

Казбекова Гульзия Куанышовна
Айтикеев Нұржигит Тагибергенович
Есқалина Құралай Төлегенқызы

ЖЕРАСТЫ ГИДРОМЕХАНИКАСЫ

дәрістер жинағы

Ақтөбе
2016

С.БӘЙШЕВ АТЫНДАҒЫ АҚТӨБЕ УНИВЕРСИТЕТІ

«Мұнай-газ және тау-кен ісі» кафедрасы

Казбекова Гульзия Куанышовна
Айтикеев Нұржигит Тагибергенович
Есқалина Құралай Төлегенқызы

ЖЕРАСТЫ ГИДРОМЕХАНИКАСЫ

дәрістер жинағы

С.Бәйішев ат.Ақтөбе университетінің оқу-әдістемелік кеңесінде
мақұлданды. (Хаттама №____ 20____)

Ақтөбе
2016

Рецензенттер: Алдамжаров Н.Н. - т.ғ.к., С.Бәйішев ат. Ақтөбе университеті

Набока О.М. - ЖШС АқтөбНИГРИ, «Қабат физикасы»
зертхана меңгерушісі

**Казбекова Гульзия Қуанышовна, Айтикеев Нұржигит Тагиберенович,
Ескалина Құралай Төлегенқызы**

К 14 Жерасты гидромеханикасы: дәрістер жинағы : 5В050800 -
«Мұнай-газ ісі» мамандығының студенттеріне арналған / Казбекова Г.К.,
Айтикеев Н.Т., Ескалина К.Т. - Ақтөбе : С.Бәйішев ат.Ақтөбе университеті,
2016ж. - 144б.

Дәрістер жинағында – жерасты гидромеханикасы кеуекті және жарықшақты-кеуекті тау жыныстарында мұнайдың, судың және газдың жылжу заңдары келтірілген. Сондай-ақ жерасты сұйықтарының және газдардың жылжу үрдістері қарастырылған. «Жерасты гидромеханикасы» пәнін оқығаннан кейін студент, кенорынды игеруді жобалау және ұңғыманы бұрғылауда кеуекті ортадағы судың, газдың, мұнайдың сүзілу заңдылықтарын қолдануды, физикалық процестерді және қабаттарда жүріп жатқан түрлі заңдылықтар туралы түсініктерді меңгереді.

Дәрістер жинағы жоғары оқу орындары 5В050800 - «Мұнай-газ ісі» мамандығы студенттері мен оқытушыларына арналған.

ӘОЖ 622
К 14

© Казбекова Г.К., Айтикеев Н.Т., Ескалина К.Т.
©С.Бәйішев атындағы Ақтөбе университеті, 2016ж.

КІРІСПЕ

Жерасты гидромеханикасы сұйықтықтардың, газдардың және олардың қоспаларының кеуекті және жарықшақты тау жыныстарында сүзгіленуі туралы ғылым болып табылады. Сүзгілеу ағымы, яғни кеуекті немесе жарықшақты ортадағы сұйықтықтың (газдың, газ бен сұйықтықтың қоспасының) ағымы жерасты гидромеханикасының объектісі болып табылады. Жерасты гидромеханикасы мұнай және газ кенорындарын игеру және мұнайгазды алу технологиясы теориясының құрам бөлігі болып табылады. Жерасты гидромеханикасының заңдарын білу берілген қабат жағдайы үшін кенді игерудің ұтымды режимдері мен жүйелерін таңдауда қажет. Кенді игерудің гидродинамикалық модельдеуі жерасты гидромеханикасының тура есебін шешу шегінде алынған және сүзгілену үрдісін нақты жағдайда сипаттайтын математикалық теңдеулерді пайдалануға негізделген. Қабаттың сүзгілену сипаттамаларын анықтау мақсатымен игеру үрдісін бақылау және реттеу үшін қабаттардың және ұңғылардың гидродинамикалық зерттеулерін жүргізеді. Бұл зерттеулерді мәліметтерін өңдеуі жерасты гидромеханикасының кері есебін шешуге негізделген. Жерасты гидромеханикасы басқа ғылымдарда да кең қолданылады: гидрогеологияда, инженерлік геологияда, гидротехникада, т.б. Судың қаныққан грунттарда сүзгіленуін зерттеудің алғашқы тәжірибелерін француз ғалымы А. Дарси жүргізген. Ол 1856 ж. сүзгілену жылдамдығының қысым градиентінен тәуелділігін көрсететін эксперименталдық заңын тұжырымдаған. Осы жылдары басқа француз ғалымы Ж. Дюпюи монографиясын жариялаған. Онда грунт суларының сүзгілену теориясы келтірілген, құдықтар дебиттерінің формулалары шығарылған және сүзгілену есептері шешілген. Жерасты гидромеханикасының дамуына Ч. Сликтер және М. Маскет атты америкалық ғалымдар да айтарлықтай үлесін қосқан.

Сүзгілену теориясының ресей мектебінің негізін қалаушылар – профессор Н. Е. Жуковский және академик Н. Н. Павловский, ал ресейлік мұнайгаз жерасты гидромеханикасының негізін қалаушысы – академик Л. С. Лейбензон. Сонымен қатар, мұнайгазсу қабаттарындағы сұйықтықтар мен газдардың сүзгілену теориясына С. А. Христианович, Б. Б. Лапук, И. А. Чарный, В. Н. Щелкачев, т.б. зор үлесін қосқан.

ЖЕРАСТЫ ГИДРОМЕХАНИКАСЫ ПӘНІ ЖӘНЕ ЖАЛПЫ ТҮСІНІК

1. Пәннің қысқаша мазмұны
2. Мұнай және газ кенорындарын игеру жүйесін жобалағанда жерасты гидромеханикасының мәні

Гидромеханика (гидравлика) – сұйықтықтың механикалық қасиеттерін, сұйықтықтың қозғалысы мен тепе - теңдік заңдарын, сұйықтықтың қатты беттермен әсерін зерттейтін ғылым.

Гидромеханика – заңдары мен қортындылары техникалық және инженерлік есептерді шығаруға керек техникалық қолданбалы пән.

Гидромеханика инженерлік білімнің негізін құрайтын ғылымдардың бірі және өзі бірнеше бөлімнен тұрады.

"Гидростатика" бөлімінде гидростатиканың негізгі теңдеуі шығарылады, тыныштықтағы сұйықтықтың қысымы анықталады және сұйықтықтың жазық және қисық беттерге әсері қаралады.

"Гидродинамика" бөлімінде сұйықтық қозғалысының негізгі заңы мен Д. Бернулли теңдеуі, сұйықтық қозғалысының режимдері мен гидравликалық кедергілердегі арын жоғалтуы оқылады.

"Құбыр жүйесін гидравликалық есептеу" жай және күрделі құбыр жүйесін инженерлік есептеуге керек негізгі бөлім болып есептеледі.

"Сұйықтықтың саңылау мен саптамадан ағуы" бөлімінде сұйықтықтың кіші және үлкен саңылау мен саптамадан ағуын есептеу көрсетіледі.

Гидравлика – тепе-теңдік заңдылықтарын, сұйықтықтың механикалық қозғалысын зерттейтін ғылым. Гидравлика сөзі гректің *hydraulikos* - сулы, *pydos* – су, *aulos* – құбыр деген сөзінен шыққан.

Пәнді білу - гидравликаның негізгі заңдарын білу, өзен, көл, теңіз, жер асты суларын қолдануға арналған гидротехникалық қондырғыларды пайдалану, құрылысты жобалауға қажет инженерлік есептеулерді үйрену үшін қажет.

Болашақ маман:

- Гидростатика мен гидравликаның негізгі заңдарын
- Сұйықтықтардың физикалық қасиеттерін
- Сұйықтық қозғалыстарының түрлерін, ағыстың гидравликалық параметрлерін
- Сұйықтық қозғалысының режимін
- Құбырдың гидравликалық есептеулерін
- Сұйықтықтың кеуекті ортада фильтрациялануын білуі қажет.

Гидравликаның алғашқы еңбектері:

Гидравлика саласы бойынша ең алғашқы еңбектердің бірі болып Архимедтің «О плавающих телах» атты трактаты саналады.

XV-XVI ғ.ғ. Леонардо да Винчи (1452-1419) «О движении и измерении воды» еңбегін жазды. Ол тек 40 жылдан кейін басылып шығарылды.

С. Стевин (1549-1620) «Гидростатика бастамасы» кітабын жазды.

Г. Галилей(1564-1642) 1612 ж. «Судағы денелер және олардың қозғалысы» кітабын жазды.

Е. Торичелли (1608-1647) тұтқыр сұйықтықтың резервуар тесігінен ағу жылдамдығын есептейтін формуланы ойлап тапты.

Б. Паскаль (1623-1662) орта ғасырларда гидравликалық машиналардың көп мөлшерде пайда болуына негіз болған қысымның сұйықтыққа берілу заңын ашты.

Н. Ньютон (1643- 1723) 1686 ж. сұйықтықтағы ішкі үйкелісі туралы гипотезаны ойлап тапты.

Сұйықтықтар және олардың физикалық қасиеттері

Сұйықтық – аққыштық қасиеті және үзілу деформациясына аздаған келергісі бар, кез келген жай күштердің әсерінен өзінің пішімін өзгерте алатын физикалық дене.

Сұйықтықтың екі түрі болады: тамшылы және газ тәрізді.

Тамшылыға қарапайым сұйықтықтар (су, мұнай, керосин, майлар т.б.) жатады.

Газ тәрізді сұйықтыққа газдар (ауа, азот, пропан т.б.) жатады.

Тамшылы мен газ тәрізді сұйықтықтардың айырмашылығы күштің әсерінен сығылуы болып табылады. Тамшылы сұйықтықтар сығылмайды, ал газ тәрізді сұйықтықтар оңай сығылады. Күштің әсерінен пішінін өзгертеді.

Тамшы тәрізді және газ тәрізді сұйықтықтардың негізгі ерекшелігі сыртқы күштердің әсерінен сығылуы (көлемін өзгертуі). Тамшы тәріздес сұйықтар қиын сығылады, ал газ тәрізді сұйықтықтар жеңіл сығылады, яғни аз ғана сыртқы күш әсерінен өзінің көлемін бірнеше рет өзгерте алады.

Сұйықтықтардың қозғалу заңдылықтарын зерттеу үшін «идеал» және «реал» түсінігі енгізілген.

Идеал - тұтқыр емес, абсолют қозғалғыш, үйкеліс күші жоқ, ішкі күштердің әсеріне абсолют өзгеріссіз сұйықтықтар болып табылады. Бұндай сұйықтықтар шын мәнде жоқ. Бұл модель теориялық шешімдер мен зерттеулерді жеңілдетуге арналған.

Реал - тұтқыр,сығылмайтын, созылу және сығылу күштеріне кедергі жасайтын, үйкеліс күші бар сұйықтықтар.

Реал сұйықтықтар ньютондық және ньютондық емес (бингемовтік) болуы мүмкін. Ньютондық сұйықтықтарда - сұйықтықтардың бір қабатының қозғалысы екіншіге қатысты беттесу кернеуінің (ішкі үйкеліс) мөлшері қозғалыс жылдамдығына пропорционал. Бұл заңдылықты 1686 жылы Ньютон орнатты. Сондықтан бұл сұйықтықтарды (су, майлар, бензин, каросин, глицерин) ньютондық деп аталады.

Ньютондық емес сұйықтықтар қозғалғыш, тыныштық күйінде беттесу кернеуі (ішкі кедергі) болады. Оның мөлшері сұйықтықтың түріне байланысты. Бұл ерекшелікті алғаш рет Ф.Н.Шведов 1889жылы, кейін Бингем 1916жылы байқады. Сондықтан бұл сұйықтықтар (битон, гидроқоспалар, саз тәрізді ерітінділер, коллойдтар кату температурасына жақындағанда мұнай өнімдері) бингемовтік деп аталады.

Сұйықтықтың негізгі қасиеттері

Сұйықтықтың тығыздығы – бұл бірлік көлемді толтырған сұйықтықтың

салмағы, өлшем бірлігі: $\frac{кг}{м^3} : \rho = \frac{m}{V}$

Сұйықтықтың меншікті салмағы - бұл бірлік көлемді сұйықтықтың ауырлық күші, өлшем бірлігі: $\frac{Н}{м^3} : \gamma = \frac{G}{V}$

Ауырлық күші $G = mg$ болғандықтан, сұйықтықтың тығыздығы мен меншікті салмағы арасындағы есептеу формуласын аламыз:

$$\gamma = \rho \cdot g \quad (1.1)$$

Меншікті салмақ өлшенген жерде ауырлық күшінің үдеуіне (g) тәуелді болғандықтан, есептеу кезінде тығыздықтың (ρ) шамасын қолданамыз.

Техникалық есептеуде судың тығыздығын $\rho = 10 \frac{кг}{м^3}$, сынаптың

тығыздығын $\rho_{сын} = 13,6 \frac{кг}{м^3}$ деп қабылдаймыз.

Сұйықтықтың физикалық қасиеттері.

Гидромеханика курсына сұйықтықтың келесі физикалық қасиеттерімен танысамыз: сұйықтықтың сығылуы мен тұтқырлығы, капилляр түрінде болуы және кавитация.

Сұйықтықтың физикалық қасиеті тұтқырлыққа тоқталсақ, бұл сұйықтық қабатының бір біріне қатысты қозғалуына қарсыласа білу қабілеті.

Техникалық есептеу мен есеп шығарған кезде тұтқырлықтың екі коэффициентін қолданады: тұтқырлықтың динамикалық коэффициенті μ , өлшем бірлігі $Пас$; тұтқырлықтың динамикалық коэффициентінің сұйықтық тығыздығына қатынасы- тұтқырлықтың кинематикалық коэффициенті ν :

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad (1.2)$$

Тұтқырлықтың динамикалық коэффициенті мен сұйықтық тығыздығының өлшем бірліктерін қоя отырып, тұтқырлықтың кинематикалық коэффициентінің $СИ$ жүйесіндегі өлшем бірлігін аламыз:

$$\frac{м^2}{с}.$$

Сұйықтықтың эксперименталды тұтқырлығы вискозиметрмен анықталады. Вискозиметрмен Энглер градусі деп аталатын салыстырмалы тұтқырлығы да анықталады.

Тұтқырлықтың шартты кинематикалық коэффициентіне көшу үшін Уббелоданың эмпириялық формуласын қолданады:

$$\nu = \left(0.0731^{\circ E} - \frac{0.0631}{^{\circ E}} \right) \cdot 10^{-4} \quad (1.3)$$

Тұтқырлықтың кинематикалық коэффициентінің шамалары кітаптардың қосымша бөлімінде келтірілген, оны есептеу кезінде қолданамыз.

Тығыздық (ρ) дегеніміз- массаның (m) көлемге (w) қатынасы.

$$\rho = m/W, \text{ кг/м}^3$$

Химиялық құрамына байланысты сұйықтықтарды бір компонентті, таза сұйықтық немесе көп компонентті сұйық қоспалар болып бөлінеді. Қоспалардың тығыздығын келесі формуламен анықтауға болады:

$$\frac{(m_1 + m_2)}{(W_1 + W_2)} = \frac{(\rho_1 W_1 + \rho_2 W_2)}{(W_1 + W_2)}$$

Мұндағы: m_1 , мен m_2 ; W_1 мен W_2 және ρ_1 мен ρ_2 сәйкесінше сұйықтықтардың массасы, тығыздығы, көлемі.

Судың максимал тығыздығы 4°C температурада 1000 кг/м^3 . Ол $4,08$, $3,8$, $3,4^{\circ}\text{C}$ сәкесінше $0,1$, $0,4$, $1,0 \text{ МПа}$ максимал мәнге жереді. Атмосфералық қысымда температурасы 15°C судың тығыздығы 999 кг/м^3 . Тұздың концентрациясы 35 г/л болғанда температурасы 0°C теңіз суының концентрациясы $1028,1 \text{ кг/м}^3$. Тұздың мөлшері 1 г/л өзгерсе, сәйкесіше тығыздық $0,8 \text{ кг/м}^3$ өзгереді.

Сұйықтықтың меншікті салмағы (γ) - сұйықтық салмағының көлемге қатынасы.

$$\gamma = \frac{G}{W} = \rho g$$

Егер Ньютонның 2 заңын қолданып $G = mg$ теңдігінің екі жағын көлемге W бөлсек, тығыздық пен меншіктік салмақ арасындағы айырмашылықты байқай аламыз.

$$\frac{G}{W} = \frac{mg}{W}$$

Мұндағы: G -ауырлық күші, g - еркін түсу үдеуі, $\text{м}^2/\text{с}$.

Кейбір сұйықтықтардың 20°C температурадағы меншікті салмағы.

