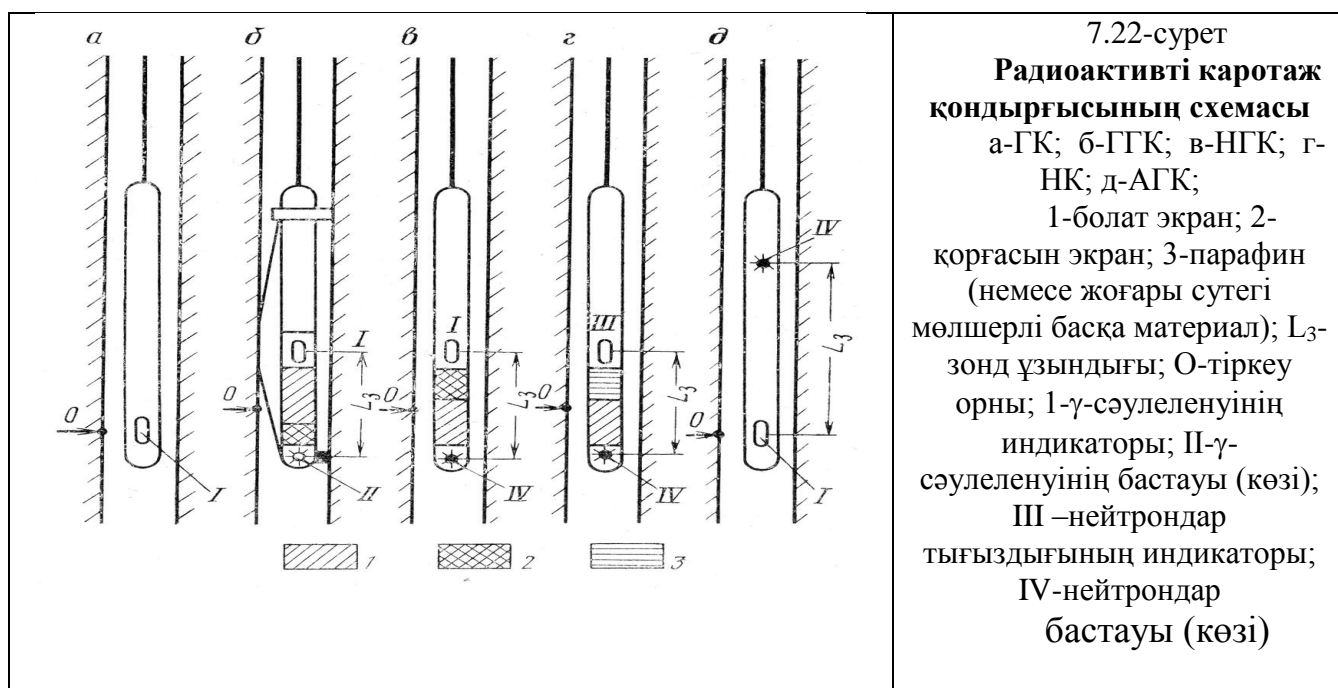
Жоспар:

1. Радиоактивті каротаж.
2. Гамма каротаж.
3. Гамма-гамма каротаж.
4. Нейтрондық каротаж.
5. Импульсті каротаж.

Радиоактивті каротаж (РК) – химиялық элементтің атом ядросында болып жатқан табиғи немесе жасанды ионизациялық сәулелену (ионизирующее излучение) өрісінің сипаттамаларын өлшеуге негізделген геофизикалық әдістердің бірі. Практикада РК-ның төмендегідей түрлері кеңінен таралған: **гамма-каротаж, гамма-гамма-каротаж, нейтрондық каротаж.**

**Гамма-каротаж (ГК)** ұңғыма бойымен тау жыныстарының табиғи  $\gamma$ -сәулеленуінің қарқындылығын өлшеуге негізделген. Ол үшін ұңғыма ішіне түсірілетін приборда орналасқан  $\gamma$ -сәулеленуінің индикаторы (Гейгер-Мюллер немесе сцинтилляциялық санауыштар) пайдаланылады (7.22-сурет).

Ұңғыма бойымен тау жыныстарының қабаттарының  $\gamma$ -сәулелену қарқындылығын өлшеу барысында жазылған қисық сызықты гамма-каротаждық қисық сызықтар деп атайды. Өлшенген параметр жыныстардың радиоактивтілігімен ғана емес ұңғыманың жағдайымен де (ұңғыма диаметрі, сұйықтың тығыздығы және т.б.) тікелей байланысты.



Кейбір учаскелерде ұңғыма диаметрінің үлкеюі (қабырғаларының сұйықпен шайылуынан)  $\gamma$ -каротаж көрсеткішін өзгертеді. Әдетте,  $\gamma$ -каротаж

қондырғысының тиімді жұмыс істеу радиусы шамамен 30 см-ге тең, сондықтан ұңғыма қабырғасынан әрірек орналасқан жыныстар қабаттарынан шыққан  $\gamma$ -сәулелену, жолда жұтылып индикаторға жетпейді.

Гамма-каротаж, негізінен, жыныстардың литологиясын, сазды қабаттарды ажыратып, олардың саздылығын сандық және сапалық түрде бағалау үшін кеңінен пайдаланылады.

**Гамма-гамма каротаж (ГГК)** деп ұңғыма бойымен тау жыныстарын  $\gamma$ -квантпен сәулеге түсіру барысында пайда болатын шашыраңқы  $\gamma$ -сәулеленудің сипаттамаларын өлшеуге негізделген. Әдіс екі түрлі тәсілмен жүргізіледі: тығыздық (ГГК-П) және селективтік (ГГК-С).

*ГГК-П* тәсілінде шашыраңқы  $\gamma$ -сәулеленудің қатқыл компоненті (жесткая составляющая) өлшенеді. Сәуле бастауы (көзі) ретінде кобальт изотопы (жоғары энергиялы  $\gamma$ -кванттар таратады), ол арнаулы болат гильзаға салынып, индикатормен (санауышпен) бірге зерттелетін объектінің бір жағында орналасады. Осындай жағдайда ғана  $\gamma$ -сәулеленудің қатқыл компонентін өлшеуге болады. Жазылған ГГК-П қисық сызығы арқылы қоршаған жыныстардың көлемдік тығыздығы жайлы деректер алуға болады.

Әдетте, ұзын зондтар үшін  $\gamma$ -сәулелену қарқындылығы жыныстардың тығыздығы өскен сайын азая түседі. ГГК-П қисық сызығының минимумдары тығыз жыныстарға (ангидрит, қатты известастар және т.б.), ал максимумы – тығыздығы төмен жыныстарға (гипс, саз, тас тұзы және т.б.) сәйкес келеді.

ГГК-П қисық сызықтарын талдау арқылы жыныстардың көлемдік тығыздығы  $\delta_n$  анықталады, ал бұл параметрден жыныстың кеуектілігіне ( $K_n$ ) төмендегі формула арқылы көшуге болады

$$K_n = \frac{\delta_M - \delta_n}{\delta_M - \delta_J} \quad (7.55)$$

мұнда  $\delta_M$  және  $\delta_n$  - жыныс құрамындағы минералдардың қатты және сұйық тарамдарының тығыздықтары. Бұл параметрлерді анықтау үшін жыныстардың заттық құрамын (литологиясын, саздылығын) білу қажет.

ГГК-П тәсілі ұңғыма қимасын ажыратуда, литологиясын нақтылауда, коллекторды бөліп, оның кеуектілігін бағалауда кеңінен пайдаланылады.

**Нейтрондық каротаж (НК)** ұңғыма қимасындағы жыныстарды нейтрондармен сәулеге түсіру барысында  $\gamma$ -сәулелену және нейтрондық сипаттамаларды зерттеуге негізделген. Іс жүзінде **тұрақты (стационарлы) нейтрондық және импульсті нейтрондық** зерттеу әдістері пайдаланылады.

**Тұрақты (стационарлы) нейтрондық әдістеріне** нейтрондық гамма-каротаж (НГК), нейтрон-нейтрондық каротаж (ННК) кіреді.

**Нейтрондық гамма – каротаж (НГК)** сыртқы нейтрондар көзі (бастауы) әсерінен жыныстарда пайда болатын  $\gamma$ -сәулелену өрісі сипаттамаларын өлшеуге негізделген. НГК әдісінде тіркелетін  $\gamma$ -сәулеленудің жалпы шамасы үш түрлі компоненттер жиынтығынан тұрады: 1) жыныстарды атом ядролармен радиациялау әсерінен болатын  $\gamma$ -сәулелену қарқындылығы  $I_{НГК}$ ; 2) индикаторға нейтрондар көзінен тікелей әсер ететін немесе  $\gamma$ -сәулесінің ұңғыма қабырғасынан шашыраған бөлігінің индикаторға

әсерінің қарқындылығы  $I_{ГГК}$ ; 3) жыныстардың табиғи  $\gamma$ -сәулелену қарқындылығы  $I_{ГК}$ .

$I_{НГК}$  мөлшері жағынан  $I_{ГГК}$  мен  $I_{ГК}$ -ден әлдеқайда жоғары, сондықтан да НГК қисық сызығының формасы мен жиынтық көрсеткішіне  $I_{НГК}$  – нің әсері көбірек.

Шөгінді тау жыныстары нейтрондық қасиеті бойынша екі топқа бөлінеді - сутегі мөлшері көп және аз. Бірінші топқа (сутегі мөлшері көп) жоғары ылғал сыймдылықты (кеуектілігі жоғары) саздар гипстер, корбанаттық жыныстар жатады. Бұл жыныстар НГК диаграммасында (үлкен зондармен  $L_3 \gg 40$  см өлшеуде) төменгі көрсеткіштермен сипатталады.

Екінші топқа (сутегі мөлшері аз) кеуектілігі аз жыныстар – тығыз ізбестастар және доломиттер, алевролиттер, ангидриттер, тас тұзы және т.б. жатады. НГК диаграммасында бұл жыныстар жоғары көрсеткішпен сипатталады.

Құрамында сутегі мөлшері бірдей мұнай мен су көрсеткіштері НГК диаграммасында бірдей болады, ал газды қабаттар болса жоғары көрсеткішпен сипатталады (қапталған ұңғымада). Қапталмаған ұңғымада газды қабаттарды бұл көрсеткішпен бөлу қиынға түседі.

**Нейтрон – нейтрондық каротаж (ННК)** сыртқы нейтрондар көзі әсерінен жыныста пайда болатын нейтрон сәулелену өрісінің сипаттамаларын өлшеуге негізделген. ННК әдісінің НГК әдісіне қарағанда артықшылығы, оның көрсеткіші табиғи  $\gamma$ -сәулеленуден және жасанды  $\gamma$ -сәулелену бастауынан тәуелді еместігінде.

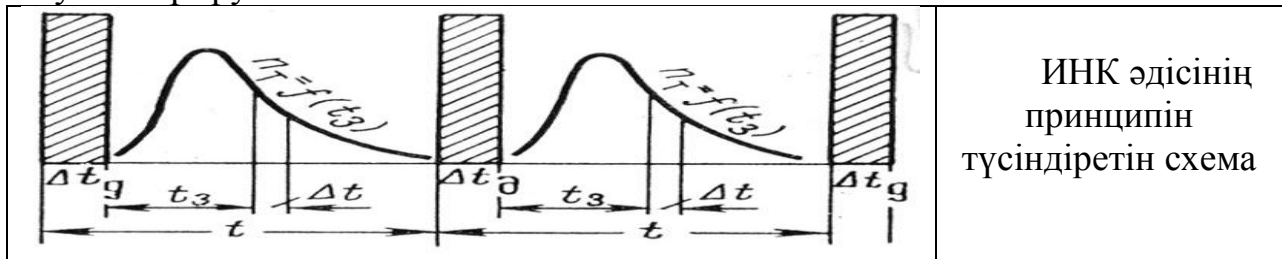
ННК әдісінің тереңдік қабілеті 20 см-ден 30 см-ге дейін, сутегі мөлшері көбейген сайын тереңдік қабілеттілігі азая түседі.

Ұңғыма диаметрі көбейген сайын және қоршаған ортаның (жыныстардың) кеуектілігі азайған сайын стационарлық нейтрондық каротаж (НК) нәтижелеріне ұңғыманың әсері өсе түседі. Сонымен қатар, ұңғыма қабырғасындағы сұйық қабыршағының және сазды қабыршақтың қалыңдығы НК көрсеткішіне тікелей әсер етеді (прибор мен ұңғыма қабырғасы арасы өседі). Қапталған ұңғымаларда НГК көрсеткіштері азаяды, сондықтан да НГК каротажы қапталмаған ұңғымаларда жүргізіледі. Минералды сұйықтармен толтырылған (ұңғыманы жуатын) ұңғымаларда, тұщы сумен (немесе мұнаймен) толтырылған ұңғымаларға қарағанда  $\gamma$ -сәулелену қарқындылығы жоғары болады.

Стационарлық нейтрондық әдістер, әдетте, гамма-каротаж және басқа геофизикалық әдістермен бірге жүргізіліп, айтарлықтай нәтижелер береді (сазды, тығыз жыныстарды немесе кеуектілігі жоғары қабаттарды ажырату барысында). Мұнай және газ ұңғымаларын зерттеуде НГК әдісі кеңінен пайдаланылады.

**Импульсті нейтрондық каротаж (ИНК)** әдісі нейтрондар генераторынан таралатын тұрақсыз (нестационарный) нейтрондық өрісті және  $\gamma$ -өрісін зерттеуге негізделген. Нейтрондар генераторы жиілігі 10 Гц-тен 500 Гц-ке дейінгі аралықта импульстік режиммен жұмыс істейді. Бұл әдіспен жұмыс істеудің негізі мақсаты - ұзақтығы  $\Delta t_g$ -ға тең, ал интервалы  $t$ -ға тең

бірінен соң бірі таралатын нейтрон импульстермен ұңғыма ашқан қабаттарды сәулеге түсіру.



Нейтрондар генераторы іске қосылғаннан кейін  $t_3$  уақыты өтісімен (кідіріс уақыты—время задержки) жер бетіндегі тіркеу аспабы іске қосылып,  $\Delta t$  уақыты арасында (уақыттық анализатор интервалы—окно временного анализатора) нейтрондар тығыздығы өлшенеді. Тіркеу аспабын қосу уақытын өзгерте отырып ( $t_3$  уақытын) және  $\Delta t$  уақыты арасында нейтрондар тығыздығын өлшеу арқылы нейтрондардың жыныстармен әрекеттесу процесі зерттеледі.