Сұйықтық	Меншіктік салмақ γ , Н/м^3	Тығыздық ρ , кг/м^3
Сынап	132900	13547
Теңіз суы	10010–10090	1002–1029
Табиғи су	9790	998,2
Минералды май	8600–8750	877–892

Мұнай	8340–9320	850–950
Керосин	7770–8450	792–840
Этил спирті	7740	789,3
Бензин	7250–7370	739–751

Сығылуы. Реал сұйықтықтарды сыққанда көлемі азаяды. Қысым өзгергенде сұйықтықтың көлемін өзгерту қасиеті көлемдік сығылу коэффициентімен (b_w) сипатталады. Яғни қысымның өзгерісіндегі сұйықтық көлемінің өзгерісі.

$$b_w = \text{Па}^{-1}, \quad \frac{\Delta W}{W \Delta p} = \frac{1}{\rho} \frac{\Delta \rho}{\Delta p}$$

Мұндағы: ΔW – көлемдік өзгеріс, Δp – тығыздық өзгерісі.

Ұлғаю температурасы. Сұйықтықтың көлемдік W өзгеру қасиеті температураның ұлғаю коэффициенті (b_t), яғни сұйықтықтың көлемдік өзгерісінің тұрақты қысымда 1°C температура өзгерісіне (t) қатынасы болып табылады.

$$b_t = ^\circ\text{C}^{-1}. \quad \frac{\Delta W}{W (\Delta t)}$$

Таблицада судың ұлғаю коэффициенті көрсетілген.

Қысым P , $\text{Па} \cdot 10^5$	1°C температурадағы температуралық ұлғаю коэффициенті β_t				
	1-10	10-20	40-50	60-70	90-100
1	0,000014	0,000150	0,000422	0,000556	0,000719
100	0,000043	0,000165	0,000422	0,000548	0,000704
200	0,000072	0,000183	0,000426	0,000539	0,000682

500	0,000149	0,000236	0,000429	0,000523	0,000661
900	0,000229	0,000289	0,000437	0,000514	0,000621

Белгілі температурада сұйықтың тығыздығын, температуралық ұлғаю коэффициентін біле отырып басқа температурадағы сұйықтың тығыздығын анықтауға болады.

$$\rho_i = \frac{\rho}{(1 + \beta_i(t_i - t))}$$

Тұтқырлық – ішкі үйкеліс, сұйықтықтағы ұсақ бөлшектердің қозғалыс кезінде бір-біріне кедергі жасауы. Тұтқыр ағыстың негізгі заңын Ньютон орнатты:

$$\frac{d\nu}{dy}_{t=\pm m}$$

мұндағы: τ - сұйықтықтың беттесу кернеуі,

$$\tau = T/w,$$

мұндағы: T - тангенциал күш,
 w - беттесу ауданы,

Қозғалу жылдамдығының градиенті:

$$= \frac{d\nu}{dy} \frac{(\nu_2 - \nu_1)}{(y_2 - y_1)}$$

Сұйықтықтың тұтқырлығын өлшейтін приборды – вискозметр (латынша **viscosus**- тұтқыр) деп атайды. Вискозиметрдің ең көп тараған түрлері: капиллярлы, ротациондық, құлайтын шаригі бар, ультрадыбыстық.

Меншікті жылу сыйымдылық. Судың 0°C температурадағы меншікті жылу сыйымдылығы 4180 Дж /кг. Ол температураға тәуелді өзгереді, +35°C температурада максимумға жетеді.

Меншікті балқу жылуы. Меншікті балқу жылуы мұздың суға айналған кезінде 330 кДж/кг құрайды. Бу түзілудің меншікті жылуы қалыпты қысым мен 100°C температурада 2250 кДж/кг тең.

Электроөткізгіштік. Химиялық түрде су электр тогын өткізбейді. Оның 18°C температурадағы меншікті электр өткізгіштігі $4,3 \cdot 10^{-8} \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$ тең.

Тақырыпты бекітуге арналған сұрақтар:

1. Жерасты гидромеханикасы нені зертейді?
2. Сұйықтықтар және олардың физикалық қасиеттері
3. Сұйықтықтардың негізгі физикалық қасиеттерін ата.
4. Электроөткізгіштік деген не?
5. Идеал және реал сұйықтықтардың айырмашылығы неде?

ФИЛЬТРАЦИЯ ТЕОРИЯСЫНЫҢ ЭЛЕМЕНТТЕРІ

1. Жарықшақты қабаттардың классификациясы.
2. Сүзілу көрінісі.
3. Дарси заңы.

Жарықшақты қабаттардың классификациясы.

Тау жыныстары – бір немесе бірнеше минералдардан құралып, жер қабығында өзіне тән геологиялық денелер түзеді.

Жаратылу тегіне байланысты тау жыныстары магмалық, шөгінді және метаморфтық үш үлкен топқа жіктеледі.

Магмалық тау жыныстары жер қойнауындағы болатын силикатты балқыма-ерітіндінің (магма) жер бетіне жетіп (оны енді лава дейді) қатаюынан немесе жер қойнауында кептеліп кристалдануынан пайда болады. Магмалық жыныстар көбіне кристалды құрылымды болып, нығыз ұдайы өте қатты біркелкі массивтер түзеді. Олардың үлгісі ретінде тереңде кристалданған гранитті, немесе жер бетінде төгілген базальтты атаған жөн. Әрине, бұл жыныстар арасынан жан-жануарлардың, өсімдіктердің қалдықтарының табылуы мүмкін емес.

Шөгінді тау жыныстары жер бетінде су бассейндерінің түбінде органикалық және аорганикалық заттардың шөгуінен пайда болады. Байырғы жыныстардың экзогендік процестер әсерінен бұзылған түйіршіктері мен жануарлардың, өсімдіктердің қалдықтары біртіндеп шөге келе қат-қабаттар түзеді. Шөгінді тау жыныстары жаралу тегінде байланысты үгінді (механикалық шөгінділер), химиялық (хемогенді), органигенді және аралас топтарға жіктеледі.

Метаморфтық тау жыныстары деп байырғы шөгінді, магмалық, типті метаморфтық тау жыныстарының тереңге батып өзгеруінен жаралған жыныстарды атайды. Осылайша өскен температура мен қысым әсерінен бұрынғы нығыз, сом магмалық жыныстар тақталанады, ал шөгінді жыныстар кристалл құрылымды жынысқа көшеді.

Мұнай мен газ классификациясы туралы сұрақтар бойынша И.О.Брод, Н.А.Еременко, А.А.Бакиров және т.б. ғалымдар өз еңбектерін арнады.

Мұнай мен газ кеніштеріне байланысты классификация төртке бөлінеді (1-кесте), А.А. Бакиров бойынша.

1-кесте- Кеніштер классификациясы

Класс	Топ	Түр	Қақпандар түрі
		Күмбезді	Қарапайым және бұзылмаған құрылымдардың антиклиналі мен күмбезі; жарылысты бұзылыстармен күрделендірілген; тұзды күмбезді құрылымдар
Құрылымды	Антиклиналды және күмбезді	Тектоникалық экрандалған ілініп тұратын	Қарапайым және күрделі құрылымдардың структурасы. Жарылыстармен күрделендірілген құрылымдар, т.б.
	Моноклиналды	Бұзылған моноклиналдар	Моноклинальдың жарылысты бұзылыстарымен экрандалған
Рифогенді Литологиялық	Рифты массивтер Литологиялық экрандалған	Еңкіш немесе ысырылған коллекторлар	Қабаттың қалыпқа келуі бойынша выклинделетін коллекторлардың аймақтары; өткізгішті жыныстардың аз өткізгішті жыныстармен ауысуы
	Литологиялық шектелген	Экрандалған	Асфальт пен битумның экрандалған шөгінділері
	Литологиялық шектелген	Бау және жең тәріздес	Палеорек қазбаларының құмды түзілістері
Стратиграфиялық	Эрозияға ұшыраған коллекторлар және оларды өткізгіштігі аз жыныстармен жабылуы	Қарама қайшылықты тектоникалық құрылымдар	Антиклиналь мен моноклинальдардың стратиграфиялық жетілдірілмеген аймағы
		Останцты	Палеорельефтің көмілген останцтер бетінің эродирленген аймағы
		Шығып тұрған	Кристалды фундаменттің шығып тұрған аймағы

Құрылымдық кеніштер классына әртүрлі локальды тектоникалық құрылымдарға ие кеніштер жатады. Олар: күмбездік, тектоникалық экрандалған және мұнай мен газдың контактілі кеніштері.

Күмбезді кеніштер локальды құрылымдардың күмбезді бөліктерінде түзіледі. Күмбезді кеніштерді сұлбасы 11-суретте көрсетілген.

Мұнай мен газдың тектоникалық экрандалған кеніштері әртүрлі ысырылымдар аймағында түзіледі. Мұндай кеніштер күмбезде, қанаттарда немесе переклинальдарда орналасуы мүмкін.

Контактілі кеніштер тұзды штокпен, сазды диапирмен немесе вулканогенды түзілістермен шектесетін өнімді қабаттарда түзіледі. Литологиялық кеніштер классында екі кеніштерді ажыратады: литологиялық ажыратылған және литологиялық шектелген. Литологиялық экрандалған кеніштер қабат-коллекторларының шектелген аймақтарында орналасқан.

Литологиялық шектелген кеніштер қазбалы палеоректердің құмды түзілістерінен, жағажайлық құмдықтармен түзілген және барлық жағынан аз өткізгіштікті жыныстармен қоршалған (14-сурет).

Рифогенді класқа жататын кеніштер рифті массивтер денелерінде түзіледі.

Стратиграфиялық кеніштердің түзілуі келесі коллекторларда жүргізілді: эрозиямен кесілген коллекторлар өткізгіштігі аз қабаттармен жабылған.

Стратиграфиялық кеніштердің класстары антиклинальдарда, күмбез тәріздестерде және моноклинальдарда кездесуі мүмкін (16а-сурет). Оларға фундаменттің көмілген иілімелі кристалды жыныстардың бөліктерінде орналасқан кеніштер де жатады.

Тау жыныстарының арасындағы барлық қуыстардың аумағын ақиқаттық немесе теориялық кеуектілік деп атайды. Жыныс арасындағы қуыстарды қосқандағы қосынды көлемін алынған жыныстың сыртқы аумағына қатынасы **кеуектілік коэффициенті** деп аталады. Ол былай табылады:

$$K_n = \frac{V_n}{V} \quad (2.1)$$

K_n – жыныстың кеуектілік коэффициенті; V_n – жыныстың (үлгінің) қуыс көлемі; V – сол жыныстың (үлгінің) аумағы.

Кеуектіліктің проценттік мағынасын табу үшін 1 формула арқылы табылған мағынаны 100-ге көбейту керек:

$$k_n = \frac{V_n}{V} 100\% \quad (2.2)$$

мұндағы: k_n – жыныстың кеуектілік проценті.

Қуыс-кеуектердің мұнайға, суға, газға қанығуы және олардың қуыс каналдарымен жылжуы қуыстың аумағына байланысты. Көлденені ірілеу қуысқа сұйық оңай кіреді де ол тарту күшінің әсерінен кеуектің саңлауларымен әжептеуірге жылжиды. Майда кеуектерге (капилляр кеуектер) сұйықтың енуі үшін күшті қысым керек болғандықтан сұйықтың кеуектік каналдармен жылжуы қиынға түседі.

Қысымның кемуінен жыныстың өзінен сұйық пен газды өткізу қабілетін оның **өткізгіштігі** дейді. Жыныстар жақсы да, шамалы да өткізгіш, бірақ та абсолютті өткізбейтін жыныстар болмайды. Өткізгіштік деп тау жыныстарының қысымдары айырмашылығы кезінде өз бойынан сұйықтық

пен газды өткізу қабілетін айтады. Қуыстылық пен бірге өткізгіштік те мұнай коллекторларының негізгі көрсеткіштері болып саналады. Егер қуыстылық қабаттың сиымдылығын көрсететін болса, ал өткізгіштік қуысты ортаның өткізу қабілетін сипаттайды. Өткізгіштік көрсеткіші мынадай көптеген факторлармен сипатталады: тау жыныстарын құрайтын әртүрлі түйіршікті материалдың іріктелу дәрежесі, седиментационды процестермен тау жыныстарының қуысты кеңістігінің құрылымының өзгеру дәрежесі және т.б.

Қуысты ортаның өткізгіштігі тек қана қуысты кеңістіктің құрылымынан емес, сонымен қатар қабат флюидінің түрі мен оның қозғалу тәртібіне де байланысты болып келеді. Осыған байланысты, мұнайлы жыныстардың өткізгіштік қасиеттерін сипаттауда абсолютті, (физикалық), тиімді (фазалық) және тиісті өткізгіштік ұғымдары енгізілген.

Абсолютті өткізгіштік деп өткізгіш қуысты ортаның газбен физикалық-химиялық өзара әсерлесуі болмаған, қуысты ортаның газбен толық толуды жағдайындағы газды өткізу қабілетін айтады. Өткізгіштіктің өлшем бірлігі ретінде m^2 қабылданған. Тау жыныстарының өткізгіштігін өлшеу үшін көбіне $мкм^2$ (микрометр) қолданылады.

Өткізгіштік. Шөгінді тау жыныстарының өз бойынан қысыммен сұйық (мұнай, су) пен газ өткізу қасиетін өткізгіштік деп атайды. Өткізгіштік – тау жыныстарының коллекторлық сипаттамаларының негізгі көрсеткіштерінің бірі. Өткізгіштік жыныс ішіндегі сұйықтың көлемін сипаттамайды; ол тек қана сұйық пен газдың кеуектік саңлауын бойлап жылжу қабілетін көрсетеді. Тау жыныстарын сипаттау және бағалау жайында кейде бір-біріне қатынасты шамалы екі ұғымды – өткізгіштік пен кеуектікті – шатастырып қала берсе бірдей қылып теңдестіріп отырады. Кеуектік жыныстар ішіндегі кемік-қуыстардың аумағын көрсетеді, ал өткізгіштікке келсек, ол мұнай мен газдың бір бөгетте кездесіп, соның жанындағы өзінше бір торға ілігеді де жинала бастайды.

Өткізгіштік коэффициенті арқылы мұнай-газ орналасқан қабаттардың өзінен сұйық пен газды өткізу қабілетін білуге болады:

$$k_n = \frac{Q\mu L}{F(P_1 - P_2)} \quad (2.3)$$

Бұнда, k_n - өткізгіштік коэффициентті; Q – үлгіден өтетін сұйықтың шығымы $см^3/сек$; μ - сұйықтықтың тұтқырлығы, $спз$; L – үлгі тастың ұзындығы, $см$; F – үлгі тастың кесін ауданы, $см^2$; $(P_1 - P_2)$ – үлгінің басы мен аяғындағы қысым айырмашылығы, $атм$.

Шөгінді тау жыныстарының өткізгіштігін өлшеу үшін Дарси (д) немесе оның мыңнан бір бөлігі миллидарси (мд) өлшем бірлігі қолданылады.

Коллекторлар. Сұйық пен газды өзінен өткізе алатын және олар үшін қойма бола алатын кеуекті және жарықшақты тау жыныстарын коллекторлар деп атайды.

Фильтрацияның сызықтық заңының қолдананылу шегі.

Сұйықтың, газдың, судың немесе олардың қоспаларының ұңғымаға келуі, ұңғымалар түбінде өнімді қабаттағы қысымнан төмен қысымның орнатылуы кезінде жүреді. Сұйықтың ұңғымаға ағылуы ерекше күрделі және де, есептеуге үнемі көне бермейді. Тек ұңғымаларды дұрыс геометриялық орналастыру кезінде (сызықтық немесе сақиналы ұңғымалардың қатары және дұрыс тор), сонымен қоса бір қатар жіберулерден (қабаббың тұрақтылығы, өткізгіштік және басқа параметрлер) түптегі берілген қысымдар кезінде бұл ұңғымалардың шығымы немесе керісінше берілген шығымдарда қысымды аналитикалық түрде есептеуге болады. Алайда әрбір ұңғыманың жанында бір текті қабатта сұйықтың ағымы радиалдыға жақын бола бастайды. Бұл есептеуге ауқымды түрде фильтрацияның радиалды сұлбасын қолдануға мүмкіншілік береді. Дифференциалды түрде жазылған Дарси заңына сәйкес фильтрацияның жылдамдығы келесі түрде жазылады:

$$V = -\frac{K}{\mu} * \frac{dp}{dr} , \quad (2.4)$$

Мұнда k - қабаттың өткізгіштігі; μ -динамикалық тұтқырлық; dp/dr – радиус бойлығындағы (ток сызығындағы) қысымның градиенті. ГОК-ның барлық сызығында ағым бюірдей болады-басқаша айтқанда, айнаымалы болып табылатын фильтрациясы жылдамдығы және қысым градиенті бұрыштық координатаның өзгерісі кезінде (біртекті қабат жағдайында) өзгеріссіз қалады, ол өз кезегінде сұйықтың көлемдік шығымын q қабаттық ауданының қимасына келетін фильтрацияның жылдамдығының туындысы ретінде бағалауға мүмкіншілік береді. Аудан ретінде ұңғыманың ортасынан жүргізілген еркін радиусы r бар цилиндрдің қимасының ауданын $2\pi rh$ алуға болады. Мұнда h -қабаттың нақты қалыңдығы, сол арқылы фильтрациясы жүреді.

Онда

$$q = 2\pi h v = -2\pi h \frac{k}{\mu} * \frac{dp}{dr} * \frac{kh}{\mu} = \varepsilon \quad (2.5)$$

жалпы жағдайда бірдей арақашықтықта ұңғыма осінен кез-келген радиустың бойымен ε өлшемі бірдей болған жағдайда ғана өзгереді деп алайық.. бұл жағдай сақиналы біртексіздік деп аталады. ε белгілі радиус функциясы түрінде берілді деп алайық, яғни

$$\frac{kh}{\mu} = \varepsilon(r) \quad (2.6)$$

(2.6.) формуласын (2.5) формуласына енгізгенгенде және айнаымалыларды бөлгенде, келесі функцияны аламыз

$$\frac{dr}{r\varepsilon(r)} = -\frac{2\pi}{q} * dp \quad (2.7)$$

(2.7.) дифференциалды теңдеуі бөлек айнымалылармен интегралдануы мүмкін, егер $\varepsilon(r)$ функциясы берілсе. Бөлек жағдайларда, егер су өткізгіштік радиустан тәуелсіз және тұрақты болса, онда (2.7) фильтрация аймағының шегінде, яғни r_c ұңғымасының қабырғасынан, P_c қысыммен сыртқы коректену нұсқасы деп аталатын, тұрақты P_k қысымы бар R_k сыртқы шеңберіне дейін оңай интегралданады. Осылайша,

$$\int_{r_c}^{R_k} \frac{dr}{r\varepsilon(r)} = -\frac{2\pi}{q} * \int_{P_c}^{P_k} dp$$

$\varepsilon = \text{const}$ кезінде

$$\frac{1}{\varepsilon} * (\ln R_k - \ln r_c) = \frac{2\pi}{q} * (P_k - P_c) \quad (2.8)$$

(2.9) q -ға қатысты есептегенде, шеңберлі біртекті қабаттағы орталық ұңғымаға келетін ағынның классикалық формуласын аламыз:

$$q = \frac{2\pi\varepsilon * \ln(P_k - P_c)}{\ln(R_k r_c)} \quad (2.9)$$

Егер (2.8) айнымалы жоғарғы r және P шегінде интегралдасақ, ұңғыма айналасындағы қысымды реттеу формуласын аламыз:

$$\int_{r_c}^r \frac{dr}{r\varepsilon} = -\frac{2\pi}{q} * \int_{P_c}^P dp \quad (2.10)$$

шектерді және алгебралық түрлендіруді келтіргеннен кейін, яғни интегралдағаннан кейін келесі формуланы аламыз:

$$\frac{1}{\varepsilon} * \ln \frac{r}{r_c} = \frac{2\pi}{q} * (P - P_c) \quad (2.11)$$

$P(r)$ қатысты теңдеуді шешкенде және (4.7) формуласын (4.8) қойғанда ұңғы айналасындағы қысымның таралу теңдеуін аламыз:

$$P(r) = P_c + (P_k - P_c) * \frac{\ln \frac{R_k}{r}}{\ln \frac{R_k}{r_c}} \quad (2.12)$$

егерде (2.8) қатынасында айнамалының шектеуін жоғарғы емес астынғысын алсақ, онда $p(r)$ өрнегін келесі түрде жазуға болады:

$$P(r) = P_k - (P_k - P_c) * \frac{\ln \frac{R_k}{r}}{\ln \frac{R_k}{r_c}} \quad (2.13)$$

(4.9) немесе (4.7) формуласына R_k отырып келтірілген r радиусының орнына, $P(P_k)=P_k$ аламыз; $r=r_c$ болған кезде басқа шектік шартты аламыз.

$$P(r_c)=P_c$$

Осылайша шектік шарттар орындалады. (4.9) және (4.10) формулалардан $P(r)$ функциясы логарифмді болатындығын білеміз, яғни ұңғыма қабырғасына жақын жерде қысым қатты өзгереді, ал алшақтау жерде әлсіз өзгереді. Бұл ұңғыма қабырғасына тоқтың ағысының жақындауы кезінде фильтрация жылдамдығының жоғарлауымен түсіндіріледі, оғанқысым құлауының көп шығымы кетеді.

Радиус бойымен еркін өзгерес кезіндегі су өткізгіш кезіндегі ұңғымаға радиалды ағынның ағылуын қарастырайық (2.8) формуласының оң жағын интегралдап және келесі түрде нәтижесін көшіріп жазайық:

$$q = \frac{2\pi * (P - P_c)}{\int_{r_c}^{R_k} \frac{1}{r * \varepsilon(r)} dr} \quad (2.14)$$

Интеграл асты функциясы

$$y(r) = \frac{1}{r\varepsilon(r)} \quad (2.15)$$

әртүрлі радиустерге берілген ε мәндерімен графикалық түрде тұрғызылып және r_c және кез келген жуық интегралдау әдісімен интегралданады немесе берілген шектерде $y(r)$ қисығының астындағы аудан планиметр арқылы өлшенеді.

Кейбір жағдайларда өндіретін ұңғыма бір уақытта өткізгіштігі, қалыңдығы, мұнай тұтқырлығы және де қабаттық қысымы әр түрлі қабатшаларды дренаждай алады. Алайда бұндай күрделі жүйеде ағынның келуі бірдей түп қысым (келтірілген) кезде болады. Бұл кезде қабаттық қысымы түп қысымнан аз кейбір қабатшалар, сұйықты жұтуға қабілетті.

Әр жағдайда осында көп қабатты қабаттың жалпы ағылуы, әр қабатшадан келетін ағыстың алгебралық қосындысына тең болады:

$$q = q_1 + q_2 + \dots + q_n = \sum_{i=1}^n q_i \quad (2.16)$$

радиалды ағынның формуласы қарапайым болғандықтан, жиі түрде инженерлі есептеулерде қолданылады. Нәтижесінде шығатын параметрлер $l, h, \mu;$ ($P_k - P_c$) бағалану кезінде шығатын ақаулықтар q өлшеміне әсер етеді.

Ал R_k және r_c өлшеулеріне келетін болсақ, олар логарифм белгісінің астында болғандықтан оларға қатысты елеулі ақаулықтар жіберіледі.

Мысал. R_k -ң нақты жіберілетін мәні $R_k=100$ м, ал есептеуде байқаусызда $R_k=1000$ м мәні қабылданса, яғни қате 10 есеге жіберілді делік. Онда нақты ағыс

$$q = \frac{2\pi kh(P_k - P_c)}{\mu * \ln(1000.1)} \quad (2.17)$$

мұнда $r_c=0.1$ м

Есептелген ағыс

$$q_{ec} = \frac{2\pi kh*(P_k - P_c)}{\mu * \ln(10000.1)} \quad (2.18)$$

салыстыруды басқа да бірдей шарттарда (2.18) формуласына (2.19) формулаға бөле отырып жүргізейік.

$$\frac{q_n}{q_{ec}} = \frac{\ln(10000)}{\ln(1000)} = \frac{4}{3} \quad (2.19)$$

Бұдан $q_{есеп} = \frac{3}{4} q_{нақ}$ яғни есептік шығым нақты шығымның 75% құрайтын болады.

Басқа өндіру ұңғымаларының арасында орналасқанұңғыма үшін радиалды ағыстың формуласын қолданған кезде, R_k үшін көршілес ұңғымаға дейінгі жарты арақашықтықтың мәнінің бұрыш бойынша орташа өлшенген өлшемімен қабылдайды радиалды ағыстың формуласы және жиі түрде белгілі шығым және қысым бойынша су өткізгішті анықтау үшін қолданады.

Формулалар қабатта радиалды фильтрацияны сипаттағандықтан, онда оларға қабаттық жағдайларда мұнай тұтқырлығының мәнін қою қажет, яғни еріген газ мөлшерінің сәйкестігін ескергенде қабаттық температура мен қысым кезде. Есептелген q шығымы (сұйықтың көлемдік шығымы) қабаттық шарттар кезінде алынады. Шығымды қалыпты беттік шарттарға ауыстыру үшін есептелген шығымды қабаттық сұйықтың көлемдік коэффициентіне бөлу қажет.

Тақырыпты бекітуге арналған сұрақтар:

1. Мұнайгаз кеніштері дегеніміз не?
2. Күмбезді кеніштер құрылымы қалай ерекшеленеді?
3. Стратиграфиялық кеніштер құдай құрылымға ие болып келеді?
4. Литологиялық шектелген кеніштерді қалай ажыратуға болады?
5. Құрылымдық кеніштерге қандай кеніштер жатады?
6. Сұйықтың, газдың, судың немесе олардың қоспаларының ұңғымаға келуі қай кезде жүреді?
7. Дифференциалды түрде жазылған Дарси заңына сәйкес фильтрацияның жылдамдығы қандай түрде жазылады?

8. Радиус бойымен еркін өзгеріс кезіндегі су өткізгіш кезіндегі ұңғымаға радиалды ағынның ағылуы туралы не білесіңдер?
9. Фльтрацияның сызықтық заңының қолдананылу шегі қандай?

ЖАРЫҚШАҚТЫ ЖӘНЕ ЖАРЫҚШАҚТЫ - КЕУЕКТІ ҚАБАТТАРДАҒЫ СҮЗІЛУ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

1. Жарықшақты қабаттар жіктелуі.
2. Жарықшақтану көрсеткіштері.
3. Қабат өткізгіштігі.
4. Сызықты сүзілу заңының қолдану аясы.

Фльтрацияның сызықтық заңының қолдананылу шегі

Сұйықтың, газдың, судың немесе олардың коспаларының ұңғымаға келуі, ұңғымалар түбінде өнімді қабаттағы қысымнан төмен қысымның орнатылуы кезінде жүреді. Сұйықтың ұңғымаға ағылуы ерекше күрделі және де, есептеуге үнемі көне бермейді. Тек ұңғымаларды дұрыс геометриялық орналастыру кезінде (сызықтық немесе сақиналы ұңғымалардың қатары және дұрыс тор), сонымен қоса бір қатар жіберулерден (қабаббың тұрақтылығы, өткізгіштік және басқа параметрлер) түптегі берілген қысымдар кезінде бұл ұңғымалардың шығымы немесе керісінше берілген шығымдарда қысымды аналитикалық түрде есептеуге болады. Алайда әрбір ұңғыманың жанында бір текті қабатта сұйықтың ағымы радиалдыға жақын бола бастайды. Бұл есептеуге ауқымды түрде фильтрацияның радиалды сұлбасын қолдануға мүмкіншілік береді. Дифференциалды түрде жазылған Дарси заңына сәйкес фильтрацияның жылдамдығы келесі түрде жазылады:

$$V = - \frac{K}{\mu} * \frac{dp}{dr}, \quad (3.1)$$

Мұнда k - қабаттың өткізгіштігі; μ -динамикалық тұтқырлық; dp/dr – радиус бойлығандағы (ток сызығындағы) қысымның градиенті. ГОК-ның барлық сызығында ағым бюірдей болады-басқаша айтқанда, айнымалы болып табылатын фильтрациясы жылдамдығы және қысым градиенті бұрыштық координатаның өзгерісі кезінде (біртекті қабат жағдайында) өзгеріссіз қалады, ол өз кезегінде сұйықтың көлемдік шығымын q қабаттық ауданының қимасына келетін фильтрацияның жылдамдығының туындысы ретінде бағалауға мүмкіншілік береді. Аудан ретінде ұңғыманың ортасынан жүргізілген еркін радиусы r бар цилиндрдің қимасының ауданын $2\pi rh$ алуға болады. Мұнда h -қабаттың нақты қалыңдығы, сол арқылы фильтрациясы жүреді. Онда

$$q = 2\pi r h v = -2\pi r h \frac{k}{\mu} * \frac{dp}{dr} * \frac{kh}{\mu} = \varepsilon \quad (3.2)$$

жалпы жағдайда бірдей арақашықтықта ұңғыма өсінен кез-келген радиустың бойымен ε өлшемі бірдей болған жағдайда ғана өзгереді деп алайық.. бұл жағдай сақиналы біртектілік деп аталады. ε белгілі радиус функциясы түрінде берілді деп алайық, яғни

$$\frac{kh}{\mu} = \varepsilon(r) \quad (3.3)$$

(3.6.) формуласын (3.5) формуласына енгізгеннен және айнымалыларды бөлгенде, келесі функцияны аламыз

$$\frac{dr}{r\varepsilon(r)} = -\frac{2\pi}{q} * dp \quad (3.4)$$

(3.7.) дифференциалды теңдеуі бөлек айнымалылармен интегралдануы мүмкін, егер $\varepsilon(r)$ функциясы берілсе. Бөлек жағдайларда, егер су өткізгіштік радиустан тәуелсіз және тұрақты болса, онда (3.7) фильтрация аймағының шегінде, яғни r_c ұңғымасының қабырғасынан, P_c қысыммен сыртқы қоректену нұсқасы деп аталатын, тұрақты P_k қысымы бар R_k сыртқы шеңберіне дейін оңай интегралданады. Осылайша,

$$\int_{r_c}^{R_k} \frac{dr}{r\varepsilon(r)} = -\frac{2\pi}{q} * \int_{P_c}^{P_k} dp$$

$\varepsilon = const$ кезінде

$$\frac{1}{\varepsilon} * (\ln R_k - \ln r_c) = \frac{2\pi}{q} * (P_k - P_c) \quad (3.5)$$

(3.9) q -ға қатысты есептегенде, шеңберлі біртекті қабаттағы орталық ұңғымаға келетін ағынның классикалық формуласын аламыз:

$$q = \frac{2\pi\varepsilon * \ln(P_k - P_c)}{\ln(R_k r_c)} \quad (3.6)$$

Егер (3.8) айнымалы жоғарғы r және P шегінде интегралдасақ, ұңғыма айналасындағы қысымды реттеу формуласын аламыз:

$$\int_{r_c}^r \frac{dr}{r\varepsilon} = -\frac{2\pi}{q} * \int_{P_c}^P dp \quad (3.7)$$

шектерді және алгебралық түрлендіруді келтіргеннен кейін, яғни интегралдағаннан кейін келесі формуланы аламыз:

$$\frac{1}{\varepsilon} * \ln \frac{r}{r_c} = \frac{2\pi}{q} * (P - P_c) \quad (3.8)$$

$P(r)$ қатысты теңдеуді шешкенде және (3.7) формуласын (3.8) қойғанда ұңғы айналасындағы қысымның таралу теңдеуін аламыз:

$$P(r) = P_c + (P_k - P_c) * \frac{\ln \frac{R_k}{r}}{\ln \frac{R_k}{r_c}} \quad (3.9)$$

егерде (3.8) қатынасында айнамамының шектеуін жоғарғы емес астыңғысын алсақ, онда $P(r)$ өрнегін келесі түрде жазуға болады:

$$P(r) = P_k - (P_k - P_c) * \frac{\ln \frac{R_k}{r}}{\ln \frac{R_k}{r_c}} \quad (3.10)$$

(4.9) немесе (4.7) формуласына R_k отырып келтірілген r радиусының орнына, $P(P_k)=P_k$ аламыз; $r=r_c$ болған кезде басқа шектік шартты аламыз.

$$P(r_c)=P_c$$

Осылайша шектік шарттар орындалады. (3.9) және (3.10) формулалардан $P(r)$ функциясы логарифмді болатындығын білеміз, яғни ұңғыма қабырғасына жақын жерде қысым қатты өзгереді, ал алшақтау жерде әлсіз өзгереді. Бұл ұңғыма қабырғасына тоқтың ағысының жақындауы кезінде фильтрация жылдамдығының жоғарлауымен түсіндіріледі, оғанқысым құлауының көп шығымы кетеді.

Радиус бойымен еркін өзгерес кезіндегі су өткізгіш кезіндегі ұңғымаға радиалды ағынның ағылуын қарастырайық (2.8) формуласының оң жағын интегралдап және келесі түрде нәтижесін көшіріп жазайық:

$$q = \frac{2\pi * (P - P_c)}{\int_{r_c}^{R_k} \frac{1}{r * \varepsilon(r)} dr} \quad (3.11)$$

Интеграл асты функциясы

$$y(r) = \frac{1}{r \varepsilon(r)} \quad (3.12)$$

әртүрлі радиустерге берілген ε мәндерімен графикалық түрде тұрғызылып және r_c және кез келген жуық интегралдау әдісімен интегралданады немесе берілген шектерде $y(r)$ қисығының астындағы аудан планиметр арқылы өлшенеді.