**ИНК әдісі импульсті нейтрон-нейтрондық каротаж (ИННК) және импульсті нейтрондық гамма-каротаж (ИНГК) болып екі түрде жүргізіледі.**

**И м п у л ь с т і н е й т р о н – н е й т р о н д ы қ т ә с і л і (ИННК)** тұрақсыз нейтрондық өрістің сипаттамаларын өлшеуге негізделген. Бұл тәсілмен жылу нейтронының тығыздық ( $n_t$ ) диаграммасы тіркеледі (өлшеу процесі бірнеше белгілі  $t_3$  уақыттарда және  $\Delta t$  интервалында жүргізіліп, нысана мен индикатор арақашықтығы  $L_3$  тұрақты болып қалады).

Жылулық нейтрондар тығыздығы қоршаған ортаның жұтылу қасиетімен тікелей байланысты және ол диффузия коэффициентімен ( $D$ ) анықталатынын еске алсақ, ИННК нәтижесінде тау жыныстарының бірден екі нейтрондық параметрі жайлы деректер алуға болады: диффузия коэффициенті  $D$  (жыныс құрамындағы су мөлшерімен байланысты) және нейтрондардың жұтылу қасиетін анықтайтын жылулық нейтрондардың орташа өмір сүру ұзақтығы  $\tau_{cp}$ .

Әдетте,  $\Delta t$  ұзақтығы нейтрон генераторынан таралатын интервал ұзақтығы сияқты, ИННК жүргізу барысында санау жылдамдығын күшейту үшін барынша үлкен қылып алынады. Бұл уақыт нейтрондардың зерттелетін жыныстағы орташа өмір сүру уақытынан ( $\tau_{cp}$ ) көп болмауы керек ( $\Delta t \approx 100-300$  мксек.)

ИННК әдісінде тіркеу жылдамдығы басқа радиоактивті каротаж әдістері сияқты, аспаптардың тұрақты уақыттарымен, қабаттардың қалыңдығымен, санау жылдамдығына байланысты және орташа есеппен 100-200 м/сағ-қа тең.

**И м п у л ь с т і н е й т р о н д ы қ г а м м а – к а р о т а ж (ИНГК)** тәсілінде  $\gamma$ -сәулелену қарқындылығы белгілі кідіріс уақытымен  $t_3$  және нысана мен индикатор арақашықтығы  $L_3$  тұрақты (өзгеріссіз) жағдайда жүргізіледі.

ИНГК тәсілінде ИННК тәсіліндегідей коллекторды мұнай-су қанықтылығы бойынша ажырату үшін жылулық нейтрондардың өмір сүру уақыты ( $\tau$ ) анықталады. ИНГК тәсілінде зерттеу тереңдігі ИННК тәсіліне қарағанда шамамен 10 пайызға артық.

ИНК әдісінде зонд ұзындығын төмендегі формула арқылы есептелінеді:

$$L_3 = \frac{3}{2} \sqrt{\frac{D_{II}}{\varepsilon}} \quad (7.56)$$

мұнда  $D_{II}$ -жыныстың диффузия коэффициенті;  $\varepsilon$ -қателік шектуі (допустимая погрешность).

Қазірде мұнай мен газ ұңғымаларын зерттеуде ұзындығы 35-40 см зондтар пайдаланылады.

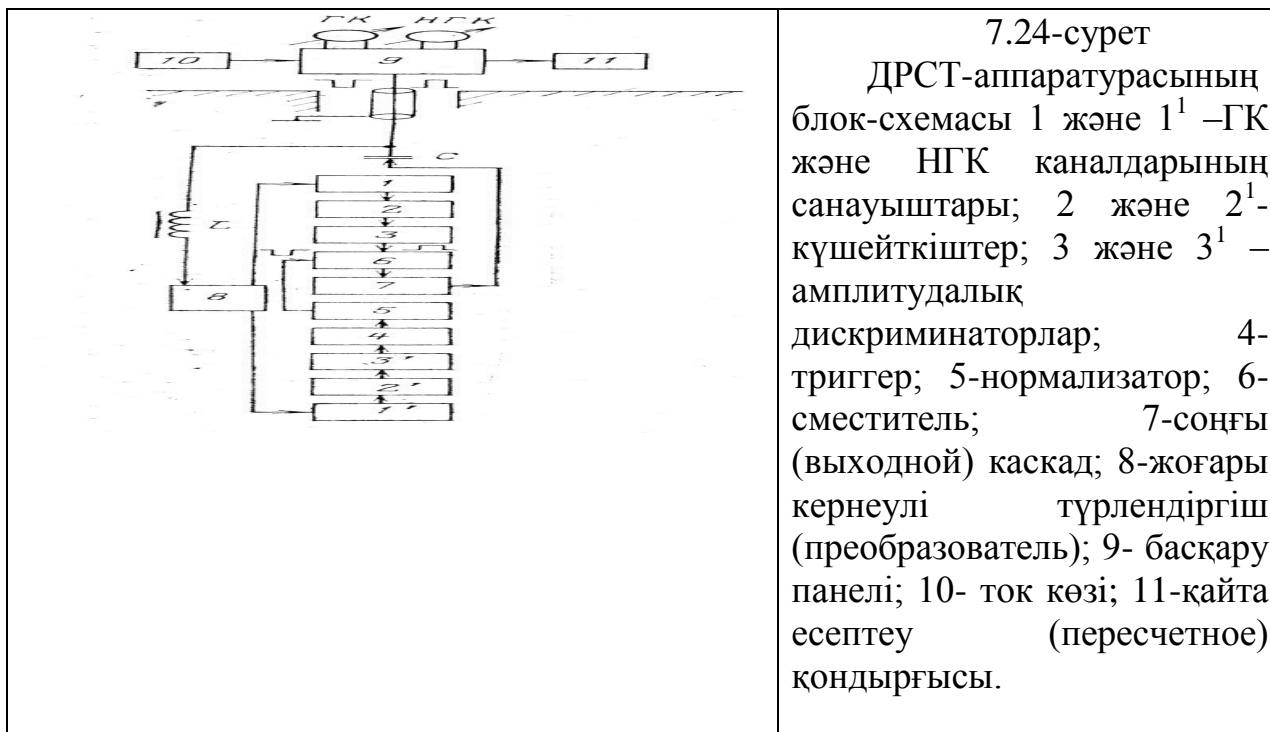
Әдетте, ИНК әдісі пайдаланылып жүрген, колоннамен қапталмаған ұңғымаларды зерттеу үшін пайдаланылады. Бұл ұңғымаларда су-мұнай және газ-сұйық контактілерін бақылап айыру үшін, мұнайқанықтылықты белдемдерді және интервалдарды анықтау үшін және т.б. мәселелерді шешу үшін пайдаланады.

**Радиоактивті каротажда пайдаланылатын аспаптар** ұңғыма ішіне түсірілетін прибордан және жер бетінде орналасқан қоректендіруші ток көзі мен арнайы басқару панелінен тұрады. Мұндай аспаптардан тұратын қондырғы автоматтандырылған каротаждық станцияларда ГК, НГК, ННК, ГГК және ИННК әдістері бойынша радиоактивті каротаж жүргізу үшін пайдаланылады.

**Индикатор мен сәуле тарату көздері.** Ұңғыма приборы индикатордан (датчик) және сырты қапталған электрондық схемадан тұрады.  $\gamma$ -сәулелену индикаторы ретінде газразрядты және сцинтилляциялық санауыштар, ал нейтрондық сәулелену индикаторы ретінде – пропорционалдық және сцинтилляциялық санауыштар пайдаланылады.

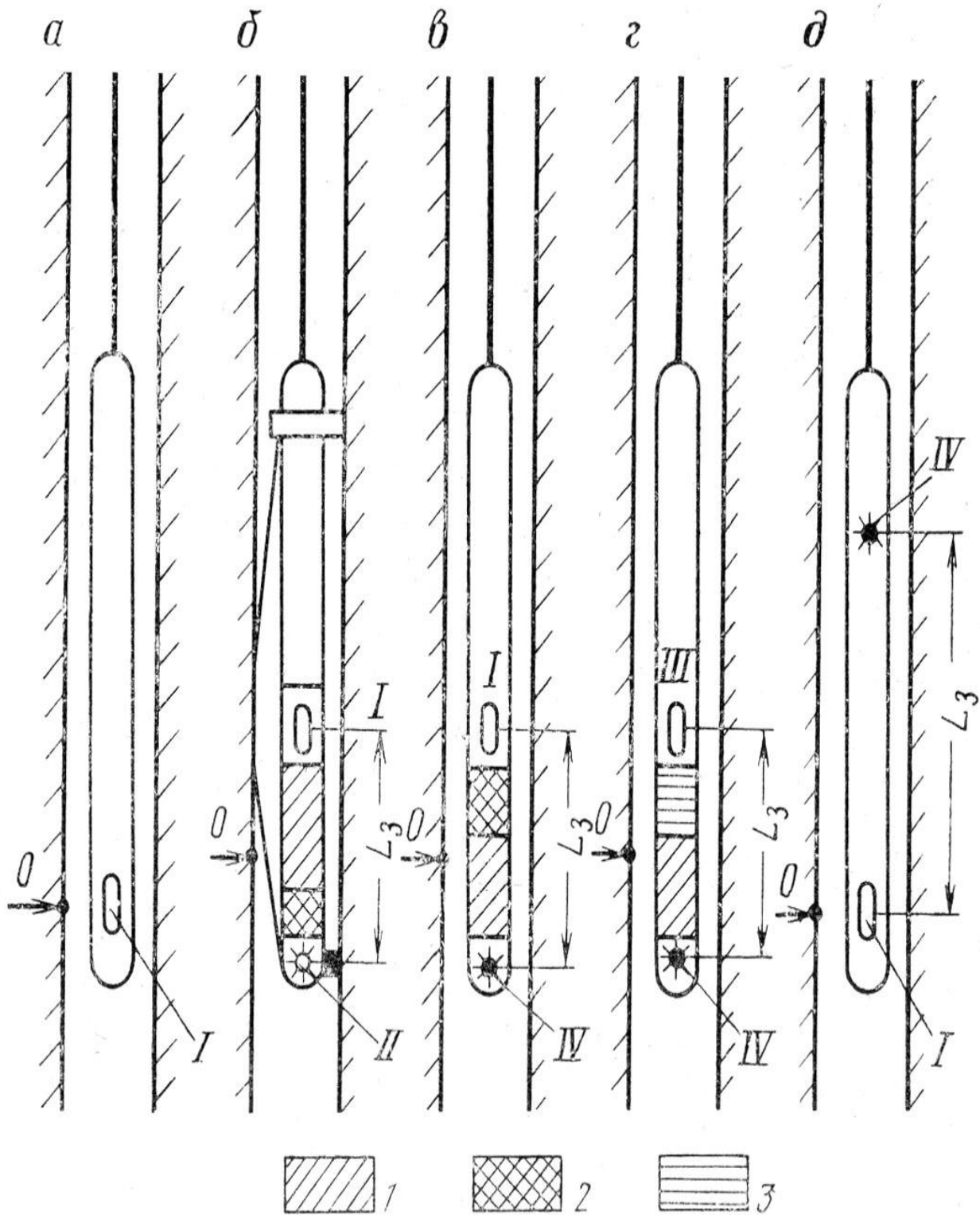
Газразрядтық және сцинтилляциялық санауыштар туралы жоғарыда (б-тарауда) айтылды. Ал, прапроционалдық санауыш жылулық нейтрондардың тығыздығын өлшеуге арналған аспап (ННК тәсілі). Цилиндр тәрізді баллон іші металл қоспасымен жабылған (катод), ал оның ортасында вольфрамдық желі (анод) бар. Баллон бор атты  $BF_3$  газымен толтырылған. Баллон ішінде ядролық реакция әсерінен  $\alpha$ -бөлшектер бөлініп, олар импульс тудырады.

**ДРСТ атты екі каналды комплексті аппарат** сцинтилляциялық санауыштармен жабдықталып, АКС/Л-7, АКС-65 автоматтырылған каротаж станциясы құрамында, терең ұңғымаларды ГК, НГК, ННК, ГГК әдістерімен зерттеуге арналған. Ол екі каналды ұңғымалық прибордан тұрады (радиометр және жер бетінде орналасқан басқару пульті). Аппараттың екі каналы болуы бір мезгілде екі әдіспен (ГК және НГК, ГК немесе ГК және ГГК) каротаж жүргізуге мүмкіндік береді. Бір каналы міндетті түрде ГК әдісіне пайдаланса, екіншісі – басқа бір тәсіл үшін пайдаланылады (7.24-сурет).



7.24-сурет  
 ДРСТ-аппаратурасының блок-схемасы 1 және 1<sup>1</sup> –ГК және НГК каналдарының санауыштары; 2 және 2<sup>1</sup>- күшейткіштер; 3 және 3<sup>1</sup> – амплитудалық дискриминаторлар; 4- триггер; 5-нормализатор; 6- сместитель; 7-соңғы (выходной) каскад; 8-жоғары кернеулі түрлендіргіш (преобразователь); 9- басқару панелі; 10- ток көзі; 11-қайта есептеу (пересчетное) қондырғысы.

Прибор, тереңдігі 5 км-ге дейінгі ұңғымада жұмыс істеуге есептелген (t=120<sup>0</sup>С-қа, P=100 мПа-ға дейін).



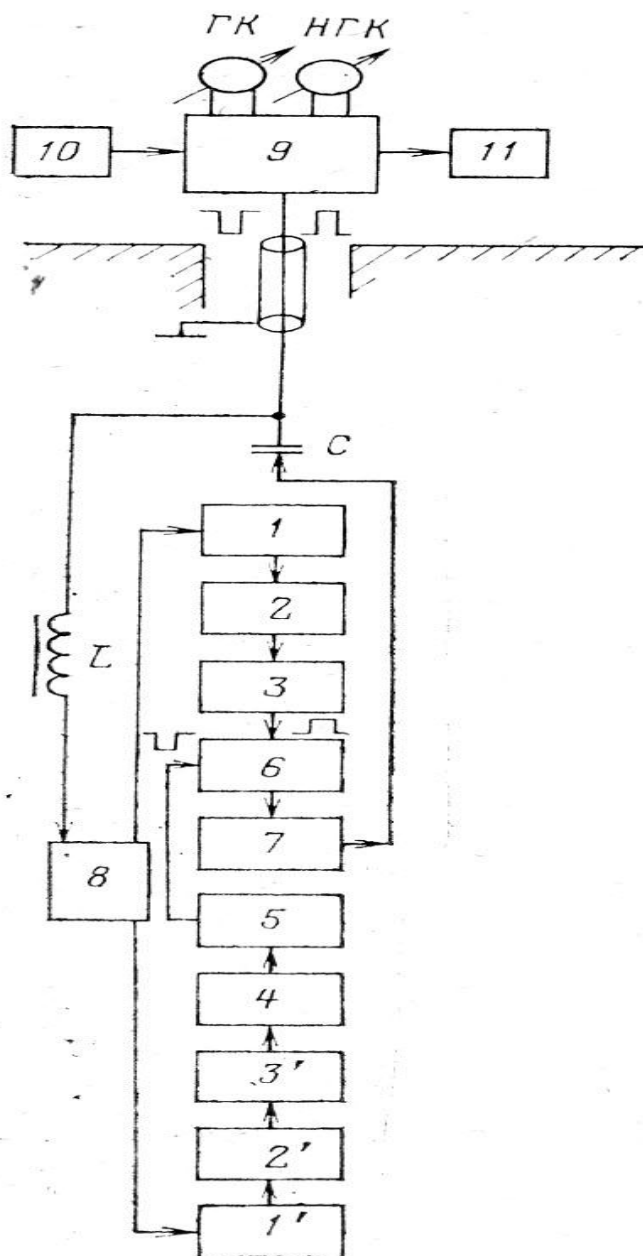
**Радиоактивті қартаж қондырғысының схемасы**

а-ГК; б-ГГК; в-НГК; г-НК; д-АГК;

1-болат экран; 2- қорғасын экран; 3-парафин (немесе жоғары сутегі мөлшерлі басқа материал);  $L_3$ -зонд ұзындығы; O-тіркеу орны; 1- $\gamma$ -



сәулеленуінің индикаторы; II-γ-сәулеленуінің бастауы (көзі); III –нейтрондар тығыздығының индикаторы; IV-нейтрондар бастауы (көзі) .



ДРСТ-аппаратурасының блок-схемасы 1 және 1<sup>1</sup> –ГК және НГК каналдарының санауыштары; 2 және 2<sup>1</sup>- күшейткіштер; 3 және 3<sup>1</sup> – амплитудалық дискриминаторлар; 4-триггер; 5-нормализатор; 6-сместитель; 7-соңғы (выходной) каскад; 8-жоғары кернеулі түрлендіргіш (преобразователь); 9- басқару панелі; 10- ток көзі; 11-қайта есептеу (пересчетное) қондырғысы

### Бақылау сұрақтары:

1. Радиоактивті каротаж схемасы.
2. Радиоактивтілік дегеніміз не?
3. Нейтрондық каротаж әдісінің түрлері.
4. ГГК әдісінің жұмыс істеу принципі.

**Магниттік каротаж. Термометрия.**

Жоспар:

1. Магниттік каротаж.
2. Термометрия.

Магниттік каротаж, дәлірек, магниттік қабілеттілікті каротаждау (КМВ-каротаж магнитной восприимчивости) әдісі ұңғыма қабырғасын құрайтын таужыныстардың және рудалардың магниттік қабілеттілігін ( $\chi$ ) өлшеуге негізделген. КМВ – магнитті темір рудасы кенорындарындағы ұңғыманы зерттеуге арналған басты әдіс. Бұл әдіс, соны мен қатар, боксит, полиметалдар және марганец рудалары кенорындарында пайдаланылады.

**1. Әдістің физикалық негіздері**

Ұңғымалық аспаптағы магниттік қабілеттілікті өлшейтін аспап ролін ұзындығы 10-12 см ферриттен жасалған өзекке оралған индуктивті катушка атқарады (4.24 сурет). Катушканың индуктивті кедергісі өзі орналасқан ортаның электрмагниттік қасиетіне тәуелді. Индуктивті кедергінің өзгерісін өлшеу үшін, оны айнымалы ток тізбегіне (Максвелл мосты) (КМВ-1 және КМВ-2 аспаптарында) немесе жиілігі датчиктің индуктивтігіне, яғни қоршаған ортаның магниттік қабілеттілігіне тәуелді LC-генератор схемасына (4.25 сурет) тіркейді (ТСМК-40, ТСМК-30 аспаптарында)



**Магниттік каротаж нәтижесін интерпретациялау**

КМВ әдісі мен төмендегідей мәселелер шешіледі: ұңғыма ашқан қиманы литологиялық жіктеу, магниттік қасиеттері жоғары аралықтарды (интервалдарды) және олардың қалыңдығын анықтау, таужыныс магниттік қабілеттілігінің нақты мәнін анықтау, руда құрамындағы темірдің пайыздық мөлшерін анықтау.

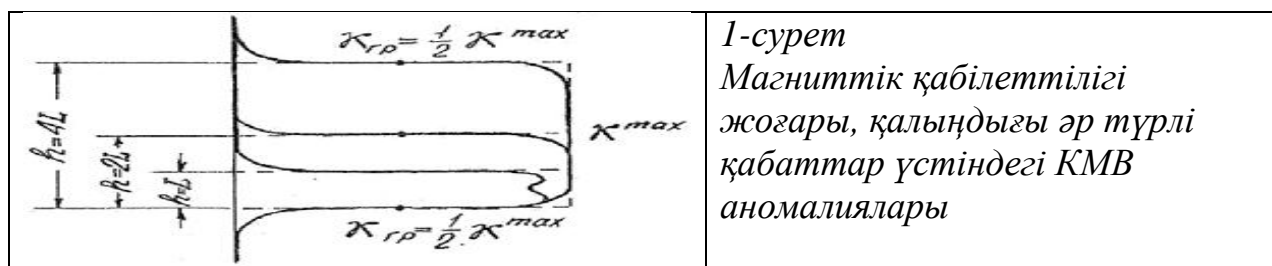
КМВ деректері бойынша қиманы литологиялық жіктеу әр түрлі таужыныстар құрамындағы магниттік минералдардың (негізінен, магнетит) мөлшеріне негізделген. Атқылама таужыныстары арасында қышқылды таужыныстар да (граниттер, сиениттер және т.б.) магнетит ең аз мөлшерде; негізгі және ультранегізді таужыныстарда жоғары

мөлшерде; шөгінді тау жыныстар арасында сазда ең жоғары мөлшерде кездеседі. Төменде, 1. кестеде кей- бір тау жыныстар үшін орта шаланған магниттік қабілеттіліктің мәні келтірілген.

**1. кесте Тау жыныстардың магниттік қабілеттілігі**

Тау жынысы	Магниттік қабілеттілік к, $10^{-3}$ сд. СИ
Гранит	0-50
Габро	1000-5000
Перидотит	1000-25000
Эктас	0-20
Құмтас	10-100
Саз	10-500
Мәрмәр	-5-0
Тақтатастар	50-5000
Магнетитті руда	125000-1000000

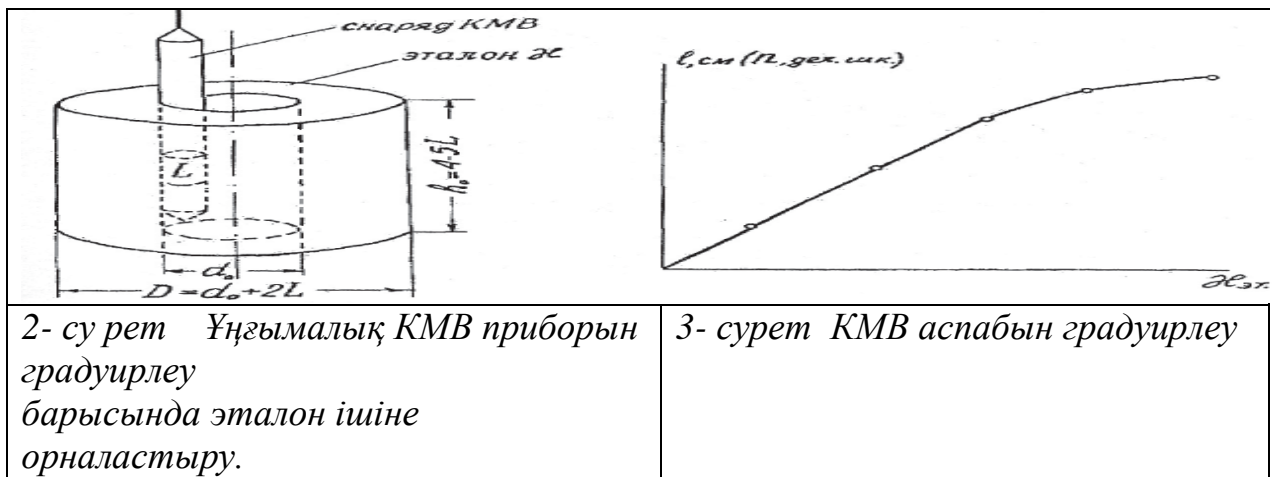
Магниттік қасиеттері жоғары интервалдар шекарасын анықтау аномалияның жартылай максимумы ережесі бойынша жүргізіледі. Өйткені, моделдерде жүргізілген өлшеулер мен есептеулер де  $\chi$  қисығының аномалия-лары қарапайым, интервал ортасына симметриялы орналасқан (1 сурет).



Егер қабат қалыңдығы  $h$ , датчик ұзындығынан  $L$  аз болса, онда аномалия енінің қабат қалыңдығына тәуелділігі жойылып,  $L$ -ге тең болады, сөйтіп аномалия ортасында кішігірім минимум пайда болады, ал оның максимумы өз максимумына (қабат қалыңдығы қалың болған жағдайдағы) жетпейді.

Тау жыныстардың нақты магниттік қабілеттілігі дала магниттік түсірімі нәтижесін сапалы интерпретациялау үшін анықталады. Бұл параметр ( $\chi_{ист}$ ) ұңғымаық **каппометрді** басқыштау (градуирлеу) арқылы табады. Ол үшін арнайы эталондар дайындалады, олардың әр біреуінің осінің бойында цилиндрлік тесігі бар картоннан немесе пластмассадан жасалған барабан орналасады. Барабанның сыртқы диаметрі аз дегенде  $\chi$  датчигінен екі есе ұзын, ал орталық тесіктің диаметрі зерттелетін бұрғылау ұңғымасының диаметріне тең болуы керек. Барабанның биіктігі датчик ұзындығынан 4-5 есе жоғары болуы керек. Барабандар мүсін салға арналған гипстің немесе цементтің ұсақталған магнетит қоспасымен толтырылады.

Әрбір эталонның магниттік қабілеттілігін зертханаық **каппометр мен анықтайды**. Градуирлеу барысын да ұңғымалық снаряд барабан тесігінің (қуысының) ішіне, оның қақ ортасы қарсысындағы қабырғаға жабыстырылады (2 сурет). Ұңғымалық каппометрдің әрбір өлшеу диапазонына әр түрлі магниттік қабілеттілігі мен сипатталатын 3-4 эталон дайындалу керек. Градуирлеу графигі  $l=f(k_{ист})$  3- суретте көрсетілген.



2- сурет Ұңғымалық КМВ приборын градуирлеу барысында эталон ішіне орналастыру.

3- сурет КМВ аспабын градуирлеу

КМВ диаграммасы бойынша темірдің пайыздық мөлшерін анықтау магниттік қабілеттілік пен темірдің пайыздық мөлшері арасындағы корреляциялық  $\chi_{ист} = \Phi(C_{Fe})$  байланысқа негізделген.

### Термометрия әдісі.

Термометрия әдісі табиғи және жасанды жылу өрістерін жерртеуге негізделген. Жер қыртысының температурасын білу, қабаттағы фазалық жағдайын анықтайтын факторларды есепке алу үшін керек. Термометрия ұңғыманың бірқатар техникалық жағдайын анықтауда мүмкіндік береді. Олар жуу сұйықтығының жұтылуы, қабаттың ағыны, құбыр сыртындағы судың айналуы, экзотермиялық процестермен цемент тасының қатуын анықтайды.



### Каротаж жүргізу

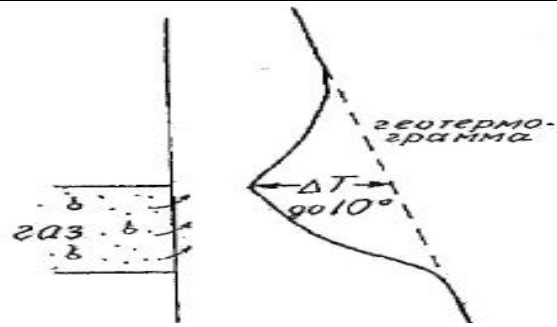
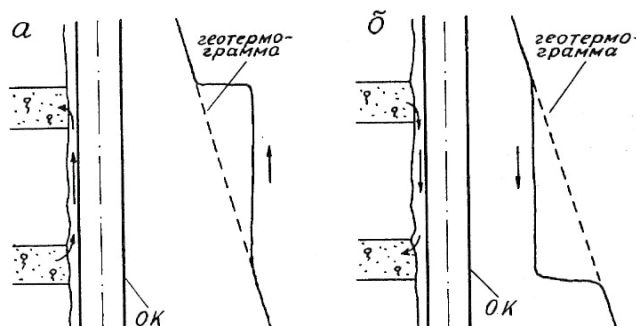
Ұңғыманы зерттеу алдында термометрді тексеру мен дайындау эксплуатациялау инструкциясына сай жүреді. Ұңғымалық термометрді жұмысқа дайындығын тексеру, градуировкалау және кателігін анықтау 2 ортамен (ауа, бақылау ерітіндісі) электротермометрмен іске асады. Температура айырымы диапазоны аномальді аймаққа сай болуы қажет. Бақылау өлшемдері әр ұңғымада каротаж алдында және аяғында жүреді. Температуралық қисықты термометр түсіргенде алады, сонымен қатар

аспап жылдамдығы оның өлшеу қателігіне тәуелді  $0,2^{\circ}\text{C}$  болады. Жазу жылдамдығы 400-900м/сағ.