Кейбір жағдайларда өндіретін ұңғыма бір уақытта өткізгіштігі, қалыңдығы, мұнай тұтқырлығы және де қабаттық қысымы әр түрлі қабатшаларды дренаждай алады. Алайда бұндай күрделі жүйеде ағынның

келуі бірдей түп қысым (келтірілген) кезде болады. Бұл кезде қабаттық қысымы түп қысымнан аз кейбір қабатшалар, сұйықты жұтуға қабілетті.

Өр жағдайда осында көп қабатты қабаттың жалпы ағылуы, әр қабатшадан келетін ағыстың алгебралық қосындысына тең болады:

$$q = q_1 + q_2 + \dots + q_n = \sum_{i=1}^n q_i \quad (3.13)$$

радиалды ағынның формуласы қарапайым болғандықтан, жиі түрде инженерлі есептеулерде қолданылады. Нәтижесінде шығатын параметрлер $l, h, \mu; (P_k - P_c)$ бағалану кезінде шығатын ақаулықтар q өлшеміне әсер етеді. Ал R_k және r_c өлшеулеріне келетін болсақ, олар логарифм белгісінің астында болғандықтан оларға қатысты елеулі ақаулықтар жіберіледі.

Мысал. R_k -ң нақты жіберілетін мәні $R_k = 100$ м, ал есептеуде байқаусызда $R_k = 1000$ м мәні қабылданса, яғни қате 10 есеге жіберілді делік. Онда нақты ағыс

$$q = \frac{2\pi k h (P_k - P_c)}{\mu * \ln(1000.1)} \quad (3.14)$$

мұнда $r_c = 0.1$ м

Есептелген ағыс

$$q_{ec} = \frac{2\pi k h * (P_k - P_c)}{\mu * \ln(10000.1)} \quad (3.15)$$

салыстыруды басқа да бірдей шарттарда (2.18) формуласына (2.19) формулаға бөле отырып жүргізейік.

$$\frac{q_n}{q_{ec}} = \frac{\ln(10000)}{\ln(1000)} = \frac{4}{3} \quad (3.16)$$

Бұдан $q_{есеп} = \frac{3}{4} q_{нақ}$ яғни есептік шығым нақты шығымның 75% құрайтын болады.

Басқа өндіру ұңғымаларының арасында орналасқан ұңғыма үшін радиалды ағыстың формуласын қолданған кезде, R_k үшін көршілес ұңғымаға дейінгі жарты арақашықтықтың мәнінің бұрыш бойынша орташа өлшенген өлшемімін қабылдайды. радиалды ағыстың формуласы және жиі түрде белгілі шығым және қысым бойынша су өткізгішті анықтау үшін қолданады.

Формулалар қабатта радиалды фильтрацияны сипаттағандықтан, онда оларға қабаттық жағдайларда мұнай тұтқырлығының мәнін қою қажет, яғни еріген газ мөлшерінің сәйкестігін ескергенде қабаттық температура мен қысым кезде. Есептелген q шығымы (сұйықтың көлемдік шығымы) қабаттық шарттар кезінде алынады. Шығымды қалыпты беттік шарттарға ауыстыру үшін есептелген шығымды қабаттық сұйықтың көлемдік коэффициентіне бөлу қажет.

Сұйықтықтың, газдың және кеуекті ортаның күй тендеулері

Қабат бойымен ұңғыма түбіне-қысымы ең төмен нүктелерге, сұйықтың фильтрациясының жүруі қабаттық энергия есебімен іске асады. Сұйық қабаттық қысым әсерінен сығылған түрде болады. Кен орынды пайдалану үрдісі кезінде, қабаттық қысым құлайды. Сондықтан сұйықты қабаттан қысым түспей тұрғанға дейін және қажетті депрессияны ұстау мүмкін болмайтын жағдайға дейін ақлу қажет. Қабаттық қысымды үнемі бақылап тұрады және оның тез құлау жағдайы кезінде шоғырға жасанды әсер ету әдістерін қолданады, жиі түрде қабаттық қысымды ұстау әдістерін пайдаланады. Қабаттық қысымның төмендеу жылдамдығы, қабаттың энергетикалық коректенуін сипаттайды, ол қабаттық сұйықты: мұнай, су және газды алу жылдамдығымен сипаттайды, ол өз кезегінде кен орынды игеру жобасымен және қабаттық қысымды ұстау әдісінің жүргізілуі немесе жүргізілмеуімен шартталды. Бұл жасанды факторлар басқа тұрғыдан, қабаттық энергияның қоры, қабат қысымының алғашқы мөлшері және оның төмендеу жылдамдығы табиғи факторларға да тәуелді:

- газ шапкасының болуына оның ұлғаю энергиясы кен орынды игеруде қолданылады;

- қабаттық жүйеде серпімді энергияның қоры;

- мұнайда еріген газдың болуы, оның ұлғаю энергиясы қабаттық сұйықтардың және газдардың ұңғы түбіне ығысуына әкеледі;

игеру объектісінің қабаттық нұсқа сыртындағы сумен коректендіретін көзінің болуы және осы сумен қабаттағы мұнайдың орын басу қарқындылығының болатындығы.

- Гравитациялық фактор, ол құлау бұрышы үлкен қабаттарда мұнайды тиімді ығыстыруға себепкер болады.

Аталған фактор табиғи шарттармен анықталады және кен орынның қалыптасу үрдісімен байланысқан және технологқа тәуелсіз болады.

Каппилярлы-беттік күштер көбінесе кеуекті ортада, өзінің меншікті беттігімен қабаттық сұйықтың фильтрациясын тежейді, сондықтан аталған факторлармен бірге ұңғы түбіне сұйықтың келу қарқындылығын анықтайды.

Гидростатикалық қысым туралы түсінік.

Сыртқы күштердің әсерінен (беттік және массалық) сұйықтықта *гидростатикалық қысым* деп аталатын ішкі тік кернеу пайда болады. Олай болса, гидростатикалық қысым – бұл бірлік ауданда (dA) бірқалыпты

таралған тік бірлік күш (dR):
$$p = \frac{dR}{dA}$$

Қысымның өлшем бірлігі кернеудің өлшем бірлігімен сәйкес келеді: $\frac{H}{M^2}$

Гидростатикалық қысымның қасиеттері.

Бірінші қасиеті: Қысым, тік кернеу сияқты, барлық уақытта ауданның ішкі жағынан перпендикуляр (нормаль бойынша) бағытталады және қысым қаралған

нүкте координатасына тәуелді функция $p = f(x, y, z)$. Қысым уақытқа байланысты өзгермейді.

Екінші қасиеті: Нүктедегі қысым барлық бағытқа бірдей шамамен әсер етеді

5.2. Гидростатиканың негізгі теңдеуі. Абсолютті, манометрлік, вакуумметрлік қысым.

Тыныштық күйінде тұрған сұйықтықтың қысымын анықтау үшін гидростатиканың негізгі теңдеуін қолданады:

$$p = p_0 + \rho \cdot g \cdot h \quad (3.17)$$

Тыныштық күйінде тұрған сұйықтықтың кез келген нүктесіндегі қысымы сұйықтықтың бетіндегі қысым (p_0) және нүктенің бату тереңдігіндегі табаны бірге тең, сұйықтық бағанасының ауырлық күшінің (ρgh) қосындысынан тұрады. (ρgh) көбейтіндісінің шамасы сұйықтықтың салмақтық қысым немесе артық қысым деп аталады.

Сұйықтықтың бетіндегі қысым (p_0) атмосфералық қысымға тең болуы, атмосфералық қысымнан артық немесе кем болуы мүмкін.

Атмосфералық қысымды ескере отырып, абсолютті нольден бастап есептелген қысым абсолютті қысым деп аталады. Егер, (1.1) теңдеуіндегі сұйықтықтың бетіндегі қысым атмосфералық қысымға тең болса ($p_0 = p_a$), онда "абс" деген индекс қойылып, абсолютті қысым деп есептелінеді:

$$p_{абс} = p_a + \rho \cdot g \cdot h \quad (3.18)$$

Егер абсолютті қысым атмосфералық қысымнан артық болса, онда манометрлік немесе артық қысым деп аталады. Егер жабық резервуарда ($p_{абс} > p_a$), онда манометрлік қысымның шамасы :

$$p_{ман} = p_{0абс} - p_a + \rho \cdot g \cdot h$$

Ашық резервуардың h тереңдігіндегі манометрлік қысымның шамасы :

$$p_{ман} = \rho \cdot g \cdot h \quad (3.19)$$

Атмосфералық қысымға жетпейтін вакуумметрлік қысым деп аталады:

$$p_{вак} = p_a - p_{абс}, \text{ егер: } (p_{абс} < p_a) \quad (3.20)$$

Есептер шығарған кезде манометрлік қысымның шамасын "+" оң, ал вакуумметрлік қысымның шамасын "-" теріс деп аламыз.

Манометр қойылған жердегі абсолютті қысымды жазу үшін атмосфералық қысымға манометрлік қысымды қосу керек, яғни:

$$P_{абс} = P_a + P_{ман}$$

Вакуумметр қойылған жердегі абсолютті қысымды жазу үшін атмосфералық қысымға манометрлік қысымды теріс таңбамен қосу керек, яғни:

$$P_{абс} = P_a - P_{ман}$$

Деңгей жазықтығы. Пьезометриялық биіктік. Гидростатикалық қысымның эпюрасы.

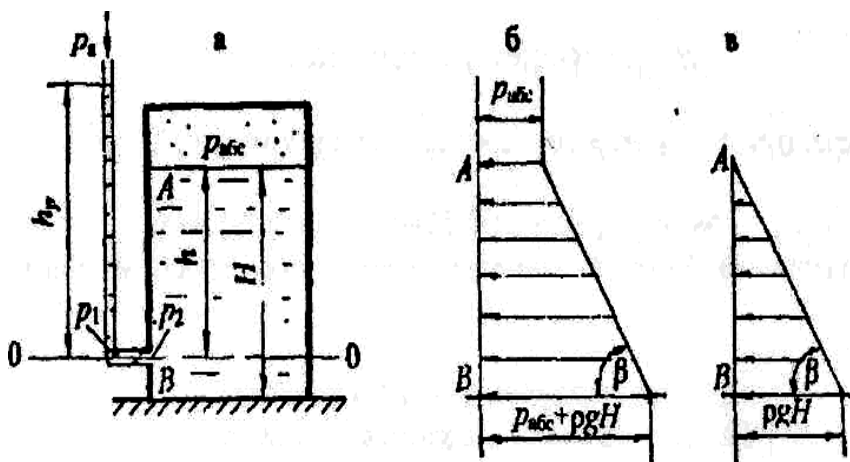
Тыныштықта тұрған сұйықтықтың қысымын анықтаған кезде деңгей жазықтығына (тең қысымды жазықтық) қатысты тепе - теңдік шартын қолданады. Деңгей жазықтығы – бұл барлық нүктелеріндегі гидростатикалық қысым бірдей жазықтық.

Деңгей жазықтығына мысал ретінде ауырлық күші ғана әсер ететін біртекті тыныштық күйіндегі сұйықтықтың горизонталь жазықтығын келтіруге болады.

Пьезометриялық биіктік немесе *пьезометриялық арын* – бұл салмақтық қысымы (ρgh) қысымға (p) сәйкес келетін тыныштықтағы сұйықтық бағанасының биіктігі.

Бір мысал келтірейік. Бос бетінде атмосферлық қысымнан артық ($P_{абс} > P_0$) абсолютті қысым әсер ететін (1.1,а-ші сурет) жабық резервуарды алайық. Резервуардың H - қа тең тереңдігінде ашық әйнек түтікше орналастырылған. Бұл түтікше пьезометр деп аталады. Егер резервуар ашық болған резервуардағы сұйықтықтың деңгейі мен пьезометрдегі сұйықтықтың деңгейі бірдей болар еді. Бізде резервуардағы сұйықтықтың деңгейінің қысымы атмосфералық қысымнан артық, сондықтан, пьезометрдегі сұйықтықтың деңгейі артық болады.

Пьезометрдегі сұйықтықтың деңгейінің көтерілу биіктігі *пьезометриялық биіктік* деп аталады және h_p деп белгіленеді. Енді пьезометриялық биіктіктің артық қысымға тең болатынын дәлелдейік.



1.1- сурет

Резервуардың h - қа тең тереңдігінен горизонталь жазықтық $0-0$ жүргіземіз және сол жақтағы пьезометрдегі қысым (p_1) мен резервуардың H - қа тең тереңдігіндегі қысымның (p_2) тепе- теңдік шартын құрамыз:

$$p_1 = p_2$$

Гидростатиканың негізгі теңдеуіне сәйкес (1.1): $p_1 = p_a + \rho gh_p$;

$$p_2 = p_{abc} - \rho gh; \text{ осыдан: } p_a - \rho gh_p = p_{abc} + \rho gh$$

$$\text{Олай болса: } h_p = \frac{p_{abc} - p_a + \rho gh}{\rho g} = \frac{p_{изб}}{\rho g} \quad (3.21)$$

Шарт дәлелденді, олай болса, тыныштық күйіндегі сұйықтықтың кез келген нүктесіндегі артық қысымды пьезометрлік қысыммен алмастыруға болады. Мұндай дәлелдеуді вакуумметрлік қысым үшін жүргізуге де болады.

Сұйықтықтың кез келген нүктесіне әсер ететін гидростатикалық қысымның шамасы мен бағытының графикалық түрде бейнелеу *қысым эпюрасы* деп аталады.

Гидростатиканың негізгі теңдеуіне сәйкес (1.1) сұйықтықтың (h) тереңдігіндегі қысымның (p) таралу заңы *сызықтық*.

1.1- ші суретте абсолютті қысымның (б) және сұйықтықтың беттік қысымын ескермегендегі салмақтық қысымның (в) эпюрасы көрсетілген.

Қысым эпюрасы абсолютті қысым үшін трапеция түрінде, ал салмақтық қысым үшін тік үшбұрыш түрінде болады.

Эпюраның қисаю бұрышы β сұйықтықтың тығыздық шамасына ρ байланысты.

Стрелками показано, что давление в любой точке по глубине действует по внутренней нормали к поверхности АВ.

Қысымның өлшем бірліктері.

Қысымның негізгі өлшем бірлігі СИ жүйесі, бірақ техникалық есептеулер мен өндірістік практикада техникалық жүйені (CGS) жүйелерден бөлек өлшем бірліктерін қолданады.

СИ жүйесі: $H / м^2 = Па$; $10^3 Па = кПа$; $10^6 Па = МПа$;
 $бар = 10^5 Па$.

Техникалық жүйе: $1 кгс/см^2 = 1 ат$;

Жүйеден тыс өлшем бірліктер: мм сын. бағ.; м су. бағ.; мм су. бағ.;

Қысымның өлшем бірліктерін бөтен жүйеге алмастыру:

$1 ат = 735.6 мм.сын.бағ$

$1 ат = 10 м.су.бағ$

$1 мм.сын.бағ = 133,3 Па$

Тақырыпты бекітуге арналған сұрақтар:

1. Гидростатикалық қысым туралы не білесіз?
2. Гидростатикалық қысымның қасиеттерін ата
3. Тыныштық күйінде тұрған сұйықтықтың қысымын анықтау үшін гидростатиканың негізгі теңдеуі қандай?
4. Атмосфералық қысымға жетпейтін қысым не деп аталады?
5. Пьезометриялық биіктік немесе пьезометриялық арын дегеніміз не?
6. Сұйықтың, газдың, судың немесе олардың қоспаларының ұңғымаға келуі қай кезде жүреді?
7. Дифференциалды түрде жазылған Дарси заңына сәйкес фильтрацияның жылдамдығы қандай түрде жазылады?
8. Радиус бойымен еркін өзгеріс кезіндегі су өткізгіш кезіндегі ұңғымаға радиалды ағынның ағылуы туралы не білесіңдер?
9. Фильтрацияның сызықтық заңының қолдананылу шегі қандай?

КЕУЕКТІ ОРТАДАҒЫ БІР МӨЛШЕРЛІ АРЫННЫҢ ҚАРАПАЙЫМ ЕСЕБІ

1. Сұйықтық, газ және кеуекті ортаның күй теңдеуі.
2. Сызықты емес сүзілу заңы
3. Реалды газ бен газдалған сұйықтың мүмкін қозғалысы.
4. Сызықты емес сүзілу заңы жағдайындағы арынның сипаттамасы.

Фильтрацияның сызықты емес заңында ағынның сипаттамалары

Гидродинамика – сұйықтықтың қозғалу заңын, сұйықтықтың қатты беттермен және қозғалыстағы қатты денелермен әсерін қарастыратын гидромеханика бөлімі. Гидродинамика - құбыр жүйелерін, сұйықтықтың тесік және саптаулардан, арнамен ағуын теориялық және инженерлік есептеуге қажетті бөлім.

Сұйықтық ағынының негізгі сипаттамалары

Ағынның гидродинамикалық сипаттамалары: сұйықтық қысымы, жылдамдығы және үдеуі, яғни жылдамдықтың уақытқа байланысты өзгеруі.