### Аппаратурасы

<p>Термометр сыртқы түрі мен схемасы. Сезгіш элемент – аздаған температуралық коэффициенті бар металл немесе жартылай өткізгішті резистор.</p>	
 <p>Термометрдің жалпы түрі.</p>	

### Термометрия тұжырымдауы

	<p>Жергілікті жылу өрісін мұнай-газ кенорындарында зерттеу қабаттан ұңғымаға бөлінетін газ орындарын анықтауға мүмкіндік береді. Қабаттан шыққан газдың ұлғаюына байланысты бұрғылау ерітіндісі температурасы төмендеп (10 градусқа дейін төмендеуі ықтимал), жылу сіңеді. Бұл «дрессельдік эффект» деп аталады.</p>
	<p>Қалыптасқан жылу режимінде ұңғымадағы құбыр сыртындағы ағынды табу: а – ағынның бағыты төменнен жоғары; б – ағынның бағыты жоғарыдан төмен.</p>

### Бақылау сұрақтары:

1. Магниттік каротаждың жұмыс істеу принципі.
2. Термометрияның жұмыс істеу принципі.
3. Термометрия аппаратурасы.
4. Термометрияны тұжырымдау.

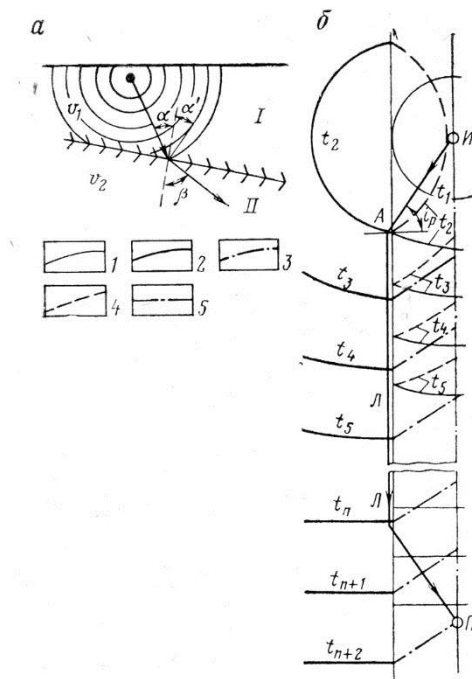
**Сабақ 82**  
**Акустикалық каротаж**

Жоспар:

1. Акустикалық каротаждың жұмыс істеу принципі.
2. Серпімді толқындар.

Акустикалық каротаж (АК) тау жыныстарында таралатын ультрадыбыс және дыбыс диапазонындағы серпімді толқындардың сипаттамаларын зерттеуге негізделген. АК әдісінде ұңғымада қоздырылған серпімді толқындар қоршаған жыныстарда таралып, сол ұңғымада орналасқан қабылдағыштармен тіркеледі.

7.25-суретте ұңғыма ішінде орналасқан сфералық сәуле таратқыштан (И) таралатын серпімді толқынның жолы көрсетілген.  $t=0$  уақытында сәуле таратқыштан серпімді тербеліс импульстері таралып, олардың әсерінен  $P_1$  қума толқыны пайда болады.  $t_1$  уақытында толқынның алғы шебі ұңғыма қабырғасына жетіп, одан шағылған  $P_{11}$ , сынған  $P_{12}$  (жылдамдығы  $V_{P2}$ ) және көлденең  $P_1S_2$  (жылдамдығы  $V_{S2}$ , бұл толқын суретте көрсетілмеген) таралады.



7.25-сурет

Толқындардың екі орта шекарасы арқылы таралуы (а) және ұңғымада орналасқан импульсті сфералық сәуле шығарғыштан толқынның таралу схемасы (б).

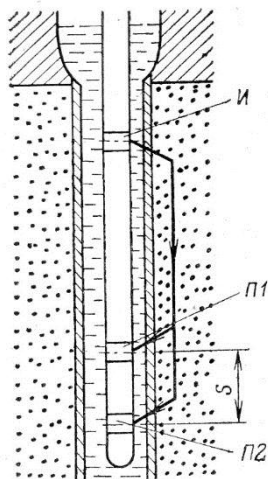
$\alpha$ -түсу бұрышы (түскен толқын сәулесі және шекараға перпендикуляр арасындағы бұрыш);  $\alpha^1$ -шағылу бұрышы;  $\beta$ -сыну бұрышы;  $V_1$  және  $V_2$ -толқынның 1 және 2 ортада таралу

жылдамдықтары;  $t_1, t_2, \dots, t_{n+2}$ - толқындардың әрбір уақыттағы алғы шебтері: 1-тура  $P_1$  толқынның, 2-сынған  $P_{12}$ , 3- бас толқынның  $P_{121}$ , 4-сынған  $P_{11}$ - толқынының; 5- ұңғыма өсі.

А нүктесінде  $t_2$  уақытында түскен (падающая) толқынның алғы шебі ұңғыма қабырғасымен  $i_p$  ерекше бұрыш немесе толық ішкі шағылу бұрышын құрайды. Сүйтіп, өткен толқынның алғы шебі ұңғыма қабырғасымен жылжып,  $P_1$  түскен және  $P_{11}$  шағылған толқындарды қуып жетіп, басып озады (өйткені  $V_{P2} > V_{P1}$ ). Өткінші толқын  $P_{12}$  екі ортаның шекарасымен жылжып, жаңа  $P_{121}$  бас толқынының пайда болуына себеп болады. Бұл толқынның алғы шебі конус беткейіне ұқсас, оның (конустың) ең үлкен диаметрі ұңғыма диаметріне, ал өсі – ұңғыма өсіне тең болады.

Қабылдағышта алғашқы тіркелген бас толқын төмендегідей жолмен таралады: импульс таратқыш – ұңғыма жуатын сұйық – тау жыныстары – ұңғыма жуатын сұйық – қабылдағыш (бұл жол 7.27-суретінде Л сәулесімен белгіленген). Сонымен,  $t$  уақыты аралығында қабылдағышқа бірінен соң бірі келесі толқындар жетеді: бас  $P_{121}$ , өткен көлденең  $P_1 S_{21}$  және тура кума  $P_1$  ( $V_{P1}$  жылдамдығы,  $V_{P2}$  және  $V_{S2}$  жылдамдығынан аз) толқындары. Шағылған  $P_{11}$  толқынының энергиясы аздығынан және түсу бұрышының үлкендігінен ( $\alpha \approx 90^\circ$ ) қабылдағышта тіркелмейді.

Акустикалық каротаж тіркелген акустикалық параметрлері бойынша *толқынның жылдамдығы және басылу заңдылығы* бойынша жүргізілетін деп бөлінеді. АК пайдаланылатын негізгі зонд – үшэлектродты зонд (7.26-сурет).



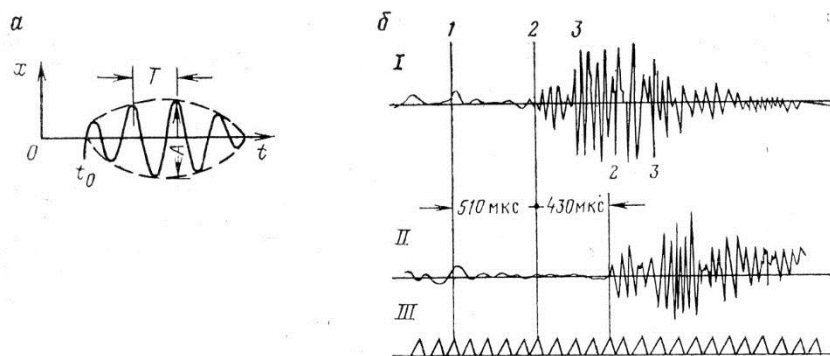
7.26-сурет

Акустикалық каротаж қондырғысы (үшэлектродты зонд) И – сәуле таратқыш, П1 және П2 – қабылдағыштар, S – зонд базасының ұзындығы

Үшэлектродты зонд серпімді импульс тарататын И және П1, П2 қабылдағыштардан тұрады. Кейде, П1 және П2 екі қабылдағыштар орнына, зондта И1 және И2 екі сәуле таратқыштар қолданылуы мүмкін. П1 және П2 қабылдағыштар ара қашықтығы S-зондтың базасы, ал зондтың ұзындығы  $L_3$  сәуле таратқыш пен оған жықын орналасқан қабылдағыш (П1) ара қашықтығына тең.

Әдетте, сәуле таратқыштан таралатын импульс 3-4 периодтан (6-8 фазадан) тұрады (7.27а-сурет).  $t_0$  уақытында зат бөлшектері қозғалысқа келеді, бұл

бірінші ауытқуды *толқынның жетуі* (келуі) деп атайды. Ауытқудың ең жоғары деңгейін толқын амплитудасы деп, ал екі жотаның немесе екі ойыстың ара қашықтығы (уақыт есебімен) – толқынның периоды деп аталады.



7.27-сурет

Үшэлектродты зондтағы қабылдағыштарда серпімді толқындардың жазылуы а-қума толқынның тербелісі; б-1-жақын орналасқан қабылдағыштағы жазылу; 11-алыс қабылдағыштағы жазылу; III-уақыт маркасы (100 мкс): 1-импульстің белгісі (отметка импульса); 2-бас қума толқынның алғашқы жетуі; 3-көлденең толқындар және ұңғыма жуатын сұйық арқылы таралатын толқын.

*Жылдамдық бойынша акустикалық каротаж* жүргізу ұңғыма ашқан жыныстарда таралатын серпімді толқындардың уақыт интервалын  $\Delta t = (t_2 - t_1) / S$   $[\frac{\text{мкс}}{\text{м}}]$  анықтау арқылы, олардың таралу жылдамдығын зерттеуге негізделген.

7.26-суретте тербелістің сәуле таратқыштан жыныстар арқылы қабылдағышқа таралу жолы көрсетілген. Серпімді толқынның таралу уақыты  $\Delta t$  және оның таралу жылдамдығы  $V_{\Pi}$  бірінші және екінші қабылдағыштарға жету уақыттарының айырымы  $(t_2 - t_1)$  арқылы анықталады. Таралу барысында толқын ұңғыма жуатын сұйық және сазды қабыршақ арқылы өтеді. Бұл таралу жолы екі қабылдағышқа да бірдей болғандықтан, олар  $t_2$  және  $t_1$  уақыттарынан алынып тасталынады, яғни ұңғыманың үшэлементті зондқа әсері осылай ескеріледі.

7.26-суретке сәйкес

$$V_n = S / (t_2 - t_1) \quad (7.57)$$

$$\Delta t = 1 / V_n = (t_2 - t_1) / S \quad (7.58)$$

мұнда  $V_{\Pi}$  – қабаттық (пластовый) немесе интервалдық жылдамдық деп аталады.

*Басылу заңдылығы* бойынша акустикалық каротаж ұңғыма ашқан жыныстардығы серпімді толқындардың басылу сипаттамаларын (параметрлерін) зерттеуге негізделген. Әдетте, серпімді толқынның энергиясы мен амплитудасы көптеген факторларға байланысты, әсіресе:



сәуле таратқыштан қабылдағышқа дейінгі ара қашықтық және жыныстың сипаттамаларына. Біртекті ортада толқын энергиясы  $1/R^2$  заңдылығымен, ал тербеліс амплитудасы  $1/R$  заңдылығымен басылады (жұтылады). Ұңғымадағы серпімді толқынның басылуына ұңғыма ашқан ортаның әртектілігі үлкен әсер етеді.

Тау жыныстарының серпімді тербелісті жұту (поглощение) қабілеттілігін ( $\alpha_{AK}$ ) акустикалық каротажда толқын амплитудаларының басылуы арқылы анықтайды. Толқынның таралу барысында жұтылуы келесі себептерге тікелей байланысты: толқын тарайтын ортаның таза серпімді орта болмауына байланысты жұтылуы; толқын энергиясының таралу барысында оның алғы шебінің үлкеюіне байланысты тарап кетуі; толқынның әртекті ортада шашырауы және әр түрлі толқындық кедерлерімен сипатталатын орталар шекарасынан толқынның шағылуы мен сынуы. Сонымен қатар, серпімді толқынның жұтылуына жыныстардың саздылығы, жарықшақтығы және қуыстылығы тікелей әсер етеді.

Серпімді толқын амплитудасы, оның таралу барысында өткен жолымен байланысы экспоненциалдық заңдылықпен өрнектеледі:

$$A = A_0 \exp(-\alpha_{AK}l) \quad (7.59)$$

мұнда  $A_0$  – сәле таратқыш жанындағы өлшенген амплитуда,  $\alpha_{AK}$  - жұтылу коэффициенті;  $l$  - толқынның таралу жолы.

Іс жүзінде  $\alpha_{AK}$  төмендегі формула арқылы анықталады:

$$\alpha_{AK} = \frac{1}{l} \ln \frac{A_1}{A_2} \quad (7.60)$$

мұнда  $A_1$  және  $A_2$  – сәуле таратқышқа жақын және алыс орналасқан қабылдағыштардағы өлшенген амплитуда мәндері.

Аталмыш әдіспен АК жүргізудің негізгі кемшілігі - толқынның төмендегі шекаралар арқылы таралу барысында акустикалық кедергінің (акустическое сопротивление) пайда болуында: ұңғымадағы прибор – қоршаған орта және ұңғыма жуатын сұйық – жыныстар. Бұл параметр өлшеу нәтижесіне айтарлықтай әсер етеді және де кейбір кезде оны есепке алу мүмкін емес.

#### **Бақылау жұмысы:**

1. Акустикалық каротажды тұжырымдау.
2. Акустикалық каротаждың кемшіліктері.
3. Гидро толқын дегеніміз не?
4. Лэмба толқын дегеніміз не?

**Кавернометрия. Инклинометрия.**

Жоспар:

1. Кавернометрия.
2. Инклинометрия.

Кавернометрия.

**Кавернометрия**

Кавернометрия (КМ) деп бұрғылау ұңғымасының орташа диаметрін өлшеуді айтады. Жалпы алғанда, ұңғыманың іс жүзіндегі диаметрі бұрғы қашауының диаметріне тең емес. Осал тау жыныстарын (мәселен, қазба көмір) уату барысында ұңғыма диаметрі кесімді (номинальды) диаметрден  $dn$  асып кетеді. Мұның себебі, ұңғымада осал тау жыныстардыңлық суынан қуыстар пайда болады. Қуыстар ұңғыманы бұрғылау барысында, саздың шайылуынан сазды қабаттарда да пайда болады. Ұңғыманың диаметрінің кесімді диаметрден кішіреуі коллектор қабаттарда болады. Өзінің өтімділігі жоғары болуына байланысты, оларда бұрғылау ерітіндісі басылып қалады. Кеуек диаметрлері аз болғандықтан, қабатқа бұрғылау ерітіндісінің тек сұйығығана енеді, ал саз болса ұңғыма қабырғасына жабысып, сазды қабықша құрайды, ал ол ұңғыманың диаметрін кішірейтеді.