Сұйықтықтың қалыптасқан қозғалысы кезінде, қозғалушы сұйықтықтың көлденен қимасындағы ағынның қысымының таралуы гидростатика заңына бағынады, олай болса қысым уақытқа тәуелді функция емес. Ал, жылдамдыққа келсек, ол уақытқа байланысты және кеңістікте өзгереді. Бұндай тәуелділікте математикалық түрде жазу өте қиын, сондықтан гидродинамика заңдарында да жорамалдар бар.

Ағын нүктесіндегі сұйықтық жылдамдығы, немесе элементарлы ақырын ағыс қимасындағы сұйықтық жылдамдығы U - әрпімен, ал ағынның орташа жылдамдығы U - әрпімен белгіленеді.

Сұйықтық қозғалысының негізгі параметрлері уақытқа тәуелді функция ма, жоқ па, соған байланысты сұйықтық қозғалысын екіге бөледі: қалыптаспаған және қалыптасқан.

Қалыптаспаған – бұл жылдамдығы уақытқа тәуелді функция болатын сұйықтық қозғалысының түрі. Мысал ретінде, резервуардан айнаымалы арынмен аққан сұйықтық қозғалысын келтіруге болады

Қалыптасқан – бұл бір ғана нүктедегі параметрлері уақытқа байланысты өзгермейтін сұйықтық қозғалысының түрі, яғни жылдамдықтың уақытқа байланысты өсуі нольге тең.

Сұйықтықтың толтырылған кеңістіктегі ұзындығы бойынша жылдамдықтың өзгеруіне байланысты қалыптасқан сұйықтық қозғалысы төмендегідей бөлінеді:

а) бірқалыпты, мұнда ағын жылдамдығы тұрақты (құбыр диаметрі тұрақты болған жағдайда).

б) бірқалыпсыз, мұнда ағын жылдамдығының шамасы мен бағыты өзгеріп отырады (құбыр диаметрі өзгерген жағдайда немесе құбыр бұрылғанда).

в) жай өзгермелі, егер жылдамдық өте жай өзгерген жағдайда (құбырдың кеңеюі немесе тарылуы конус тәріздес). Бұл жағдайда практикалық есептеулерде сұйықтықтың бірқалыпты қозғалыс заңдарын қолдануға болады.

Шынайы сұйықтық және сұйықтық ағыны туралы түсінік.

"Сұйықтық туралы жалпы түсінік" бөлімінде сұйықтықтың физикалық қасиетін қарастырдық. "Гидродинамика" бөлімінде сұйықтықтың қозғалыс заңдарын шығару кезінде сұйықтықтың тығыздығы, меншікті салмағы мен басқа да қасиеттерін ескеру керек.

Бұл параметрлердің сұйықтықтың қозғалысына әсерін ескеру мүмкін емес, сондықтан есептеуді жеңілдету үшін гидродинамикада шынайы сұйықтық туралы түсінік енгізілген.

Шынайы сұйықтық — бұл шартты түрде қабылданған, қысым өзгерген кезде сығылмайтын, абсолютті қозғалыс қасиеті бар, яғни тұтқырлығы нольге тең сұйықтық.

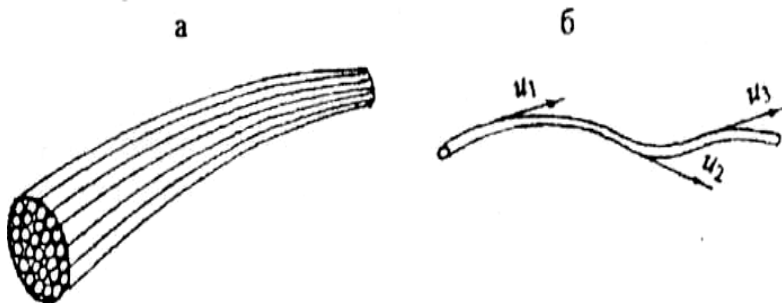
Сонымен гидродинамика заңдары мен тендеулері шынайы сұйықтық үшін шығарылады, сосын қосымша мүшелер мен коэффициенттер қосу, сұйықтықтың физикалық қасиетіне түзету енгізу арқылы тұтқырлығы бар нақты сұйықтыққа көшеміз.

Гидродинамикада сұйықтықтың ағыны элементарлы ақырын ағыстан тұрады деп қаралады. (сурет. 4.1,а).

Элементарлы ақырын ағыс — беті ток сызықтарынан тұратын (сурет 4.1,б) сұйықтықтың тұйық көлемдегі өте аз мөлшері.

Ток сызығы — бұл әр нүктедегі сол уақытқа сәйкес келетін жылдамдық векторы жанама бағытталған сызық.

Қалыптасқан сұйықтық қозғалысы кезінде ток сызығы сұйықтықтың материалды нүктесінің траекториясымен сәйкес келеді.



Сурет 4.1

Элементарлы ақырын ағыс үшін теориялық тендеулерді шығаруға керек қасиеттер қолданылады:

- а) ақырын ағыс формасы уақытқа байланысты өзгермейді;

б) ақырын ағыс бетіне қоршаған сұйықтық жағынан сұйықтық кірмейді және ақырын ағыс шықпайды;

в) ақырын ағыстың тік қимасы өте аз болғандықтан сол қимадағы жылдамдық тұрақты деп есептеледі;

Ағынның екі түрі бар:

Арынды ағын – бұл жан жағынан қатты қабырғалармен шектелген сұйықтық ағыны. Мысалы, құбырлардағы судың мұнайдың немесе майдың қозғалысы.

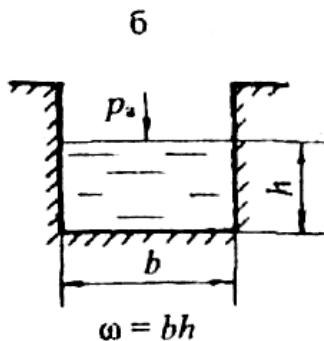
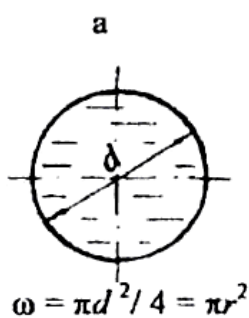
Арынсыз ағын – бұл жан жағынан қатты қабырғалармен толық шектелмеген, яғни барлық ұзындық бойынша ашық беті бар сұйықтық ағыны. Мысалы, сұйықтықтың өзенде, каналда қозғалысы.

Ағынның гидравликалық элементтері.

Өтім қимасы (ω) - дегеніміз қима арқылы өтетін ақырын ағыс сызықтарына немесе ағынға перпендекуляр болатын ағынның кесе қимасы. Бірқалыпты немесе жай өзгермелі сұйықтық қозғалысы үшін өтім қимасы жазық болады.

4.2 суретте диаметрі d - ға тең, сұйықтықпен толық толтырылған құбырдың (сурет. 4.2,а), және ені b - ға, тереңдігі h -ка тең ашық арнаның (сурет. 4.2,б). өтім қимасы көрсетілген.

Ығалданған периметр (χ) - өтім қимасының құбыр немесе арна ның қатты қабырғасымен шектелетін контур ұзындығы. 4.2,а суретте құбыр үшін $\chi = \pi d = 2\pi r$ - қимасы дөңгелек құбыр үшін, ал ашық арна үшін $\chi = 2h + b$ (сурет. 4.2,б).



4.2-ші сурет

Гидравликалық радиус (R) - өтім қимасының ығалданған периметрге қатынасы:

$$R = \frac{\omega}{\chi} \quad (4.1)$$

Қимасы дөңгелек құбырдағы ағын үшін (см. рис. 4.2,а) гидравликалық радиус:

$$R = \frac{\pi d^2}{4\pi d} = \frac{d}{4} = \frac{r}{2}; \text{ осыдан: } d = 4R \quad (4.2)$$

ал ашық арна үшін (сурет. 4.2,б)

$$R = \frac{bh}{2h + b}$$

Гидравликалық радиус (R) ағынның әмбебап геометриялық сипаттамасы, ағынның әр түрлі формасына сәйкес теориялық болжамдар жасауға пайдалынады.

Практикада гидравликалық есептеуде сұйықтықтың қысым күшінің әртүрлі конфигурациядағы жазық бетке әсер ету нүктесі мен шамасын анықтау керек болады. Бұндай қысымды қабылдайтын жазық бетке резервуар қабырғасын, жазық затвор, қақбақ, гидротехникалық құрылымның элементін және басқаны мысалға келтіруге болады.

Сұйықтықтың қысым күшінің әртүрлі конфигурациядағы жазық бетке әсер етуін анықтау екі әдіспен жүргізіледі: – аналитикалық және графо-аналитикалық. Аналитикалық әдісті кез келген конфигурациядағы жазық бетке қолдануға болады, ал графоаналитикалық әдісті тек қана тік төртбұрышты қабырға үшін қолдануға болады.

Аналитикалық әдіс.

Сұйықтықтың жазық бетке әсер ету кезіндегі толық және абсолютті қысым күшін анықтау үшін аналитикалық есептеу тәуелділігін пайдаланады:

$$R = p_C \cdot A \quad (4.3)$$

Сұйықтықтың жазық бетке әсер ететін толық қысым күші қабырға ауданы (A) мен қабырғаның ауырлық центрі тереңдігінде әсер ететін толық қысымның (p_C) көбейтіндісіне тең болады.

Гидростатиканың негізгі теңдеуіне (1.1) байланысты, қабырғаның ауырлық центрі тереңдігінде әсер ететін қысым:

$$p_C = p_0 + \rho g h_C \quad (4.4)$$

Мұндағы: h_C - бос беттен қабырғаның ауырлық центрі тереңдігі;

ρ - сұйықтықтың тығыздығы;

g - еркін түсу үдеуі.

(4.2) формуласындағы сұйықтықтың бетіндегі қысым атмосфералық (p_0), манометрлік немесе артық ($p_{ман}$), вакуумметрлік қысым болуы мүмкін.

(4.1) формуласын (4.2) формуласын ескере отырып, келесі түрде жазуға болады:

$$R_{mol} = p_0 \cdot A + \rho g h_C A \quad (4.5)$$

Олай болса, толық қысым күшін екі қосынды түрінде қарастыруға болады:

$$(4.6) \quad - \text{сыртқы немесе беттік қысым күші: } R_0 = p_0 \cdot A$$

$$(4.7) \quad - \text{сұйықтықтың салмақтық қысым күші: } R_c = \rho g h_C A$$

Толық қысым күші R_{mol} екі параллель күштің R_0 және R_c геометриялық қосындысына тең болады: $R_{mol} = R_0 + R_c$

Паскаль заңына сәйкес, сұйықтықтың бетіндегі қысым, сұйықтықтың ішкі жағындағы барлық нүктелерге өзгеріссіз беріледі. Онда, сыртқы қысым (p_0) эпюрасы бірқалыпты таралған тік төртбұрышты жүктеме түрінде болады, ал бұндай жүктеменің тең әсерлі күші қабырға бетінің ауырлық центрінде әсер етеді, яғни h_C тереңдікте.

Толық қысым күшінің бір қосындысы, яғни сұйықтықтың салмақтық қысым күші (R_c) қысым центрі h_D деп аталатын нүктеде әсер етеді.

Салмақтық қысым күшінің (R_c) қысым центрі ауырлық центрінен төмен орналасады және бату тереңдігі келесі формуламен анықталады:

$$h_D = h_C + \frac{I_C \sin \alpha}{h_C A} \quad (4.8)$$

$$\text{Мұндағы: } \frac{I_C \sin \alpha}{h_C A} = e \quad - \text{қысым центрінің эксцентриситеті, оның}$$

шамасы қысым центрінің ауырлық центріне қатысты өзгеруіне тең болады;

I_C - горизонталь оське қатысты жазық қабырғаның центрлік инерция моменті;

α - жазық қабырға мен горизонт арасындағы бұрыш.

Толық қысым күшінің әсер ету нүктесін анықтау үшін статика теңдеулерін қолданады.

Бірөлшемді сүзілу ағымдарының сызбалары

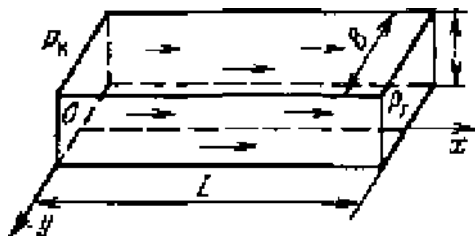
Қабат флюидтерінің сүзгілену нақты үрдістерінің өте күрделі болатындығынан ұқсас физикалық немесе геометриялық модельдерді тұрғызу мүмкін емес. Сондықтан, көптеген жағдайда сүзгілену ағымдарының жуықтаған модельдеуімен шектеледі. Ол мұнай және газ кенорындарын игеру үрдісінің шынайы математикалық сипаттауын қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. Бұл үрдісті жеңілдетілген (идеалдандырылған) модельдерде зерттеуге болады. Модель ретінде тұрақтанған немесе тұрақтанбаған режимдердегі бірөлшемді немесе көп өлшемді сүзгілену ағымдарының сызбаларын алуға

болады. Табиғи қабаттардағы сұйықтық пен газдың сүзгілену ағымдарын зерттеген кезде есептеу сызбаларын құруға, негізгі эффектілерін есепке алуға және ағымның параметрлерін анықтауға мүмкіндік беретін қозғалыстың геометриялық түрін сызу керек. Қарапайым сүзгілену ағымдарын зерттегенде жерасты гидромеханикасында біртекті (изотроптық) кеуекті ортадағы бірфазалық флюидтердің (сығылатын немесе сығылмайтын) тұрақтанған немесе тұрақтанбаған сүзгіленуінің модельдері негізгі болып табылады. Бірақ табиғи қабаттардағы сұйықтықтардың, газдардың және олардың қоспаларының сүзгіленуінің күрделі бірөлшемді емес есептерін шығару қажеттілігі мұнай кенін игеру кезінде жүретін гидродинамикалық және физикалық-химиялық үрдістерді біліп түсінуге негізделген математикалық модельдерді құруды талап етті. Әдетте, бұл модельдерді қолдану сандық әдістер мен қазіргі заманғы есептеу техникасын қолданумен байланысты. Гидродинамикалық есептерді шешкенде жазық ағым квазибірөлшемді ағыммен аппроксимацияланады. Ол үшін сүзілудің барлық аймағы сұйықтықтың ағысы бірөлшемді болып саналатын шартты түрде бірнеше шағын аймақтарға бөлінеді.

Сүзілу жылдамдығы мен екпіні (қысымы) ағыс бойымен саналатын бір ғана координатаның функциялары болып табылатын сүзілу ағымы бірөлшемді деп аталады. Бірөлшемді сүзілу ағымдарының үш түрі бар. Оларды қарапайым әдістердің көмегімен толық зерттеуге болады:

- 1)тік сызықты-параллельді;
- 2)жазық радиалды;
- 3)радиалды-сфералық.

Тік сызықты-параллельді. Тік сызықты-параллельді ағым сұйықтық немесе газ цилиндрлік кен арқылы оның осіне параллельді аққанда зертхана жағдайында, сонымен қатар қоректену контуры біржақты созылмалы қабаттарда кездеседі. Тік сызықты-параллельді ағым сұйықтықтың барлық бөлшектерінің траекториялары тік сызықты болғанда, ал ағымның көлденең қимасының кез келген нүктелерінде сүзілу жылдамдықтары бір-біріне тең болғанда орынды.



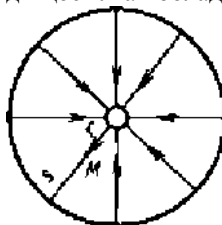
3.1-сурет.

Ағымның тік сызықты-параллельді сүзілудің сұлбасы P_k және P_r – қоректену контурындағы қысым. Табиғи жағдайға және игеру жүйесіне байланысты қоректену контуры ретінде мыналар алынады:

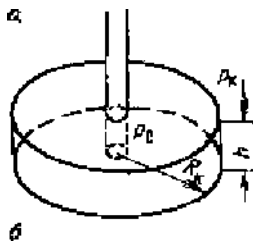
а) беттік сулармен толатын қабат шығуына сәйкес келетін сызық. Бұл жағдайда R_k коректену аймағындағы су бетінің деңгейіне (гидростатикалық бағанаға) байланысты анықталады;

б) шартты айдау аймағы, яғни айдау ұңғыларының торды тығыздау шегі болып табылатын абстракция.