Ұңғыма диаметрін білу – техникалық және геологиялық мәселелерді шешуге аса қажетті. Мәселен, ұңғымаға шегендеу құбырын дұрыс орнату үшін ұңғыманың диаметрін білу қажет (5.1 сурет).

Сонымен қатар, шегендеу құбырын бекітуге қажетті цемент мөлшерін есептеу үшін немесе картаж жұмыстарын жүргізу үшін қажетті ұңғымалық аспаптарды таңдау да мұндай мәлімет аса қажет.

Инклинометрия.

**Инклинометрия** деп бұрғылау ұңғымасы оқпанының қисаюу бұрышын өлшеуді айтады.

Геологиялық немесе техникалық тұрғыдан қараған да бұрғылау ұңғымасы тік немесе еңіс бағытта бұрғыланады. Еңіс ұңғымалар, әдетте, теңіз платформаларынан мұнайды шығаруда, батпақты аудандар да үйілген табаннан (бұрғылау мұнарасының орнын ауыстырмай бірнеше мұнай шоғырларын шығаруда) негізгі ұңғымаға қосымша оқпан қосу үшін бұрғыланады. Рудалық кенорындарында еңіс ұңғымалар тік құлаушы (круто падающий) рудалық денелерді барлау кезінде бұрғыланады. Ұңғыманы бұрғылау барысында ол бастапқы бағытын өзгертуі (қисаюуы) мүмкін.

Ұңғыманың кеңіс тік тегі орналасқан жері тереңдік және екі бұрыштық параметрлері мен (зенит және азимут бұрыштарымен) сипатталады.

**Зенит бұрышы** – ұңғыма осі мен тік бағыт арасындағы бұрыш.

**Азимут бұрышы** – солтүстік бағыт пен ұңғыманың көлденең кесіні арасындағы бұрыш.

Кейбір кезде **ұңғыманың еңіс бұрышы** деп те айтылады, бұл зенит бұрышын 90–қа толтыру бұрышы.

#### **Бақылау жұмысы:**

1. Кавернометрдің жұмыс істеу принципі.
2. Зенит бұрышы дегеніміз не?
3. Азимут бұрышы дегеніміз не?
4. Ұңғыманың еңіс бұрышы дегеніміз не?

#### **Сабақ 84 (тәжірибе)**

**Акустикалық каротаж және термометрия нәтижелерін өңдеу.**

##### Жоспар:

1. Акустикалық каротаж әдістерін интерпретациялау.
2. Термометрия нәтижелерін интерпретациялау.

##### **Акустикалық каротаж әдістемесі және нәтижелерді интерпретациялау**

Қазіргі акустикалық каротаж аспабы кинематикалық  $T_{1P}$ ,  $T_{2P}$ ,  $\Delta T_P$ ,  $T_{1S}$ ,  $T_{2S}$ ,  $\Delta T_S$  және динамикалық  $A_{1P}$ ,  $A_{2P}$ ,  $A_{1S}$ ,  $A_{2S}$ ,  $A_{1L}$ ,  $A_{2L}$  параметрлердің аналогтық диаграммаларын және басылу коэффициенттері диаграммасын тіркеуге мүмкіндік береді:

$$\alpha_P = \frac{1}{\Delta L} 20 \lg \frac{A_{1P}}{A_{2P}} \quad \text{и} \quad \alpha_S = \frac{1}{\Delta L} 20 \lg \frac{A_{1S}}{A_{2S}} \quad [\text{дБ/м}].$$

Соны мен қатар, АК аспабы толқын көрінісін (ВК-волновая картина) толығымен және белгілі бір дискретизациялық интервал мен (тереңдік бойынша) фаза-корреляциялық диаграммасын (ФКД) жазады.

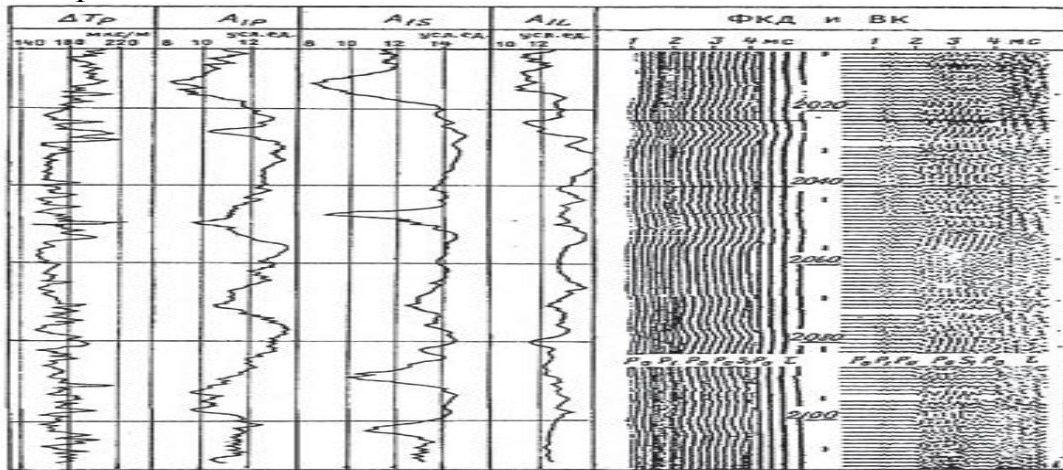
Толқын көрінісі арнайы магниттік тіркеуішпен жазылады, оны компьютерге енгізу оңайға со-ғады.

Фаза-корреляциялық диаграмма дегеніміз әр түрлі толқындардың бірдей фазаларының сызы-қтық жазылу көрінісі. ФКД жазуының жуандығы сигналдың амплитудасына пропорционал.

ФКД диаграммасы бойынша әр түрлі толқындарды сәйкестендіруге, олардың кинематикалық және динамикалық параметрлерін бағалауға, ұңғыма қимасын литологиясы бойынша жіктеу-ге болады.

1- суретте карбонатты қимад ғы акустикалық каротаж нәтижесі келтірілген. Бұл көріністе қума толқынның интервалдық уақыт диаграммасы  $\Delta T_P$  және

бірінші қабылдағышпен тіркелген динамикалық  $A_{IP}$ ,  $A_{IS}$ ,  $A_{IL}$  параметрлері келтірілген.



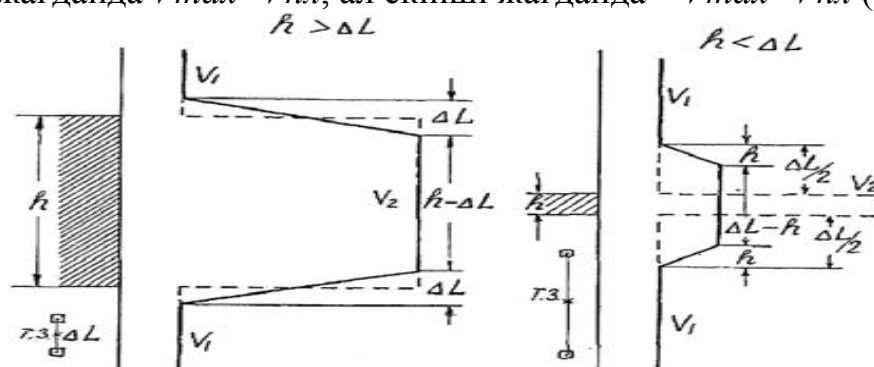
1-сурет. Карбонаттық қимадағы акустикалық картаж нәтижелері (Ю.И.Горбачев деректері бойынша).

Жалпы алғанда, ұңғыма ашқан карбонаттық қима толқындардың жоғары жылдамдығы мен және төмен интервалды уақытымен (160-220 мкс/с) сипатталады.

Келтірілген мысалдағы мұнай-газ қаныққан коллектор – кеуектілігімен, жарықшақтығы мен, қуысқа бай учаскелер – жоғары интервалдық уақыты мен  $\Delta Tr$  сипатталады (2023-2029 м; 2047-2056 м интервалдары). Бұл интервалдар, соны мен қатар, басылу коэффициентінің өсуі мен сипатталады (1 суретте диаграмма келтірілмеген).

Интервалдық уақыт диграммалары бойынша толқынның таралу жылдамдығы бір-бірінен ерекшеленетін қабаттардың қалыңдығы мен шекараларын анықтауға болады.

Қалың қабаттың ( $h > \Delta L$ ) қалыңдығы аномалияның жартылай максимумы ережесі бойынша, ал жұқа қабаттың ( $h < \Delta L$ ) қалыңдығы төмендегідей ереже бойынша анықталады: аномалия-ның жартылай максимум деңгейіндегі ені зонд базасына тең, ал қабаттың қалыңдығы қисық -тың көлбеу бөлікшесінің ұзындығына тең. Бұл келтірілген екі жағдайда да қабаттың үстіндегі және астындағы таужыныстардың акустикалық қасиеттері бірдей болса,  $V$  және  $T$  қисықтар-ында аномалиялар қабаттың ортасына симметриялы орналасады: тек бірінші жағдайда  $V_{max} = V_{пл}$ , ал екінші жағдайда –  $V_{max} < V_{пл}$  (2 сурет).



2 сурет. Толқынның жоғары таралу жылдамдығы мен сипатталатын, қалың және жұқа қабаттар үстін- дегі акустикалық каротаж диаграммалары.

### Термометрия нәтижелерін өңдеу

Сорып алу бірнеше рет қайталанғаннан кейін (қабат суы ұңғыманың ернеуіне жеткенге) температура өлшенеді (Т2, Т3, Т4 қисықтары ) (7,а су рет ). Сұйықты ұңғымадан сорып алудың орнына оған бір неше рет сырттан суды құюға болады, мәселен жылытқан суды (оныңда температурасы бұрғылау ерітіндісінен басқаша). Әрбір сырттан қосымша құюдан кейін ұңғымада термограмма жазылып, ол арқылы сырттан құйылған су мен бұр-ғылау ерітіндісі жапсарын қадағалап отыруға болады. Бұл жапсар ұңғымадағы сулы горизонттың та -банынан төмен түспейді, өйткені сырттан құйылған барлық су сол сулы горизонтқа сіңіп кетеді (7,б).

Цементтік тасқатаю барысында пайда болатын жасанды жылу өрісі, ұңғыманың шегендеу құбырын цементтеу кезінде құбыр сыртындағы **цементтік жоғары көтерілу биіктігін** анықтауға мүмкіндік береді. Бұл операция шартты түрде **«цементтік сақинаны шындау»** (ОЦК – отбивка цементного кольца) деп аталады

Өлшеу, цемент құйылғаннан кейін алғашқы тәуліктен басталады. Термограммада шегендеу құбыры сыртындағы цемент құйылған бөлігін де бірден бір неше градусқа дейін оң таң балы температуралық аномалия пайда болады (8 сурет). Қисық сызықтың кескіленген түрі ұңғыманың диаметрінің өзгерісіне байланысты.

Бұрғылау ерітіндісі әсері мен байланысты жасанды жылу өрісі ұңғыма қимасын жылу өрісі қасиеттерімен жіктеуге мүмкіндік береді. Бұл мәселені шешу үшін ұңғымадағы ерітіндіні араластырып, бірінші бақылау термограммасын жазады. Сосын бірнеше тәуліктен кейін ұңғымада температуралық өлшемдерді қайталайды (2 және 3 қисықтары).

### Бақылау сұрақтары:

1. Акустикалық каротаж.
2. Термометрия әдісі.
3. Цемент сақинасын анықтау.
4. Фаза-корреляциялық диаграмма дегеніміз не?

## *Сабақ 85 (тәжірибе)*

### **ҰҒЗ интерпретациясы.**

#### Жоспар:

1. Ұңғыма қимасын литологиялық бөлшектеу.
2. ГК нәтижелерін интерпретациялау.
3. ИК нәтижелерін интерпретациялау.

**Ұңғыма қимасын литологиялық бөлшектеу** – геофизикалық зерттеулер нәтижесін геологиялық тұжырымдаудың (интерпретация) маңызды тапсырмасы.

Қабаттардың литологиясын бағалаған кезде каротаждық диаграммаларды мұқият талқылап, өзара салыстырып және тереңдеген сайын өзгерісін бақылау керек.

Кіріктіруші тау жыныстарынан өзінің литологиялық құрамы бойынша өзгешеленетін көптеген қабаттар каротаждық диаграммаларда өздерінің электрлік кедергісі, электрохимиялық белсенділігі, өткізгіштігі, радиоактивтілігі және басқа да қасиеттерімен ерекшеленетінін ескеру керек. Осымен қатар, каротаждық диаграммада ерекшеленген және зерттеулердің неғұрлым үлкен аймағын қамтитын қабаттар нысаналы горизонттар (маркирующие) болып табылады және құрылымдық карта, құрама геологиялық қима тұрғызу кезінде қолданылады .

Мысалға келесі геофизикалық зерттеулер мәліметтерін қарастрайық.  
( диаграмма тарату)

Бұл ұңғыма бойынша келесі әдістердің диаграммалары жазылған: көрінерлік кедергі, өзіндік поляризациялау, индукциялық картаж, микрозондылау, кавернометрия және табиғи радиоактивтілік.

Ұңғыма қимасы құм-сазды тау жыныстарынан тұрады. Әр тау жыныстарының өздеріне тән ерекшеліктеріне тоқтала кетсек:

**2.Саздардың** меншікті кедергісі аз (4 Ом\*м КС және ИК бойынша)

ПС диаграммаларында оң ауытқулармен ерекшеленеді ( ПС-тың тура өрісі) . Саздарда бұрғылау ерітіндісінің ену аймағы болмағандықтан микроградиент- және микропотенциал зондтар диаграммаларында бірдей кедергілермен белгіленген. Бұрғылау барысында саздар шайылатындықтан кавернограммаларда диаметрдің ұлғайғанын көреміз. Ал ГК диаграммаларында саздардың табиғи радиоактивтілік мәні жоғары екенін байқаймыз ( 30 мкР/сағ-қа дейін), себебі олар жоғары адсорбциялау қасиетіне ие. Сазды қабаттар

**3.Алевролиттер** – саздардан қарағанда жоғары кедергіге ие ( КС бойынша 15-25 Ом\*м ) және бұрғылау барысында азырақ шайылады. Басқа сипаттамалары саздардікіндей болады. Алевролит қабаттары:

**4.Құмтастар** салыстырмалы жоғары кедергіге ие (КС диаграммасы бойынша 20-25 Ом\*м-ге дейін).КС және ИК диаграммаларындағы кедергінің айырмашылығының себебі – берілген аумақта құмтастарда бұрғылау ерітіндісінің терең жоғарылататын енуі бақыланады. Бұл ену стандартты зондтармен тіркелген КС шамасына үлкен әсер етеді. Ал индукциялық каротаж қабаттың шын (истинное) кедергісіне жақын кедергіні көрсетеді. ПС диаграммаларында құмтастар кері аномалиялармен белгіленеді (50 мВ –тан жоғары). Микрозондтар диаграммасы оң өсімшелер береді ( приращения).

Кавернометрия диаграммаларында құмтастарда диаметрдің кішіреюін байқаймыз. Оның себебі ұңғыма қабырғаларында сазды қабық түзіледі. Құмтастар қабатында ГК диаграммаларында табиғи радиоактивтіліктің мәні аса жоғары емес (15 мкр/сағ). Мысалы,

**5.Мұнайлы құмтастарды** берілген аумақта сулы құмтастардан айыру қиын. Өйткені бұрғылау ерітіндісінің терең жоғарылататын енуі себебінен сулы және мұнайлы құмтастарда КС мәндерінің айырмашылығы аз. Бұл қабаттарды ИК және БКЗ диаграммалары арқылы бөлуге болады. Индукциялық каротаж бойынша мұнайлы қабаттардың кедергісі сулы қабаттардың кедергісінен шамамен екі есеге көп. Мысалы,

Қабаттардың литологиялық құрамын дұрыс анықтау үшін интерпретатор тау жыныстарының физикалық қасиеттері мен аймақтың геологиялық құрылымын жақсы білу керек.

### **ГК нәтижелерін өңдеу**

ГК диаграммасын сапалық интерпретациялау деп ұңғыма ашқан қиманы таужы -ныстың радиобелсенділік деңгейі бой-ынша литологиялық жіктеуді айтады. Жалпы алған да, таужыныстың радиобелсенділігін тек қана ГК диаграм-масы бойынша нақ ты анықтау мүмкін емес. Ол үшін радиобелсенді каротаждың басқада түрлерін (КС, ПС, НГК, АК және т.б.) пайдалану қажет.ГК әдісі уран рудасы немесе калий тұздары сияқты табиғи радиобелсенді элементтерді іздеуде және барлауда тиімді болып саналады.

ГК диаграммасын сандық интерпретациялау нәтижесінде радиобелсенді таужыныс -тардың қорын есептеуге қажетті мағлұматтар (рудалық интервалдардың қалыңдығы және ондағы радионуклидтер мөлшері) анықталады. Бұл салада ГК кернді сына-малауға қарағанда нақты нәтижелер береді. ГК диаграммасын сандық интерпретациялау табылған аномалия ауданы-ның S радиобелсенді интервалдар қалыңдығы h мен ондағы радиобелсенді элементтердің мөлшері q арасындағы байланысқа негізделген.

$$S = K_0 \cdot q \cdot h, \quad (1)$$

мұнда  $K_0$  – қаныққан қалыңдықпен сипатталатын қабаттың  $\gamma$ -сәулелену қарқындылығы және оның құрамындағы радиобелсенді элементтің арасындағы байланысты көрсететін пропорционалдық коэффициент. Коэффициент  $K_0$  детектордың түрі мен мөлшеріне және руданың тығыздығы мен  $Z_{эф}$  ( $Z_{эф}$ - ортаның тиімді атомдық номері) параметрі мен байланысты. Бұл аталған барлық параметрлердің әсерін анықтау қиынға түседі, сондықтан,  $K_0$  коэффициентін тәжірибе барысында (радионуклид мөлшері белгілі қабат моделін пайдалану арқылы) анықтайды. Мәселен, гидрогендік уран рудасымен МС-13 санауышы үшін  $K_0=115$  мкР/ч (0,01% U).

**Қабат қалыңдығын анықтау.** Рудалық интервал қалыңдығын анықтау үшін әр түрлі тәсілдер қолданады:  $1/2 I\gamma^{max}$ ,  $4/5 I\gamma^{max}$ , белгілі қарқындылық пен және т.б. Тәсілдің қажетті түрін пайдалану рудалану біркелкілігіне, руда қалыңдығына және басқада параметрлерге байланысты. 1. суретте  $1/2 I\gamma^{max}$  тәсілімен анықталған мысал келтірілген.

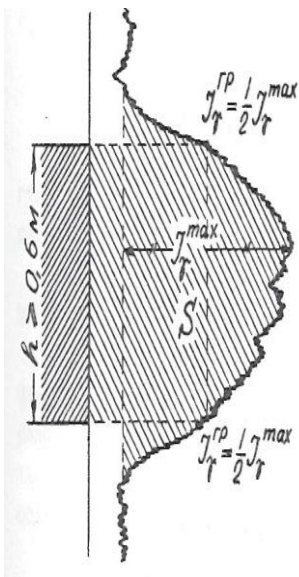
Аномалия амплитдасы  $I\gamma^{max}$  сыйыстырушы таужыныстың  $\gamma$ -фонынан есептелінеді (жабынды және жатын таужыныстары көрсеткіштерінің айырымы арқылы).

Радиобелсенді элемент мөлшерін (U) анықтау аномалияның барлық түрлеріне бірдей, төмендегі формуламен анықталады.

$$q = S / 100 K_0 h \quad \% \quad (1.)$$

Ауданның мөлшері  $S$  (см·мкР/ч) 1-суретте келтірілгендей ГК қисығымен тереңдік өсі және қабат жапсарлары құрайтын контур бойынша есептелінеді





**1-сурет . ГК диаграммасы бой-ынша қалың қабат жапсарлар-ын және аномалия ауданын анықтау**

### **ИК нәтижелерін өңдеу.**

Индукциялық каротаж диаграммасын интерпретациялаудың басты кезеңдерін қарастырамыз.

### **Қабаттың жапсары мен қалыңдығын анықтау.**

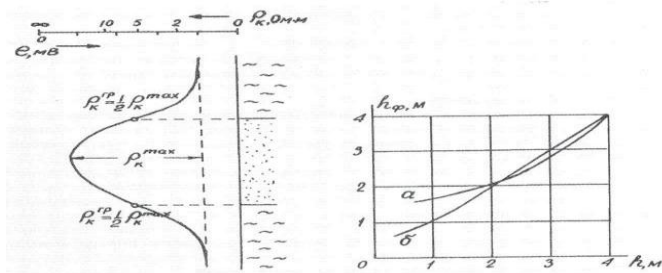
Теориялық есептеулер тұрғысынан индукциялық каротаж қисықтары қабаттар шекараларында өзгеріссіз, қарапайым симметриялық формалармен сипатталады. Қабат қалыңдығын анықтау үшін «аномалияның жартылай максимумы» аталуы ереже қолданылады (сурет-1). Осы ереже бойынша табылған қабат қалыңдығы (жалған)  $h_{\phi}$  ақылы өрнектеледі. Егер қабат қалың болса ( $h > 2L$ ), онда  $h_{\phi}$  қабаттың нақты мәніне тең, ал жұқа қабаттар үшін  $h_{\phi}$  мәні нақты мәнінен айырмашылығы бар (қабат қалыңдығы азайған сайын және қабат кедергісінің сыйыстырушы орта

кедергісіне қатынасы көбейген сайын бұл айырмашылық көбейе түседі). Жұқа қабаттар үшін оның нақты мәні арқылы 2 суретте келтірілген палетка арқылы табылады.

### **Қабаттардың кедергісін анықтау.**

Қалың қабат ортасынан сәйкес келетін көрінерлік кедергінің экстремалды мәні, іс жүзінде, шексіз қабаттың меншікті кедергісіне тең. Қабаттың қалыңдығы азайған сайын аномалия амплитудасы да азаяды (қабат қалыңдығы қаншалық азайса оның

амплитудасы да соншалық азаяды).



### Бақылау жұмысы:

1. ГК нәтижелерін интерпретациялау.
2. ИК нәтижелерін интерпретациялау.
3. Сандық тұжырымдау.
4. Сапалық тұжырымдау.

### Сабақ 86

#### Ұңғымадағы геологиялық-техникалық әдістер.

##### Жоспар:

1. ҰҒЗ тапсырмалары.
2. Механикалық каротаж.

#### **ҰҒЗ тапсырмалар. ҰҒЗ геологиялық-техникалық мәселелерді шешу үшін пайдаланылады.**

Бірінші кезекте геологиялық проблемалар, литологиялық бөлімдер, олардың корреляция, пайдалы қазбаларды анықтау және резервтерін есептеу үшін қажетті параметрлерін анықтау кіреді. Техникалық қиыншылықтар жарылыс-қопару жұмыстарын жүргізу, мұнай, газ және көмірдің дамыту мониторингі, қысқарту инженерлік-геологиялық және гидрогеологиялық ерекшеліктерін, ұңғымаларды техникалық жай-күйін зерттеу зерттеу жатады. ҰҒЗ алдында қиын жағдай ұңғыма-лық міндеттер түр шешім ортаны физикалық қасиеттерін жан-жақты зерттеуді қажет етеді. Осыған орай, бірнеше топтарын біріктіру каротаждық әдістерін үлкен саны бар. Олардың негізгісі – электр, электромагниттік, ядролық физика және акустика. Сондай-ақ жылу, магнит, гравитация-лық, механикалық және геохимиялық әдістері, бар.

## **Геофизикалық зерттеулер объектісі ретінде.**

ҰГЗ гидрогеология және инженерлік геология проблемаларын шешу, мұнай, газ, көмір, кен, тұщы және термалды су, құрылыс материалдарын геология және барлау зерделеу мақсатында бұрғылау. ҰГЗ әдістері, атап айтқанда, мұнай және газ кен орындарын, іздеу, барлау және дамытуда, бұрғы-лау ұңғымаларды зерттеуде маңызы зор. Бұрғылау тау жыныстарының барысында өзгерістерге ұшырайды. Қалың қатты жыныстар өте аз өзгертіңіз. (яғни шамамен долотаның диаметріне тең,) номиналға жақын, оның ішінде саңылау диаметрі. Болбыр және жарылған, сұйықтықпен шайылу-ға бейім тау жыныстарда каверндер пайда болады. Колекторларды бұрғылаған кезде флюидті қабатарда(мұнай, газ, су) елеулі өзгерістер пайда болады, бақылаусыз шығарындыларын болдыр-мау үшін, яғни, орын алуы жуу сұйықтықтың гидростатикалық қысым қабаттардың қысымынан жоғары болу керек.

Нәтижесінде, өтімді қабатардың ішіне ұңғыма сұйығы сүзгіленеді.

Бастапқы сұйықтық – мұнай, газ, өндірілген су – ену аймағын итеріп, оның диаметрі тесік номиналды диаметрі бірнеше дюйм асуы мүмкін, сантиметр немесе тіпті ондаған метр. Осы саладағы болуы айтарлықтай қанықтыру сипаты қалыптастыру анықтамасын қиындатады. Басып кірген аймақ жоғары ұшыраған бөлігі жуылған аймақты деп аталады. Қабатының таужыныстарының бері өлшемдері жуу сұйық балшық бөлшектер аз микрометрлер жүздеген асып әдетте емес

Сондықтан, тек саз бөлшектер ұңғыма қабырғасында қалып, сұйықтық қабатқа енеді, оның диаметрі 182 төмендейді.

Саз(корка) қабықтың пайда болуы, ұңғыманың диаметрін кішірейтеді, ену қабаты болған жағдайда.

Үлкен жарықшасы бар жарықшақты қабатарда сазды қабықша қалыптаспауы мүмкін. Ұңғыма бұрғыланғаннан соң оны шегендейді және цементтейді. Болат

бағаналардың болуы іс жүзінде электр және электромагниттік әдістерін пайдалану мүмкіндігін жояды. Сондықтан, бұл әдістер ашық оқпан әдісі пайдаланылады.

Ядролық- физикалық, акустикалық және кейбір басқа да әдістері, керісінше, ашық және шегенделген оқпандарда пайдалануға болады.

Микро және макроқондырғы бар. Бірінші жақын аймақты зерттеу үшін қызмет, соңғысы одан әрі (өзгеріссіз) аймақты зерттеуге принципті мүмкіндік жасайды.

ҰГЗ әдістерін жүргізбегенде, ұңғыманың қимасын зерттегенде, ұңғымадан керн кесіп алған. Алайда, бұл әдіс бірқатар кемшіліктері бар: айтарлықтай жұмыс жүргізу уақыты артады, өзіндік құны

қымбаттайды, негізінен кернді алу толық бұңғыманың қимасы туралы, және керн бұрғылау көп әсер еткен жерлерден алынады. ҰГЗ жұмыстары бір мезгілде үлкен радиусты қамтыған тереңдік бойынша нақты байланған, толық ақпарат береді. ҰГЗ жұмыстары керн алумен салыстырғанда бағасы арзан, уақыт шығыны да аз. Алайда, ҰГЗ кеңінен қолдану толығымен керн алудан бас тарту деуге болмайды. Кейбір жағдайларда тек керн материалдырын алу арқылы шешіледі: тұндыру және диагенезіне шарттарын егжей-тегжейлі зерттеу, кеуектер кеңістігінде түріне анықтамасы, минералдық құрамы және басқалары да. Сонымен қатар геологиялық және физикалық параметрлерінің арасындағы корреляция байланысы жеткілікті, дегенмен, берілген облыс үшін олардың нақты көрінісі белгісіз болып табылады және тек зертханалық негізгі талдау негізінде зерттеуге болады

### *Механикалық каротаж*

Механикалық каротаж немесе ұңғыманы бұрғылаудың ұзақтығы каротажы әрбір қума метр  $\tau$ , мин/м (погонный метр) тереңдікті бұрғылауға жұмсалатын уақытты тіркеуге негізделген. Жалпы алғанда, ұңғыманы бұрғылау ұзақтығы (техникалық жағдай бірдей болғанда) тау жыныстардың механикалық бұзылысқа кедергілігін яғни беріктігін сипаттайды. Бұл көрсеткіш, механикалық бұзылысқа сыни (критический) кедергісімен сәт сипатталады.