Мұнайды өндіру галереясы қабаттан өндіру аймағы болып табылады. Бұл өндіру ұңғыларының тығыздау шегі болып табылатын абстракция. Жазық радиалды ағым. Ағымның бұл түрі сұйықтық немесе газ бір нүктеде радиалды қосылатын көлденең тік сызықты траекториялармен бір жазықтықта қозғалатын жағдайларда орынды болады. Мысал ретінде, ортасында қабат түбі ашық және қабатты барлық қалыңдығына ашатын бір ұңғысы бар қалыңдығы тұрақты және шексіз созылатын көлденең қабатта сұйықтықтың қозғалысын қарастыруға болады. Радиалды-сфералық ағым. Ағымның бұл түрі ұңғы қабаттың төбесін ғана ашқанда немесе ашу тереңдігі қабат қалыңдығынан едәуір кіші болса ғана орынды. Сонымен бірге, сұйықтықтың немесе газдың барлық бөлшектерінің қабаттағы қозғалыстарының траекториялары тік сызықты және жартылай сфералық қабат түбінің ортасында радиалды қосылған болады.



3.2-сурет. Ағымның жазық-радиалды сүзілу сұлбасы а – жалпы түрі; б – жоспар



3.3-сурет. Ағымның радиалды-сфералық сүзілу сұлбасы

Ағымдардың барлық түрлері бір өлшемділерге жатады, өйткені қысым мен сүзілу жылдамдығы бір ғана координатаның (сызықты немесе радиустың) функциялары болып табылады. 3.2. Сығылмайтын сұйықтықтың бірөлшемді ағымдарының салыстырмалы талдауы Екі негізгі сүзілу ағымдарының (тік сызықты-параллельді және жазық радиалды) сипаттамаларын төмендегі жағдайларға байланысты қарастырайық:

1) қабаттың жұмыс істеу режимі – қатты су екпінді;
2) сұйықтықтың қозғалысы – тұрақтанған (сүзілу жылдамдығы және екпін координатаға тәуелді, бірақ уақытқа тәуелді емес; сұйықтық бөлшектерінің траекториялары ағым сызықтарға сәйкес келеді);

3) қабат біртекті және деформацияланбайтын;

4) сұйықтық сығылмайтын;

5) Дарси заңы сақталады.

Тік сызықты-параллельді ағымда:

а) сұйықтық дебиті, сүзілу жылдамдығы және қысым градиенті ағым бойында тұрақты (x қимасындағы координатаға тәуелді емес);

б) қабаттағы қысым x осінің бойында түзу сызықты заң бойынша таралады.

Жазық радиалды ағымда:

а) Q ұңғысының дебиті ($P_k - P_c$) қысым сарқырамасына тік пропорционалды және r координатасына тәуелді емес. Дебиттің қысым сарқырамасына тәуелділігінің графигін индикаторлық диаграмма деп аталады. Дарси заңы сақталған жағдайда индикаторлық диаграмма тік сызық түрінде болады.

Қысым градиенті мен сүзілу жылдамдығының r координатасына тәуелділігінің графигі гиперболалар түрінде болады. Графиктен ұңғыға жақындағанда қысым градиенті мен сүзілу жылдамдығы ұңғының бүйірінде максималды мәндеріне жетіп, күрт ұлғаятыны көрінеді. в) логарифмдік қисық $P(r)$ тәуелділігінің графигі болып табылады. Ол ұңғы осін айналып, депрессия ұйытқысы деп аталатын беткейді қалыптастырады. Қабат депрессиясының негізгі бөлігі параметрлері ұңғы дебитіне қатты әсер ететін ұңғының қабат түбі маңындағы аймағында шоғырланған.

Тақырыпты бекітуге арналған сұрақтар:

1. Гидродинамика нені зерттейді?
2. Сұйықтық қозғалысы нешеге бөлінеді?
3. Элементарлы ақырын ағыс дегеніміз не?
4. Ағынның гидравликалық элементтеріне не жатады?
5. Сұйықтықтың қысым күшінің әртүрлі конфигурациядағы жазық бетке әсер етуін анықтау неше әдіспен жүргізіледі?

ӨТКІЗБЕЙТІН ТАБАНДЫ ҚАБАТТА БОС БЕТТІ СЫҒЫЛМАЙТЫН СҰЙЫҚТЫҚТЫҢ ҚАЛЫПТАСҚАН ҚОЗҒАЛЫСЫНЫҢ ДИФФЕРЕНЦИАЛДЫ ТЕНДЕУІ

Дәріс жоспары:

1. Гидродинамиканың негізгі теңдеуі.
2. Бернулли теңдеуі.
3. Теориялық және инженерлік есептерді шығару үшін Бернулли теңдеуін құру әдісі.

Гидродинамиканың негізгі теңдеуі. Бернулли теңдеуі.

Бернулли теңдеуі теориялық сұрақтар мен инженерлік есептерді шешуге көмектесетін гидромеханиканың негізгі теңдеуі болып есептеледі.

Көптеген приборлардың жұмыс жасау принципі мен сұйықтықтың жылдамдығы мен шығынын есептейтін құралдар осы Бернулли теңдеуіне сүйене отырып жасалған. Бернулли теңдеуінде сұйықтық қозғалысының негізгі параметрлері арасындағы байланыс бар: ағынның қимасы мен қысым, жылдамдық арасындағы және ағынның өтім қимасының геометриялық орны арасындағы байланыс бар.

Бұл бөлімде ауырлық күші әсеріндегі қалыптасқан сұйықтық қозғалысы үшін ғана Бернулли теңдеуі қарастырылады, яғни тек қана еркін түсу үдеуі әсер етеді.

Бернулли теңдеуі дәлелдеп шығару үш этаптан тұрады:

- шынайы элементарлы ақырын ағыс үшін;
- нақты, тұтқырлығы бар элементарлы ақырын ағыс үшін;
- нақты тұтас ағын үшін;

Әр келесі теңдеуді дәлелдеп шығаруалдыңғы теңдеуге негізделген, сонымен қатар әр теңдеудің өзінің мақсатымақсаты мен шешетін сұрақтары бар.

Бернулли теңдеуін біртіндеп қарастырайық.

Шынайы элементарлы ақырын ағыс үшін Бернулли теңдеуі.

Шынайы сұйықтық - бұл тұтқырлық деген физикалық қасиеті жоқ шартты сұйықтық. Шынайы сұйықтық абсолютті аққыш және кедергісіз қозғалады, сондықтан оның энергиясы қозғалыс кезінде тұрақты. Теңдеу төмендегідей түрде жазылады:

$$z + \frac{P}{\rho \cdot g} + \frac{u^2}{2g} = const \quad (5.1)$$

Элементарлы ақырын ағыстың қозғалыс бағытына сәйкес келетін екі немесе одан да көп қималар үшін Бернулли теңдеуін келесі түрде жазуға болады:

$$z_1 + \frac{P_1}{\rho \cdot g} + \frac{u_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\rho \cdot g} + \frac{u_2^2}{2g} = \dots = const \quad (5.2)$$

Бернулли теңдеуінің интерпретациясы.

Теңдеудің барлық мүшелерінің өлшем бірлігі сызықтық, олай болса олар геометриялық тұрғыдан биіктік немесе арын ретінде сипатталса, ал энергетикалық тұрғыдан меншікті энергия ретінде сипатталады.

Бернулли теңдеуінің геометриялық мәні:

$z = h_{geom}$ - геометриялық биіктік немесе геометриялық арын, горизонталь салыстыру жазығынан бастап есептелінеді.

$\frac{P}{\rho \cdot g} = h_p$ - пьезометриялық арын немесе биіктік. Пьезометриялық

арын берілген қимадағы элементарлы ақырын ағыстың пьезометриялық көрсеткішіне тең болады.

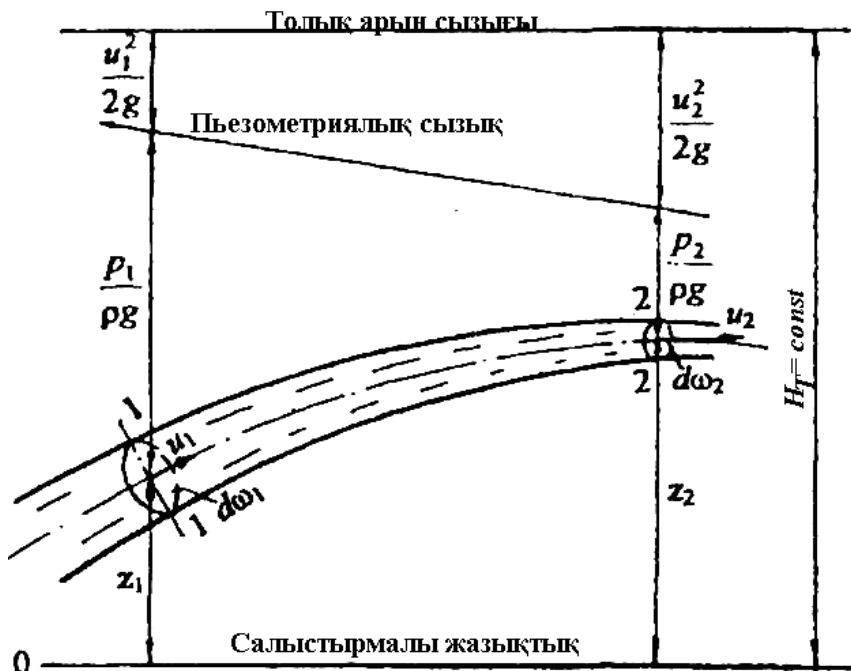
$\frac{u^2}{2g} = h_{ж}$ - элементарлы ақырын ағыстың өтім қимасындағы жылдамдық

арыны.

(9.1.2) теңдеуін геометриялық тұрғыдан қарағанда, келесі түрде жазуға болады:

$$h_{geom} + h_p + h_{ж} = H_T = const \quad (5.3)$$

Мұндағы: H_T - берілген қимадағы толық арын.



5.1 - ші сурет

Геометриялық және пьезометриялық арындардың қосындысы статикалық арын деп аталады және H_{CT} - деп белгіленеді.

$$h_{geom} + h_P = H_{CT}, \text{ немесе } z + \frac{P}{\rho \cdot g} = H_{CT} \quad (5.4)$$

Бернулли теңдеуінің графикалық көрсетілімі теңдеу диаграммасы деп аталады.

Диаграмманы тұрғызу үшін шынайы сұйықтың элементарлы ақырын ағысының қалыптасқан қозғалысын және сол ағыстан өтім қимасының ауданы $d\omega_1, d\omega_2$, жылдамдығы u_1 және u_2 , қысымы p_1 және p_2 болатын 1-1 және 2-2 өтім қимасын қарастырамыз.

Қиманың геометриялық биіктіктерінің шамасын Z_1, Z_2 салыстырмалы жазықтықтан жоғары қарай оң деп есептеп, берілген қима үшін Z_1, Z_2 шамасын саламыз.

Әр қима үшін геометриялық биіктіктердің шамасына пьезометриялық арын $\frac{P_1}{\rho \cdot g}$ және $\frac{P_2}{\rho \cdot g}$ шамасын, сосын жылдамдық арынының $\frac{u_1^2}{2g}$ және $\frac{u_2^2}{2g}$ шамасын қосамыз.

Диаграмманы тұрғызған кезде элементарлы ақырын ағыстың екінші өтім қимасының ауданы $d\varpi_2$ бірінші өтім қимасының ауданынан $d\varpi_1$ кіші, олай болса ағынның тығыздық теңдеуіне сәйкес екінші өтім қимасындағы жылдамдық және жылдамдық арыны бірінші өтім қимасындағы жылдамдық және жылдамдық арынынан көп болатынын ескеру керек:

$$\frac{u_2^2}{2g} > \frac{u_1^2}{2g}$$

Шынайы сұйықтықтың элементарлы ақырын ағысы үшін анықталған шама тұрақты және толық арынға H_T тең. Диаграммада көрсетеміз:

$$H_T = const$$

Толық арынға H_T сәйкес келетін диаграммадағы сызық *толық арын сызығы* деп аталады. Шынайы сұйықтықтың толық арын сызығы бір горизонталь жазықтықта болады. Пьезометриялық арынға сәйкес келетін диаграммадағы сызық *пьезометриялық сызық* деп аталады. Пьезометриялық сызықтың формасы элементарлы ақырын ағыстың формасына сәйкес келеді. Егер элементарлы ақырын ағыстың формасы цилиндр немесе жай өзгеретін формада болса, онда пьезометриялық сызық көлбеу түзу сызық болады.

Диаграммаға анализ жасасақ, онда элементарлы ақырын ағыстың формасы тарылса, жылдамдық арыны көбейіп, ал статикалық арын төмендейді.

Бернулли теңдеуінің энергетикалық мәні.

Бернулли теңдеуінің мүшелерінің қосындысы бірлік салмаққа қатысты меншікті энергияға тең:

$Z = e_{op}$ - меншікті потенциалдық энергияның орны;

$\frac{P}{\rho \cdot g} = e_{кис}$ - қысымның меншікті потенциалдық энергиясы;

$\frac{u^2}{2g} = e_{кин}$ - меншікті кинетикалық энергиясы;

Энергетикалық тұрғыдан қарағанда теңдеу:

$$e_{op} + e_{кыс} + e_{кин} = E = const \quad (5.5)$$

Мұндағы: E - элементарлы ақырын ағыстың толық меншікті энергиясы;

Шынайы сұйықтықтың элементарлы ақырын ағысының толық меншікті энергиясы ағыстың барлық ұзындығында тұрақты. Олай болса, Бернулли теңдеуі энергияның сақталу заңына қайшы келмейді.

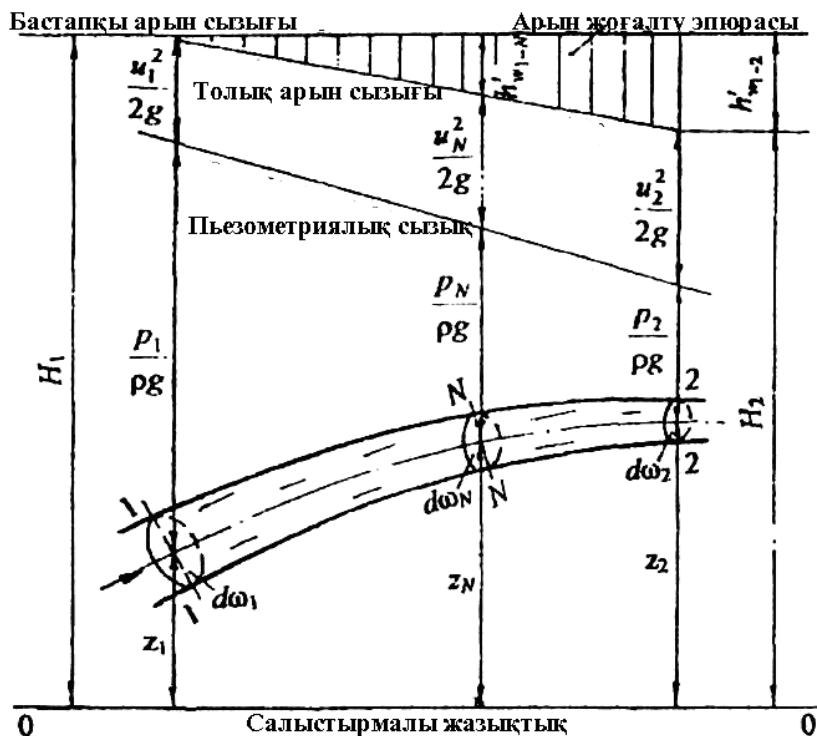
Диаграммдан энергияның сақталу заңын көруге болады (сурет 5.2):

екінші қимадағы меншікті кинетикалық энергия $(\frac{u_2^2}{2g})$ көбейеді, ал онда

меншікті потенциалды энергия $(z_2 + \frac{P_2}{\rho \cdot g})$ азаяды.

Нақты, тұтқырлығы бар элементарлы ақырын ағыстағы сұйықтық үшін Бернулли теңдеуі.

Нақты сұйықтық сығылмайды және оның маңызды физикалық қасиеті бар, ол – тұтқырлық. Тұтқырлық сұйықтық қабаттарының бір – біріне салыстырмалы қозғалуына қарсы әсер етеді, сондықтан сұйықтық қабаттарының арасында үйкеліс күші пайда болады. Сұйықтық қабаттарының арасындағы үйкеліс күшін жою үшін энергия (арын) жұмсалады. Бұл толық арын (H) мен меншікті энергия (E) қозғалушы сұйықтық ағыныда тұрақты болып қалмайды, арынның (меншікті энергияның) бір бөлігі үйкеліс күшін жою үшін жұмсалады.



Сурет 5.2

Бернулли теңдеуіне *арын жоғалтуы*- h'_{w} деген жаңа мүше қосылады.

Сонымен, егер ағынның бірінші қимасында толық арын H_1 -ге тең болса, онда ағынның екінші қимасында H_2 -ге тең толық арын қалады, себебі арынның бір бөлігі ағынның бірінші қимасы мен екінші қимасы арасындағы гидравликалық кедергіні жоюға жұмсалады және келесі формуламен анықталады:

$$H_1 = H_2 + h'_{w_{1-2}} \quad (5.6)$$

Нақты, тұтқырлығы бар элементарлы ақырын ағыстағы сұйықтық үшін Бернулли теңдеуі:

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho \cdot g} + \frac{u_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho \cdot g} + \frac{u_2^2}{2g} + h'_{w_{1-2}} \quad (5.7)$$

Теңдеудің әр мүшесі үшін геометриялық және энергетикалық мәні шынайы сұйықтағыдай болады.