Табиғатта ең берік атқылама және метаморфтық тау жыныстары (әсіресе, кейбір граниттер және кварциттер), содан кейін карбонатты шөгінді таужыныстары, конгломераттар, құмтастар, саздытақтатастар. Беріктігі төмен тау жыныстар қатарына саз бен қорыс құмдар (пескипывуны) жатады. Таужыныстардың механикалық беріктігі бойынша айырмашылық,  $\tau$  уақытын бұрғылау барысында ұңғыма қимасын литологиялық жіктеу үшін пайдалануға мүмкіндік береді.

Механикалық каротаж диаграммаларының өзіне тән ерекшеліктері бар, олардың түрі сынық сызық түрінде болады, әрбір кесіндісі тік масштабта 1 м-ге тең. Механикалық каротаж диаграммаларымен КС диаграммалары, тау жыныстың әртүрлі физикалық қасиеттерін сипаттауына қарамастан, олардың сыртқы түрі бірдей. Механикалық каротаждың КС әдісіне қарағанда артықшылығы, бұл диаграммалар ұңғыманы бұрғылау барысында, қосымша уақыттықа жететпей, тікелей алынады.

### **Бақылау сұрақтары:**

1. Механикалық каротаждың жұмыс істеу принципі.
2. ҰГЗ мәселелерін шешу.

3. Механикалық каротажда қолданылатын аспаптар.
4. Механикалық каротаж диаграммалары.

## Сабақ 87

### Газды каротаж

#### Жоспар:

1. Газды каротаж.
2. Әдістің физикалық негіздері.
3. Газды каротаждың мәні.
4. Газды каротаждың қолданылуы.

Газды каротаж ұңғыманы бұрғылау барысында ұңғының мұнайлы және газды қабаттарға жаындағанын біліп, оларды айқындау үшін жүргізіледі. Бұл әдіс 1934-35 жылдары Кеңес үкіметінде, кейінірек АҚШ-та mud logging (mud – лай, батпак) деген атау мен өндіріске енген.

Ұңғыма газды немесе мұнайлы қабаттарды ашқанда таужынысы бұзылысқа ұшырайды, оның құрамындағы газ бұрғылау ерітіндісіне қосылып, жоғары жер бетіне шығады. Жер бетінде ерітіндіні газсыздандырып, ондағы газдың мөлшері мен құрамын зерттеу арқылы таужыныс құрамындағы көмір сутек газы мөлшерін анықтауға болады. Міне, газды каротажды жүргізудің негізгі мақсаты осында.

#### **Әдістің физикалық негіздері**

Таужыныстар құрамында, тіпті өте тереңде жатқан таужыныстарда, әрдайым азда болса газ бар. Олар еркін, жұтылған немесе ерітінді түрінде болуы ықтимал. аз азот, гелий, көмір қышқылды газ, көмір сутекті газ түрінде кездеседі. Көмір сутекті газ мұнай, газ және көмір кенорындарындағы таужыныстарда таралған.

Газды кенорындарда метан газы (СН<sub>4</sub>) басым болады, оның үлесі 93 пайызға жетеді; мұнай кенорындарындағы газда ауыр көмірсутектер басым болады: этан (С<sub>2</sub>Н<sub>6</sub>), пропан(С<sub>3</sub>Н<sub>8</sub>),бутан(С<sub>4</sub>Н<sub>10</sub>),пентан (С<sub>5</sub>Н<sub>12</sub>), метанның үлесі 48 пайыздан аспайды.

1(кесте).

Көмірсутек шикізаты кенорындардағы көмірсутек құрамы .

Газ	Жатын түрі		
	Газды	Газоконденсатты	Мұнайлы
Метан    СН <sub>4</sub>	93,5	82	48
Этан	3,0	4,5	3
Пропан	2,0	3,5	2
Бутан	1,0	4,3	2
Пентан	-	1	2

Гексан	-	1	2
Гептан	-	3,0	40

Жоғарғы температурада мұнайдың өзі газ тәрізді болуы ықтимал (гароконденсат). Жоғарғы қысымды өте терең ортада, көлемі  $1\text{ м}^3$  мұнай құрамында  $200\text{ м}^3$  табиғи газ болуы ықтимал.

Ұңғыма газды немесе мұнайлы қабаттарды ашқанда таужынысы бұзылысқа ұшырайды, оның құрамындағы газ бұрғылау ертіндісіне қосылып, жоғарғы жер бетіне шығады.

Жер бетінде ертіндіні газсыздандырып, ондағы газдың мөлшері мен құрамын зеріттеу арқылы таужыныс құрамындағы көмірсутек газмөлшерін анықтауға болады.

Міне, **газды каротажды** жүргізудің негізгі мақсаты осында.

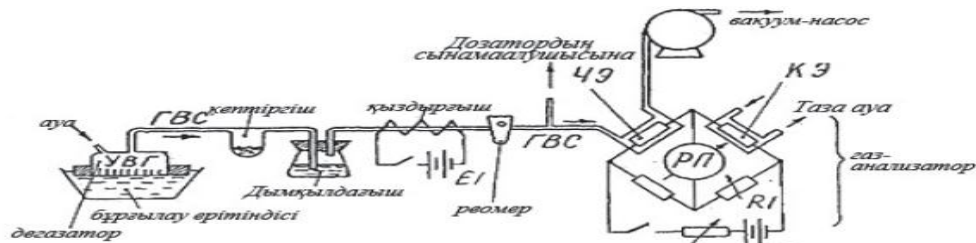
Бұрғылау ертіндісімен қоса жер бетіне ұңғымада майдаланған таужыныстары - **шлам** да шығарылады. Мұндай кенорындарында таужыныс шламыда ультра күлгін сәулелерде жарқылдайтын (*люменесценция* -латын. *Lumen-luminis* – жарық, *etsen*-суфикс) тумдалған заттар болды.

Бұрғылау шламы құрамындағы осындай битумдарды зерттеуге, газды каротаж бен бір уақытта люминесценттік-битуминологиялық талдау (ЛБА) жүргізіледі. ЛБА тәсілі бойынша жоғары нақтылықпен (0,01-0,005 %-ға дейін) мөлшері аз мұнайды, ал кейбір жағдайда жарқылдау түсі арқылы мұнайдың сапасын анықтауға болады. Жеңіл, майлы мұнайға ақшыл түс, ал ауыр, қою мұнайларға – кара кошқыл түс тән.

Люминесценттік-битуминологиялық талдау (ЛБА) жасау үшін ГТИ станциясы құрамында люминоскоп атаулы аспап бар.

Оның ішінде сұйық сынама құйылған шыны түтік қондыратын және қатты сынамаларды зерттеуге арналған құрылғылар бар. Көлемі шамамен  $200\text{ см}^3$  бұрғылау сынамаcы ұңғыманың ернеуі аумағынан алынып, оны 2-3 рет таза сумен езіп, оның бір бөлігін шыны түтікке құядыда люминоскопта жылтырауын көзбен бақылайды. Зерттелетін сынаманың жылтырауын эталондық жылтыраумен салыстырып, осылай сынамадағы мұнайдың бар-жоғы және оның сапасы анықталады.

**Автоматты газкаротажды станцияның газ-ауа желісінің схемасы**



### Газдық каротаж әдісінің мәні.

Газдық каротаж бұрғылау үрдісінде қабаттардағы көмірсутек газдарын зерттеуге негізделген, оларды бұрғылаған кезде жуу сұйығына айналады және жер бетіне тасымалданады, онда тіркеледі және анализденеді. Бұрғылау үрдісінде қабаттардағы газ, мұнай және су әртүрлі жолдармен топырақты ертіңдіге түсе алады.

Топырақты ертіңді бағанының гидростатикалық қысымы қабаттың қысымынан жоғары болғанда, бұрғылау-дың қалыпты режимін сақтау жағдайын да, қабаттардан газ немесе мұнай фильтрациясы болмайды. Құбырда топырақты ертіңдіні газбен баиытылуы тек қана бұрғыланып алынған жыныстан болады.

Аз жылдамдықпен бұрғылау кезінде және қабатқа ертіңді фильтрінің өтінуі кезінде озушы фильтрация өту мүмкін және жыныстардың бұрғыланып алынған көлемінде топырақты ертіңдіге өтетін қабаттық флюидтің аз бөлігі ғана қалады.

Бұл құбылыс газдық каротаждың мәндерін (данныиларын) интерпретациялау кезінде ескеріледі.

Іздестіру жолында топырақты ертіңдімен жер бетіне қысыммен температураның төмендеуінің нәтижесінде көмірсутек газдарының фазалық ауысулары жүреді. Бірақ газдың алғашқы құрамы және компоненттік құрамы өзгермейді, ол жатыс түрін болжамдауға мүмкіндік береді.

**Газды анализдеуге арналған құралдар - газоанализаторлар деп аталады.**

Газдарды газоанализаторларда анализдеу үшін әртүрлі детекторлар қолданылады. **Термохимиялық.** Термохимиялық детектор қалыңдығы 0,05 мм спиральдан және кедергісі 0,75 - 0,8 Ом металл рамкада қатайтылған.

Бұндаи детектордың жұмыс істеу принципі платиналық спиральдің бетінде жалынсыз жанаргаздардың жану кезінде температураның өзгеруіне негізделген.

Суммалы газды анализ газ-ауалы қосындыда көмірсутек газының суммарлы құрамын анықтауға келтірілген.

Газокаротажды станциялардың соңы модельдерінде Г сум мөлшерін анықтауға арналған детектор ретінде катарометр қолданылады- жылуөткізгіштік боиынша детектор.

Катарометрдің істеу принципі электр тоғын өткізгенде қыздырылған кедергінің сезгіш элементінің өзгеруіне негізделген.

Катарометр блок түрінде жасалған, онда екі бөлек камерада

жұмысшы және компенсационды сезгіш элементтер орнатылған.

Суммалы газоанализатордың өлшеу схемасы тұрақты тоқтың шығынымен анализденетін газоауалы қосынды өтетін жұмыс камерасының сезгіш элементі . екіштті жағы осындай шығынменауа өтетін компенсационлы камераның сезгіш элементі.

Анализ температурасында көмірсутек газдарының жылуөткізгіштігі ауа жылу өткізгіштігінен жоғары болғандықтан , температура, және компенсационды камерада кедергісі газо-ауалы қосындыдағы көмірсутек газдарының концентрациясына пропорционалды болады.

Компонентті газды анализ. Газо-ауалы қосындының компонентті анализіне хромтермограф қолданылады. Оның негізгі бөліктері дозатор краны, бөлгіш колонка, газоанализатор.

Хромтермограф дозаторының краны арқылы газо-ауалы қосынды ағады, белгілі көлемнің дозатор-трубкасын периодты түрде қосуға арналған

Бөлгіш колонка шірімеитін болат трубкадан тұрады, сорбентпен жоғары сорбционды қабілеті бар жоғарыдисперсті затпен толтырылған.

Компонентті анализ жүргізу үшін, анализденетін газо-ауалы қосындымен толтырылған дозаторды оның кранының кемегімен бөлгіш

калонкаға жалғастырады және дозатормен калонканы

компрессордың ауа сызығына қосады.Ауа ағыны газдардың

анализденетін қосындысын сорбенқа әкеледі, ары қарай камераны ауамен үрлеу нәтижесінде анализденетін қосынды компенттерге бөлінеді.

Колонканы қыздыру оныңболат трубкасынан электр тогын өткізу арқылы және оның берілген программа бойынша өзгерісі арқылы өткізіледі.

#### ***Газокаротаждың қолданылуы:***

1).Мұнай мен газ перспективасын айқындау

2).Олардың қанығу сипаттамасы анықтау

3).Апатты жағдайларды алдын алу

4).Бұрғылау режимі параметрлерін өлшеу

#### **Бақылау сұрақтары:**

*А.) Газды каротаж тарихы -туралы айт? қолдану саласы.*

*Д). Газдық каротаж*

*Ә) Әдістің физикалық негіздері ? арналған құралдар?*

*Ж). Газды анализдеуге*

*Б). Газды каротаж маңызы?*

*В). Газдық каротаж жұмыс жүргізу әдістемесі?*

*Г). Люминесценттік-битуминологиялық талдау деп нені атайды.?*

*Е). Газдық каротаж әдісінің мәні туралы айт?*

*З).Көмірсутек шикізаты кенорындардағы көмірсутек құрамы?*

*И). Газды каротаж қолданылуы ?*



## Сабақ 88 (тәжірибе)

### Ұңғымадағы геологиялық-техникалық әдістер.

#### Жоспар:

1. Термометрия.
2. Аппаратурасы.

#### Термометрия әдісі.

Термометрия әдісі табиғи және жасанды жылу өрістерін жертеуге негізделген. Жер қыртысының температурасын білу, қабаттағы фазалық жағдайын анықтайтын факторларды есепке алу үшін керек. Термометрия ұңғыманың бірқатар техникалық жағдайын анықтауда мүмкіндік береді. Олар жуу сұйықтығының жұтылуы, қабаттың ағыны, құбыр сыртындағы судың айналуы, экзотермиялық процестермен цемент тасының қатуын анықтайды.



#### Каротаж жүргізу

Ұңғыманы зерттеу алдында термометрді тексеру мен дайындау эксплуатациялау инструкциясына сай жүреді. Ұңғымалық термометрді жұмысқа дайындығын тексеру, градуировкалау және қателігін анықтау 2 ортамен (ауа, бақылау ерітіндісі) электротермометрмен іске асады. Температура айырымы диапазоны аномальді аймаққа сай болуы қажет. Бақылау өлшемдері әр ұңғымада каротаж алдында және аяғында жүреді. Температуралық қисықты термометр түсіргенде алады, сонымен қатар аспап жылдамдығы оның өлшеу қателігіне тәуелді 0,2°C болады. Жазу жылдамдығы 400-900м/сағ.



Ұңғымадағы геологиялық-техникалық әдістер.

Жоспар:

1. Кавернометрия.
2. Инклинометрия.

Кавернометрия.