4.5- ші суретте нақты, тұтқырлығы бар элементарлы ақырын ағыстағы сұйықтық үшін диаграмма көрсетілген:

Диаграмманы тұрғызу ұқсастығын анықтау үшін элементарлы ақырын ағысты шынайы сұйықтықтағыдай формада аламыз (сурет 5.2). Көлденен қима аудандары $d\varpi_1$ және $d\varpi_2$ - ге тең 1-1 және 2-2 өтім қимасын қарастырып, диаграммада бірінші қимада үш арынды (геометриялық, пьезометриялық, жылдамдық) және толық арынды $-H_1$ көрсетеміз. Ал, екінші қимада да үш арынды саламыз, бірақ екінші қимадағы толық арын $-H_2$ бірінші қимадағы толық арыннан $-H_1$ келесі шамаға h_{w1-2} кем болуы керек. h_{w1-2} - шамасы, бұл 1-1 және 2-2 өтім қимасы арасындағы арынның жоғалуы. Диаграммада *толық арын сызығын, пьезометриялық, сызықты және арынның бастапқы сызығын* көрсетеміз (сурет 4.5).

Ағыс ұзындығы бойынан кез келген $N - N$ қимасын алып, осы қима үшін h_{w1-2} - арынның жоғалуын арынның бастапқы сызығы мен толық арын сызығы арасындағы тік түзу сызық ретінде көрсетуге болады.

Олай болса, арынның бастапқы сызығы мен толық арын сызығы арасындағы штрихталған тік түзу сызық арынның жоғалуын көрсетеді, ал штрихталған бөлік *арынның жоғалуының эпюрасы* деп аталады.

Нақты, тұтқырлығы бар толық ағыстағы сұйықтық үшін Бернулли теңдеуі.

Толық ағыстағы сұйықтық өту үшін элементарлы ақырын ағыс моделін қарастырамыз, яғни толық ағыстағы сұйықтық теңдеуін жазу үшін, өтім қимасындығы толық ағысты құрайтын элементарлы ақырын ағыс энергияларын қосу керек.

Нақты, тұтқырлығы бар толық ағыстағы сұйықтық үшін Бернулли теңдеуін қысқаша қарастырсақ, онда екі қосынды $z + \frac{p}{\rho g}$ формулаға сәйкес

статикалық арынға H_{CT} тең болады.

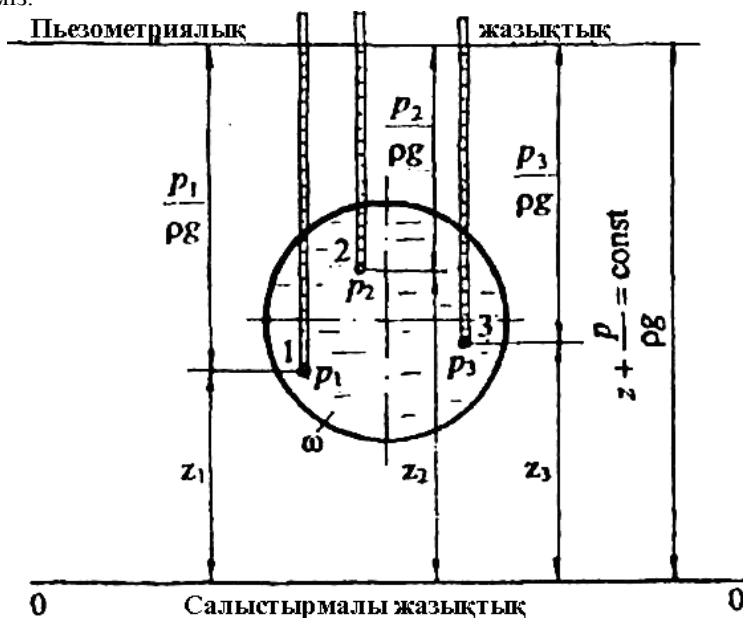
Гидродинамикада өтім қимасындағы статикалық арынның таралуы гидростатикалық заңға бағынады:

$$z + \frac{p}{\rho g} = const.$$

(5.8)

Бұл заңды графикалық түрде (сурет 5.3) көрсетеміз. Берілген өтім қимасынан (ϖ) қысымдары p_1, p_2, p_3 болатын 1,2,3 элементарлы ақырын ағыстарды қарастырамыз. Ол үшін 0-0 салыстырмалы жазықтығын

жүргіземіз де, өтім қимасынан геометриялық биіктіктерді (z_1, z_2, z_3) көрсетеміз.



Сурет 5.3

Қабылданған элементарлы ақырын ағыстар деңгейінен пьезометриялық арындарды $\left(\frac{p_1}{\rho g}, \frac{p_2}{\rho g}, \frac{p_3}{\rho g} \right)$ көрсетеміз. Барлық пьезометрдегі сұйықтық

деңгейі бірдей болады, ал олардың қосындысы $z + \frac{p}{\rho g} = const$. Статикалық

арынның бұл тұрақты шамасы тек қана осы өтім қимасында ғана болады. Бөтен өтім қималарында статикалық арын тұрақты болды, тек шамасы бөлек.

Келесі мақсат өтім қимасы бойынша толық арынды құрайтын элементарлы ақырын ағыстардың кинетикалық энергияларының қосындысын анықтаймыз. Элементарлы ақырын ағыстардың жылдамдығы берілген ағыстың өтім қимасында айнымалы болады, сондықтан өтім қимасы бойынша жылдамдықтың бір қалыпты таралмайтынын ескеру керек.

Практикалық есептеулер үшін барлық толық ағысты құрайтын элементарлы ақырын ағыстар үшін бірдей орташа немесе шартты жылдамдықты (v) қабылдайды. Осы орташа немесе шартты жылдамдықтың

көмегімен шартты кинетикалық энергияны $(E_{шар}^{кин})$ теория жүзінде анықтайды.

Сосын теория жүзінде нақтылы кинетикалық энергияны $(E_{нақ}^{кин})$ толық ағысты құрайтын элементарлы ақырын ағыстардың нақтылы жылдамдығы (u) арқылы анықтайды.

Өтім кимасы бойынша жылдамдықтың бір қалыпты таралмайтынын кинетикалық энергияның корреляция коэффициенті арқылы немесе жылдамдықтың бір қалыпты таралмау коэффициентімен $-\alpha$ ескеріледі.

$$\alpha = \frac{E_{нақ}^{кин}}{E_{шар}^{кин}} \quad (5.9)$$

Коэффициент α Кориолис коэффициенті деп аталады. Бұл коэффициентің шамасы сұйықтық ағынының режиміне байланысты. Ағынының режимі алдағы тарауда қаралады. Ағынының ламинарлық режимі үшін: $\alpha = 2$, ал турбулентті режимі үшін: $\alpha = 1,0 \div 1,5$.

Онда, осы коэффициент енгізілгеннен кейін, арын жылдамдығы (h_w) немесе ағынның меншікті кинетикалық энергиясын $(e_{кин})$ келесі түрде

жазуға болады:
$$\left(\frac{\alpha v^2}{2g} \right)$$

Сұйықтықтың нақты элементарлы ақырын ағысы үшін Бернулли теңдеуінің қосымша мүшесі h'_w элементарлы ақырын ағыстағы арын жоғалтуларын ескереді. Ал толық ағыс үшін орташа жылдамдықтағыдай орташа арын жоғалтуын анықтайды, яғни элементарлы ақырын ағыстағы арын жоғалтуының қосындысы толық ағыстың арын жоғалтуына h_w тең болды.

Олай болса, жоғарыда айтылғанды ескере отырып, нақты сұйықтықтың толық арыны үшін Бернулли теңдеуін жазуға болады:

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} + h_{w1-2} \quad (5.10)$$

(5.10) теңдеуі теориялық және ниженерлік есептерді шешетін гидродинамиканың негізгі теңдеуі болып есептеледі.

Нақты сұйықтықтың толық ағысы үшін теңдеу диаграммасы, сұйықтықтың нақты элементарлы ақырын ағысы үшін теңдеу

диаграммасымен бірдей болады (сурет 5.5). Диаграммада өтім қимасын ϖ_1

және ϖ_2 , жылдамдық арынын $\frac{\alpha_1 v_1^2}{2g}$ және $\frac{\alpha_2 v_2^2}{2g}$ деп белгілеу керек.

Бернулли теңдеуінің практикада қолдануылын қарастырайық.

Теориялық және инженерлік есептерді шығару үшін Бернулли теңдеуін құру әдісі.

Бернулли теңдеуінің көмегімен көптеген теориялық және инженерлік есептерді шығаруға болады. Бернулли теңдеуін тек қана сұйықтықтың қалыптасқан, жылдамдығы тез өзгермейтін қимада нақты, тұтқырлығы бар толық ағыстағы сұйықтық үшін қолданады. Бернулли теңдеуін қолдану арқылы сұйықтықтың жылдамдығы мен шығынын есептейтін құралдар жасалынды.

Бернулли теңдеуін құру үшін келесі әдісті пайдаланады:

1. Бернулли теңдеуіне кіретін параметрлерінің шамасы көбірек белгілі екі қима қабылданады. Бұндай қима ретінде сұйықтықтың бос беті немесе есептегіш құралдар

(манометр, вакуумметр және пьезометрлер) орналасқан орындар қабылданады. Қима сұйықтықтың бос бетіне горизонталь жүргізіледі (практикалық есептеулерде сұйықтықтың бос бетіндегі жылдамдық нольге тең болады, $v = 0$) немесе сұйықтық қозғалысының бағытына перпендикуляр бағытталады.

2. Қималар сұйықтық қозғалысына қарай номерленеді. Себебі, гидравликалық кедергілерде арынның жоғалуы сұйықтық қозғалысына қарай көбейеді, ал жоғалтуларды ескеретін теңдеудің қосалқы мүшесінің таңбасы оң болу керек.

3. Бернулли теңдеуіндегі қабылданған қималардағы қысым - абсолютті қысым болған дұрыс, бұл қималардағы қысымды анықтаған кезде қателеспеуге мүмкіндік береді.

4. Салыстыру жазықтығы $0 - 0$ қабылданады. Салыстыру жазықтығы қабылданған қималардың бірінің осі арқылы өтеді, онда геометриялық биіктіктің бірі нольге тең болады ($z = 0$). Салыстыру жазықтығы барлық уақытта да горизонталь. Есептеу кезінде геометриялық биіктікті (z) салыстыру жазықтығынан жоғары қарай оң деп, ал төмен қарай теріс деп есептейміз.

5. Бернулли теңдеуі жалпы жағдай үшін жазылады. Теңдеудің төменгі жағына параметр шамалары жазылып, теңдеу белгісіз шаманы анықтау арқылы шешіледі.

Тақырыпты бекітуге арналған сұрақтар:

1. Бернулли теңдеуінің графикалық көрсетілімі не деп аталады?

2. Бернулли теңдеуін құру үшін неше әдісті пайдаланады?
3. Толық ағыстағы сұйықтық теңдеуін жазу үшін не істеу қажет?
4. Диаграммада қандай сызықтар көрсетіледі?
5. Теориялық және инженерлік есептерді шығару үшін Бернулли теңдеуін құру әдісі қандай?
6. Арын жоғалтуы дегеніміз не?

ЕРКІН БЕТІ БАР СҰЙЫҚТЫҢ СҮЗІЛУ АҒЫНЫ

1. Арынсыз сүзілу.
2. Дебит формулалары.
3. Индикаторлық диаграммалар.
4. Жерасты суының қозғалысы.

Деформацияланған жарықшақты қабатта қысымның таралуы. Индикаторлық қисықтар.

Сұйықтардың қабаттан ұңғымаға келуі, қабатпен ұңғыманың түбінің арасындағы қысымның түсу есебінен жүреді. Сондықтан қабаттық қысым – шоғырдың энергетикалық жағдайын анықтайтын негізгі фактор болып табылады. Бұл параметрлердің абсолюттік мөлшері туралы емес, оның берілген шоғырдың орналасу тереңдігіндегі қалыпты қабат қысымымен қатынасын атап өткен жөн, бұл қабат қысымы судың бағанасының қысымына тең. Шоғырларды, алғашқы қабат қысымы бұл мөлшерден асатын (аномальді-жоғары қабат қысымы АВПД) және алғашқы қабат қысымы едәуір төмен (аномальді төмен қабат қысымы -АНПД) деп ажыратады.

Алғашқы қабат қысымының аномальдығы әр түрлі себептермен, негізінен геологиялық сипаттамамен ажыратылады. Мұнайдың тұтқырлығы жоғары кен орындарға жүргізілген талдаудың нәтижесінен, меншікті салмақ (мұнайда ауыр компоненттердің құрамдастылығы) және шоғырдағы АВПД мен сәйкес тереңдікте жатқан қалыпты қабат қысым араларында корреляциялық тәуелділіктің болатындығын көрсетті. Мұнайдың меншікті салмағы өскен сайын аномальдық коэффициентінің жоғарлайтындығы байқалады. Сағалық өлшеулерден анықталатын мұнайдың құрамы арқылы, шоғырдың АВПД бағалауға болады.

Аномальды қабат қысымдардың шығу себебі, сонымен қатар әр түрлі тығыздықты сұйықтардың гидростатикалық ерекшеліктерімен шартталуы мүмкін. Мысалы, мұнай қабатының жабыны 1000 м, су мұнай әсері -200м, ал су аймағының төменгі шекарасы -3000м

Тереңдіктерде орналасада. Қабаттардағы қысым, судың меншікті салмағы 800 кг/м^3 деп қабылдасақ, онда мұнай қабатының жабынындағы қысым $20 \cdot 8 = 12 \text{ МПа}$ тең болады, ал қалыпты қабат қысым бұндай тереңдікте 10 МПа болады, яғни аномальді коэффициент 1,2 тең. Егер газ телпегі болса ,

онда бұл эффект елеулі болады. Қысымды тереңдік бойынша реттеу арқылы, су мұнай әсерін есептеуге болады.

Қабаттық қысымның екі түрі болады табиғи және жасанды. Табиғи көздергеоқабаттық жүйенің серпімділігі, қабаттық сулардың арыны, еркін газ (газ теллегі түрінде), еріген газдың энергиясы, ауырлық күшімен шартталған арын жатқызылады. Қабаттық қысымды, қабатқа су, бу немесе газ айдау арқылы жасанды түрде ұстауға болады. Қабаттық қысымның қай көзі жоғары болғандығына байланысты, игерудің белгілі тәртібі қалыптасады. Кезекті түрде осы тәртіптерді қарастырып шығайық.

Алғашқы жағдайда қабаттық жүйе яғни сыйымды коллектор, мұнайдың жартысы және оның әсерлесетін су бассейні, сығымды жағдайда болып, алғашқы қабаттық қысым деп анықталады. Шоғырда мұнайды алудың нәтижесінен жыныстың бөлшектерінің, мұнайдың және судың ұлғаюы жүреді. Осылайша игерудің барысында қабаттық қысымды сығу жүйесінің алғашқы серпімді энергиясының қорын пайдалануға негізделген, мұнай кен орынын игеру әдісін, табиғи режимде игеру деп аталады.

Тау жыныстарын мұнай және судың сығылу коэффициенті сәйкесінше үлкен емес. Суға $\beta=0,5-10^{-3} \text{ мПа}^{-1}$; мұнай үшін $\beta=10^{-3} \text{ мПа}^{-1}$; тау жыныстары үшін- төмен. Сондықтан қысымды, қабаттық қысымнан атмосфералық қысымға, серпімді энергия есебінен толық түсіргеннен кездің өзінде, кен орының алғашқы қорынан бірнеше пайызды ғана алуға болады (3-5 % жоғары емес). Бірақ, су бассейнінің көлемі мұнайдың шоғырынан әлдеқайда жоғары болса, жағдай өзгереді. Бұл жағдайда қысымды түсірген кезде ұлғаю есебінен, су көлемінің өсуі мұнай бөлігінің көлемімен шамалас болады да, қабаттан мұнайдың ығысуының жоғарлауына әкеп соқтырады.