**Кавернометрия**

Кавернометрия (КМ) деп бұрғылау ұңғымасының орташа диаметрін өлшеуді айтады. Жалпы алғанда, ұңғыманың іс жүзіндегі диаметрі бұрғы қашауының диаметріне тең емес. Осал тау жыныстарын (мәселен, қазба көмір) уату барысында ұңғыма диаметрі кесімді (номинальды) диаметрден  $dn$  асып кетеді. Мұның себебі, ұңғымада осал тау жыныстардыңлық суынан қуыстар пайда болады. Қуыстар ұңғыманы бұрғылау барысында, саздың шайылуынан сазды қабаттарда да пайда болады. Ұңғыманың диаметрінің кесімді диаметрден кішіреуі коллектор қабаттарда болады. Өзінің өтімділігі жоғары болуына байланысты, оларда бұрғылау ерітіндісі басылып қалады. Кеуек диаметрлері аз болғандықтан, қабатқа бұрғылау ерітіндісінің тек сұйығығана енеді, ал саз болса ұңғыма қабырғасына жабысып, сазды қабықша құрайды, ал ол ұңғыманың диаметрін кішірейтеді.

Ұңғыма диаметрін білу – техникалық және геологиялық мәселелерді шешуге аса қажетті. Мәселен, ұңғымаға шегендеу құбырын дұрыс орнату үшін ұңғыманың диаметрін білу қажет (5.1 сурет).

Сонымен қатар, шегендеу құбырын бекітуге қажетті цемент мөлшерін есептеу үшін немесе картаж жұмыстарын жүргізу үшін қажетті ұңғымалық аспаптарды таңдау да мұндай мәлімет аса қажет.

Инклинометрия.

**Инклинометрия** деп бұрғылау ұңғымасы оқпанының қисаюу бұрышын өлшеуді айтады.

Геологиялық немесе техникалық тұрғыдан қараған да бұрғылау ұңғымасы тік немесе еңіс бағытта бұрғыланады. Еңіс ұңғымалар, әдетте, теңіз платформаларынан мұнайды шығаруда, батпақты аудандар да үйілген табаннан (бұрғылау мұнарасының орнын ауыстырмай бірнеше мұнай шоғырларын шығаруда) негізгі ұңғымаға қосымша оқпан қосу үшін бұрғыланады. Рудалық кенорындарында еңіс ұңғымалар тік құлаушы (круто падающий) рудалық денелерді барлау кезінде бұрғыланады. Ұңғыманы бұрғылау барысында ол бастапқы бағытын өзгертуі (қисаюуы) мүмкін.

Ұңғыманың кеңіс тік тегі орналасқан жері тереңдік және екі

бұрыштық параметрлері мен (зенит және азимут бұрыштарымен) сипатталады.

*Зенит бұрышы* – ұңғыма осі мен тік бағыт арасындағы бұрыш.

*Азимут бұрышы* – солтүстік бағыт пен ұңғыманың көлденең кесіні арасындағы бұрыш.

Кейбір кезде *ұңғыманың еңіс бұрышы* деп те айтылады, бұл зенит бұрышын 90–қа толтыру бұрышы.

#### **Бақылау жұмысы:**

1. Кавернометрдің жұмыс істеу принципі.
2. Зенит бұрышы дегеніміз не?
3. Азимут бұрышы дегеніміз не?
4. Ұңғыманың еңіс бұрышы дегеніміз не?

#### **Сабақ 90-91**

##### ***Ұңғымалардағы геофизикалық зерттеулерді кешендеу.***

##### ***Жоспар:***

1. Мұнай және газ кенорындарын барлауда ҰГЗ әдістерін кешендеу.
2. Рудалы кенорындарын барлауда ҰГЗ әдістерін кешендеу.

#### ***МҰНАЙ ЖӘНЕ ГАЗ КЕНОРЫНДАРЫН БАРЛАУДА ҰГЗ ӘДІСТЕРІН КЕШЕНДЕУ***

Мұнай және газ ұңғымаларында жүргізілетін геофизикалық зерттеулердің маңыздылығы жоғары. Біріншіден, терең ұңғыманы бұрғылау барысында керн алуды азайту, тіпті алмауға (жұмысты арзандату және тездету мақсатында) болады. Екіншіден, ұңғыма ашқан қимадағы шөгінді қат қабаттардың өлшенген электрлік және ядролық-физикалық параметрлері бойынша жақсы жіктелуі (дифференциациялануы), осы аудандағы көптеген ұңғымалар да жазылған каротаждық диаграммаларды керн алынған бір немесе бірнеше тірек ұңғымалар қимасына байланыстырып сәйкестендіруге болады. Мұнай және газ кенорындарында ҰГЗ көмегімен шешілетін мәселелер: 1. Ұңғыма ашқан қиманы литологиялық жіктеу. 2. Қимадағы коллекторларды бөлу, олардың қалыңдығын және құрылысын анықтау. 3. Коллекторлық қасиеттерді анықтау: – кеуектілік; – өткізгіштік; – саздылық. 4. Коллекторлардың мұнай-газ қанықтылығын анықтау. 5. ВНК, ГНК, ГВК жапсарларының орналасуын анықтау. 6. Ұңғыма қималарын сәйкестендіру (корреляциялау). 7. Ұңғыманың техникалық жағдайын зерттеу. 8. Кенорнын игеруді бақылау.

Мұнай және газ кенорындарында каротаж жүргізу үшін ҰГЗ-нің көптеген әдістерінің түрлері қолданылады. Каротаждық диаграмманы ұңғыма

оқпаны бойымен 1:500 масштабта (тереңдік бойымен), ал өнімді қабаттарда – 1:200 масштабта жазады.

### *РУДАЛЫ КЕНОРЫНДАРЫН БАРЛАУДА ҰГЗ ӘДІСТЕРІН КЕШЕНДЕУ*

Рудалы кенорындарда қолданылатын ҰГЗ әдістерінің оңтайлы комплексін таңдау рудалардың және сыйыстырушы тау жыныстарының физикалық қасиеттеріне тікелей байланысты. Комплексті таңдауда олардың меншікті электр кедергісі, электрхимиялық белсенділігі, поляризациясы, магниттік қабілеттілігі, табиғи радиобелсенділігі, тығыздығы, тиімді атомдық номері, нейтрондық қасиеттері еске алынады. Әдетте, әрбір руда аталмыш физикалық қасиеттердің ең болмаса біреуімен, көпшілік жағдайда бір нешесі мен, сыйыстырушы тау жыныстарынан өзгешеленеді. Барлық рудалар бір-бірінен ядролық-физикалық қасиеттері мен ерекшеленеді, олар арқылы рудалық интервалдарды бөлумен қатар, ондағы металдың пайыздық мөлшерінде анықтауға болады. Рудалы кенорындарында ҰГЗ әдістері мен шешілетін мәселелер: 1. Ұңғыма ашқан қиманы литологиялық жіктеу. 2. Рудалы интервалдарды бөлу, олардың қалыңдығын және құрылысын анықтау. 3. Руда құрамындағы металдың пайыздық мөлшерін анықтау. 4. Ұңғымааралық кеңістікте рудалы дененің құрылысын зерттеу. 5. Ұңғыманың техникалық жағдайын зерттеу. Сонымен, бұл тізбедегі ерекше мәселелердің қатарына металдың пайыздық мөлшерін анықтау және ұңғымааралық кеңістікте рудалы дененің құрылысын зерттеу болып табылады. Соңғы мәселенің туындауының себебі, рудалық жатындар күрделі морфологиясымен сипатталады, сондықтан ұңғыма ашқан қиманы сәйкестендіру, мұнай немесе көмір кенорындары мен салыстырғанда күрделі, тіпті мүмкін емес. Рудалы ұңғымаларды геофизикалық әдістермен зерттеу үш кезеңнен тұрады. Бірінші кезең бүкіл ұңғыманы қамтиды. Бұл кезеңдегі басты мақсат ұңғыма ашқан қиманы литологиялық жіктеу, рудалы интервалдарды бөлу және ұңғыманың техникалық жағдайын зерттеу. Каротаж диаграммаларының тереңдік масштабы 1:200-ге тең. Екінші кезең де көптеген рудалы кенорындарына жүргізілетін КС, ПС, ГК, ПГГК, кавернометрия және инклинометрия әдістерінің комплексі пайдаланылады. Екінші кезеңдегі жан-жақты зерттеу барысында рудалы интервалдардың қалыңдығы мен құрылысы және руда құрамындағы металдың пайыздық мөлшері нақтыланады. Диаграммалар масштабы – 1:50 немесе 1:20, зерттеу жұмыстары тек қана рудалы интервалдарда жүргізіледі. Бұл кезең де басты ерекше әдіс

болып руда құрамындағы металдың пайыздық мөлшерін, яғни руданың сандық сипаттарын анықтайтын әдіс болады. Мәселен, активация қимасы жоғары элементтер (Cu, Al, Mn және т.б.) үшін – бұл нейтрондық-активациялық каротаж; атомдық номері жоғары ауыр металдар рудасы (Cu, Pb, Yg, Sr және т.б.) үшін – рентген-радиометриялық каротаж; жылу нейтрондарының сіңуі жоғары элементтер (B, Hg, Mn) үшін – жылу нейтрондар бойынша нейтрондық каротаж; радиобелсенді металдар (U, Th, K) үшін – гамма-каротаж; Be үшін – фото нейтрондық каротаж; магнитті рудалар (темір) үшін – магнитті қабілеттілік каротажы және с.с. Рудалы интервалдардың шекарасын және құрылысын нақтылау үшін, бұл кезеңде комплекс құрамына МСК және МЭП әдістерін қосады. Руда және минералдық шикізат кенорындарында жүргізілетін ҰГЗ әдістері келесі каротаж түрлерін біріктіреді: - Электрлік: кедергі каротажы (КС), ток каротажы (ТК) және оның МСК модификациясы, өздігінен поляризация тәсілі бойынша жүргізілетін каротаж (ПС), электродты потенциал (МЭП). - Электрмагниттік және магниттік: магниттік қабілеттілік каротажы (КМВ), магнит өрісі (КМП), индукциялық (ИК), жасанды поляризация (КВП) және ИК және КМВ\ әдістерінің жиынтығы – электрмагниттік каротаж (ЭМК). - Ядролық-геофизикалық: гамма-каротаж ГК (ИГК және СГК түрлерін қоса), гамма-гамма каротаж (ГГК) (ГГК-П, ГГК-С, ИГГК-П, СГГК-П, ИГГК-С, СГГК-С), гамма-нейтрондық немесе фото нейтрондық каротаж (ГНК), Рентген радиометриялық каротаж (РРК) және кернді сынамалау (РРО), нейтрон-нейтрондық каротаж (ННК), нейтрон-активациялық каротаж (НАК), нейтронды гамма-каротаж (НГК) (СНАК және СНГК түрлерімен).

- Акустикалық каротаж (АК) (сигналдың жылдамдығы және басылу заңдылығы бойынша) және ұңғымааралық сәуле тарату. Гамма-каротаж (ГК) (ИГК немесе СГК түрлерімен), жаппай іздеуді қамтамасыз ету мақсатында, яғни радиобелсенді элементтері кенорындарымен (уран, торий, радий) байланысты радиобелсенді аномалияларды табу үшін, міндетті түрде, барлық геологиялық барлау ұңғымаларында жүргізіледі. Тығыздық гамма-гамма каротаж әдісі (ГГК-П) таужыныс пен руданың табиғи жатыста тығыздығы туралы ақпарат алу мақсатында (мәселен, руда қорын есептеуде немесе ұңғыма ашқан қиманы тығыздығы бойынша литологиялық жіктеу үшін), міндетті түрде жүргізіледі. Каротаждың басқа түрлері геологиялық барлау жұмыстарының кезеңіне, геологиялық-геофизикалық зерттеудің мақсаттарына, зерттелетін объектінің геологиялық ерекшеліктеріне,

пайдалы қазба түріне және оның физика-химиялық және геологиялық-минералогиялық қасиеттеріне байланысты жүргізіледі. Үшінші кезеңде ұңғымааралық кеңістіктегі рудалық денелердің құрылысы зерттеледі. Бұл кезеңге ұңғымалардың барлығы бұрғыланып болғаннан кейін кіріседі. Бұл кезеңдегі зерттеулер ұңғымалық геофизика әдістерімен жүргізіледі: руданың электрөткізгіштігі жоғары болса – зарядталған дене, радиотолқынды сәуле тарату, ұңғыманы дипольдық электр магнитті профильдеу және т.б. әдістермен; магниттелу деңгейі жоғары болса – ұңғымалық магнит барлау әдісімен жүргізіледі.

#### **Бақылау сұрақтары:**

1. Кешендеудің мақсаттары мен міндеттері.
2. Ұңғыма каротажы әдістерінің тиімді кешенін таңдау.
3. Геофизикалық әдістердің қолданылуының физика-геологиялық шарттары.
4. Геофизикалық мәліметтерді кешендеудің неізгі принципі.

**Қолданылған әдебиеттер:**

1. Бондаренко В.М., Демура Г.В., Ларионов А.М., "Барлаудың геофизикалық әдістерінің жалпы курсы". М. Недра 1986ж.
2. Гринкевич Г.И. "Магниттік барлау" М, недра 1987ж.
3. Грушинский Н.П., Сажина Н.Б. "Гравитациялық барлау" М. Недра 1987ж.
4. Якубовский Ю.В., Ренарл И.В. "Электробарлау" М. Недра 1991ж.
5. Гурвич И.И. "Сейсmobарлау" М. Недра 1975ж.
6. Нагля В.В., Овчинников Л.И., "Барлаудың радиометрлік және ядролық-физикалық әдістері". М. Недра 1982ж.
7. Знаменский В.В., Жданов М.С, Петров Л.П., "Ұңғымаларды зерттеудің геофизикалық әдістері". М. Недра, 1991ж.
8. Дягилева А.И., Андревич В.В., "Барлаудың геофизикалық әдістерінің негіздері". М. Недра, 1987ж.
9. Өмірова Г.Қ., Исағалиева А.Қ., Досымбекова Ж.Б. «ГЕОФИЗИКАЛЫҚ ӘДІСТЕРДІҢ НЕГІЗДЕРІ» 2011ж.
10. Ә. Нұрмағамбетов, Е. Нүсіпов «ГЕОФИЗИКАЛЫҚ БАРЛАУ ӘДІСТЕРІНІҢ НЕГІЗДЕРІ» 2003ж
11. Ә. Нұрмағамбетов, Н.З. Молдақұлов «ҰҢҒЫМАНЫ ГЕОФИЗИКАЛЫҚ ӘДІСТЕР МЕН ЗЕРТТЕУ» 2012ж