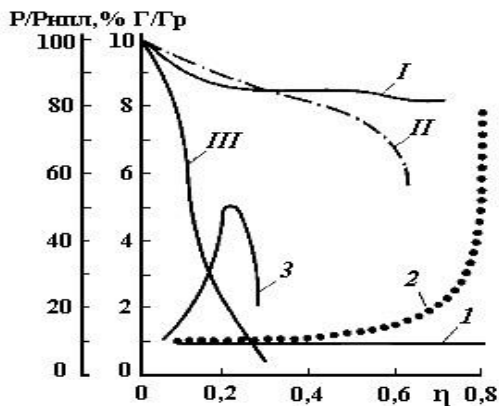
Бұндай режимді іске асыру көп дәрежеде шоғырдан мұнайды алу жылдамдығына тәуелді. Жоғары жылдамдықта су бассейні мұнай бөліміндегі қысымның өзгерісіне жауап беруге үлгермейді, соның салдарынан қабаттық қысым мұнай шекарасына судың кіру есебінен ұсталуы жүрмейді. Суарынды режимнің елеулі кемшілігі болып, мұнай шоғырына судың бақылаусыз кіруі болып табылады. Бұл өндіру ұңғымаларының алдын ала сулануына, қалыңдық және бойлық бойынша қабатты әртүрлішекараларының біртекті сулануына әкеледі.

Асфальтенді-шайырлы фракциялары бар, ауыр мұнай шоғырының, серпімді қабаттық энергиясын есептеудің өзіндік ерекшелігі бар. Қысым өзгерісі кезінде осындай мұнайлардың көлемінің ұлғаюы кейбір кешігумен жүреді. Сондықтан қабаттық қысымның шоғырда өзгеруі алынған мұнайдың көлемінен ғана емес, уақытына да байланысты болады. Алайда тиімділік тек табиғи режимді «таза» түрде іске асыруда ғана жүреді. Шоғырға судың енгізілуі, еркін газдың немесе басқа да факторлардың әсерінен, бұл ерекшелік ескерусіз болып қалады.

Қабаттық сулардың арыны игерудің және мұнай кен орнын пайдалану көрсеткіштеріне, сулы қабаттың күрт құлайтын жағдайы кезінде әсер етуі мүмкін. Сулы қабат - мұнай қабат жүйесін екі әсерлесетін түтік ретінде

қарастыруға болады. Мұнай бөлімінде ұңғымадан мұнайды алудың есебінен қысым төмендейді, орыны « әсерлесу түтігінен» сулы қабаттан , судың арынымен толтырылады. Осылайша суарынды режим қалыптасады.

Кен орынды пайдалану барысында қабат қысымын ұстау шоғырының күмбезінде орналасқан еркін газдың ұлғаю энергиясынан да жүргізіледі. Бұндай газдың жиналуы « газ шапкасы» деп аталады, ал сәйкес режимі-газ телпегі деп аталады.



6.1-сурет

Қабат қысымының газ факторына қатысты өзгерісі ($P, P_{нпл}$ - ағымдағы және бастапқы қабаттық қысым) ($Г, Г_{гр}$ - ағымдағы және мұнай ерітілген газ факторы) шоғырдың әртүрлі режим жұмысы кезіндегі мұнай бергіштіктің ағымдағы коэффициентіне тәуелді.

I, II, III-су арынды, газ арынды және еріген газ режимі кезіндегі газ факторы. Кен орынды бұндай режимде пайдалану кезінде газ шапкасынан газды алмауға тырысады, өйткені ол қабат энергиясының азаюына әкеледі. Бұл кезде мұнайдың бөліміндегі мұнайдан газдың бөлінуі жүреді және еріген газ режимі дамиды. Сонымен қатар газ телпегінен газды көп мөлшерде алу кезінде, газ бөлімінде қысымның күрт құлауы мүмкін, нәтижесінде мұнай газ әсерінің деңгейі жоғарлап- мұнай газ шекарасына енеді. Мұнайдың жартысы жынысты шаяды және соның салдарынан өндіру мақсаты үшін жойылады.

Қысым төмендеген кезде мұнайдан еріген газ бөлінеді. Сығылған көпіршіктердің серпімділігі қабаттық энергияның бір көзі болып табылады. Бұндай қабаттық энергияны пайдалануға негізделген игеру режимі —еріген газ режимі деп аталады. Мұнай кен орны алғашқы қордан бұндай тәртіпте игеру барысында, мұнай бергіштік 20-30% аспайды. Әдетте газ шапкасы және еріген газ режимі бірге әртүрлі қарқынмен түрленеді. Мұнай шоғырының игеру тәртібін алғашқы кезде нақты анықтау қиынға соғады. Өйткені бақылау арқылы мұнайды қабатта не ығыстыратыны белгісіз – су

немесе газ, су болса, нұсқа сыртындағы немесе төменнен айдалатын ба? (егер бірнеше күш әсер етсе, онда олардың қайсысы басымды). Игеру режимін анықтайтын графиктер (6.1-сурет) аз жарамды, өйткені оларды берік тұрғызу үшін бірнеше жылдан кем емес ұзақ уақыт бойы алынған кешендік өлшеулер сәйкес болуы тиіс, ал барлық ұңғымалар бойынша шығымдарды, қабаттық қысымды және газ факторларын массалық өлшеу, өте күрделі және жиі түрде іске аспайтын шаруа. Бұндай жағдайларда жанама диагностикалық көрсеткіштерді пайдалану дұрыс болады. Бір жағынан бұл көрсеткіштер игеру режимімен жақсы корреляциялануы тиіс, екінші жағынан қарапайым және тура өлшенуі тиіс. Осылайша игеру режимі анықтау мақсаты жанама сипаттарды жинауға байланысты диагностикасына келіп тіреледі. Өлшеу нәтижесі бір ұңғымадан басқа ұңғымаға қарай жайсыз уақыт бойынша да өзгере алатындықтан, кешендік ақпаратты өңдеу үшін ықтималдық теориясын және математикалық статистиканың әдістерін қолдану қажет.

Мұнай қабатының игеру режимін анықтау үшін, мысалы кен орынды су арынды режимнің даму дәрежесін анықтауға диагностикалық әдіс пайдалануы мүмкін зерттеулер нәтижесі, судың және мұнайдың көлемдерінің қатынасы, еркін газбен мұнайдағы еріген газ құрамына әсер ететіндігін көрсетті. Осыған игеру тәртібін анықтайтын ақпаратты сипат ретінде пайдалануы мүмкін.

Суарынды режим кезінде, сумен толтырылған қабаттың көлемі жоғарлайды, яғни V_n/V_g қатынасы жоғарлайды бұл себеп бойынша бұл қатынастың төмендеуі, еріген газ режимінің пайда болғанын дәлелдейді. Газ құрамының бұл қатынас өлшеміне тәуелділігін біліп, оның құрамының өзгерісін анықтай отырып, қандай да бір режимнің дамуын болжауға болады. Әр түрлі компоненттер V_n/V_g қатынасының өзгерісіне әр түрлі жауап беретіндіктен, құрамының компоненттерінің өзгерісін сипаттайтын, интегралды көрсеткіштер пайдаланылады. Қандай да бір компоненттің физикалық өзгерісін V_n/V_g қатынасының өзгерісімен байланыстылығын физикалық негіздеуін беру қиын болатындықтан, бұндай ұқсас әдіспен режимді диагностикалау үшін рангалы классификация әдісі қолданылады. Мысал ретінде төменде Федоровское Батыс Сібір кен орнындағы ұңғымалар бойынша газ компоненттерінің ранжировкасы келтірілген (екі ғана компонент келтірілген, қалғандарының ранжировкасы ұқсас келтіріледі). R классификациясының функциясын нақты бір газ үшін (белгілі бір ұңғымасынан алынған) барлық сипаттардың ранғыларын қосу арқылы алады. Кен орынды игеруге енгізу кезінде, шоғыр режимді анықтау үшін біршама уақыт қажет және режим тұтас қабат бойынша бағаланады. Сонымен қатар игеру барысында қабат тәртібінің өзгерісі болу мүмкін. Сондықтан газ құрамын белгілі бір уақыт ішінде (мысалы, бір квартал немесе жыл) зерттелген, ұңғымалар бойынша талдау қажет. Ұқсас анықтаулар жүргізе отырып, белгілі уақыт өткеннен кейін, R классификациясының функциясының динамикасын анықтауға болады.

Зертханалық зерттеулердің берілгендері және бірқатар кен орындарының талдауы бойынша, классификация функциясының өсуі, V_n/V_r қатынасының өсуін, яғни суарынды режим дамуын көрсетеді. Сәйкес R төмендеуі еріген газ режимінің қарқындылығын дәлелдейді. Осылайша Федоровск кен орны бойынша екінші және үшінші игеру жылдарының барысында R төмендеуі байқалған, ол еріген газ режимін көрсетеді. Алдыда қарқынды су айдау суарынды режимге әкелді, бұл кезде R өсуі байқалған. (6.2-сурет)

CH ₄ , %	80	80-85	85-90	90-95	95-100
C ₂ H ₆ , %	0-1	1-2	2-3	3-4	>4
Ранг	1	2	3	4	5

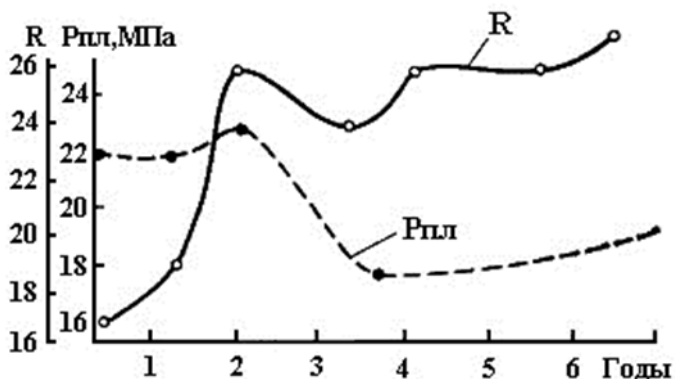
Мұнай шоғырының қабаттық қысымнан басқа маңызды параметрі болып, қанығу қысымы $P_{\text{кан}}$ болып табылады. Қанығу қысымын, мұнай сынамалардың зертханалық зерттеудің негізінде анықтайды. Бұндай әдісті терең шоғырланған қабаттарда қолдану, қиынға соғады.

Сондықтан экспресс - әдісте қанығу қысымының бағалануын және шоғырда ағымдағы қабаттық қысымның бағалануының қажеттілігі туындайды.

Бұндай әдіс қанығу қысымының мұнай шоғырының сипаттық параметрлерін анықтаудан құралған. Мемлекетіміздің көптеген мұнай кен орындарына жүргізілген талдауы, мұнайдың қанығуына келесідей көрсеткіштер әсер ететінін көрсетті: мұнай тығыздығы; мұнай құрамындағы парафин, асфальтен, шайырдың болуы; еріген газдарының компоненттері құрамы; мұнайда көмірқышқыл газдың, азоттың, сонымен қатар қабаттық температура мен газ факторының болуы. Мұнай мен газдың қасиетін сипаттайтын, аталған сипаттар жеңіл талдаумен анықталынады.

Одан кейін қанығу қысымының көрсетілген факторын математикалық тәуелділігін тұрғызады. Осылайша, тереңдік өлшеулерді және тереңдік сынамаларды жүргізбей-ақ, сағалық ақпараттар бойынша қанығу қысымын болжауға болады.

Басқа тұрғыдан қарасақ, қанығу қысымын жанама көрсеткішін анықтау үрдісі бағалаудың дәлдігін және беріктігін анықтайтын сынамаларды жүргізуді талап етеді. Ол үшін алынған тәуелділіктер берілген өлшемдердің нақты көрсеткіштерімен тексеріледі, мысалға тереңдік сынамалардың болуы. Егер әдістің сынамасы қанағаттандыратын нәтиже берсе, онда оны, қандай да бір себеппен нақты анықтауларды жүргізуге мүмкіншілік болмайтын жағдайларды пайдалануға болады.



6.2-сурет Федоровск кен орны үшін R критерийнің және қабаттық қысымның $R_{\text{каб}}$ уақытқа байланысты тәуелділігі.

Жоғарыда қарастырылған режимдер нақты шарттарда кездеспейді. Әдетте бір уақытта қабаттық энергияның әр түрлі көздері, әр түрлі қарқындылықта білінеді. Шоғырдың режимінің жұмысы пайдалану үрдісі кезінде өзгереді. Әдетте бұндай жағдайда негізгі рольді қандай да бір фактор жүргізеді, ал қалғандары толықтаушы болып табылады. Пайдаланудың шамасы бойынша басты фактордың ауысуы жүреді. Бұндай өзгеріс жиі түрде табиғи жолмен жүреді. Мысалы, шоғырда қанығу қысымынан алғашқы қабаттық қысым жоғары болған кезде. Алғашқы уақытта серпімді режим, одан кейін басты орында еріген газ режимі болады. Ұқсас түрде, сулы аймақта инерцияның әсерінен немесе нашар өткізгіш шекаралардың болуынан серпімді суарынды режимнің түрленуі тежеледі. Инерцияның басқа себебі болып, қысымның төмендеуі кезінде қаңқаның ығысуы кенеттен емес кешігумен жүреді. Кен орынды табиғи қабаттық энергия көздерімен игеру аз тиімді және мұнай бергіштігінің аз коэффициентін аламыз. Бұл қабаттық қысымның, шоғырдан мұнайды алу мөлшеріне қарай, алғашқы энергиясының тез төмендеуіне байланысты. Сол уақытқа бар игеру режимнің тиімділігін арттыру үшін мұнай шоғырына жасанды әсер етулер жүргізіледі. Бұндай кезде шоғыр жұмысының бар режимінің сипатын өзгертуге болады немесе берілген шарттарда оны тиімді ауыстыруға болады.

Қазіргі уақытта кен орынды игерудің негізгі түрі қабаттық қысымды ұстау болып табылады. Қабаттық қысымды ұстау әдістері, қабатқа агенттерді енгізу әдісі бойынша және олардың құрамы мен қасиеттері бойынша ажыратылады.

Қабаттық қысымды ұстау үшін қабатқа суды, полимердің су ерітінділерін, сілтілі ерітінділерді, көбіктерді, газды, көмірқышқыл газын,

буды, эмульсияларды, мицеллярлы ерітінділерді т.б айдайды. Әр нақты жағдайда қабатқа қандай агентті айдауды таңдау мұнай және коллектордың қасиеттерімен, игерудің жүйесімен және басқа да себептермен анықталады. Бұл кезде қабатқа айдалатын агент екі негізгі қызмет атқарады: қабат қысымын ұстайды және өндіру ұңғымада мұнайды ығыстыру үрдісін жақсартады.

Айдалатын агент қабатқа айдалу ұңғымалар арқылы барады. Айдау ұңғымаларын кен орындарының ауданы бойынша орналастырады, ол берілген кен орындарының шарттарымен анықталады.

Мұнайдың тұтқырлығы жоғары кен орындарда жылулық әдістері қолданылады: бу айдау немесе қабат ішіндегі ошақты жану. Соңғы жағдайда жоғарғы температура әсерімен қабатта мұнайдың жарты бөлігі қарқынды жанады. Бұл үрдіс ыстық газдың көп мөлшерінгің түзілуіне әкеледі. Нәтижесінде қабатта қысым жоғарлайды және мұнайдың ығысуы жақсарады.

Газдалған сұйықтың қалыптаспаған фильтрациясы . Газ фильтрациясының теориялық негіздерін талқылау (жазық-радиалды қозғалыс).

Нақты шарттарда бұндай кен орынды игеру тек аралас режим шарттарында, қабаттық қысымды жасанды түрде, яғни нұсқа сыртыа су айдау немесе газ шапқасына газ айдау көмегімен мүмкін болады. Газ телпегінің көлемінен мұнай көлемінің 0,25 құрған кезде қысым 5,8% төмендейді. Осылайша ,кен орынның газ телпегінің режимінде игеру кезінде қабаттық қысым төмендейді және оның салдарынан (шығым төмендейді, фонтандау уақыты қысқарады, мұнай ұңғымасы газға жөнет.б. ауысады). Газ телпегінің режимінің шарттарында соңғы мұнай бергіштік, мұнайды сумен ығыстыру режиміндегідей болатын мөлшерге жетпейді және 0,4-0,5 аспайды. Бұл режимге газ факторының өсуі және ұңғымалардың мұнай қорын өндіруіне және газ шапқасының ұлғаю мөлшеріне қарай, таза газ өндіруге көшуі заңдылықты. Бұл режимде ұңғы өнімі суланбаған болады.

Көлемі бойынша өлшенген мұнайға қанығушылық:

$$\tilde{S} = \frac{1}{\Omega} \int_{\Omega} S d\Omega \quad (6.1)$$

мұндағы:

$$\Omega = \pi(r_K^2 - r_C^2)hm \quad - \text{кеніштің қуысты кеңістігінің көлемі.}$$

Кеніштің сарқылуының дифференциалдық тендеуі

$$Q_H dt = -\Omega d\tilde{S} \quad (6.2)$$

яғни,

$$Q_H = -\Omega \frac{d\tilde{S}}{dt} \quad (6.3)$$

Газ шығымы Q_Γ , орташа қысым $P' = \frac{\tilde{P}}{P_{ATM}}$ және қанығушылық $\tilde{S}$

арқылы атмосфералық қысымға келтіріліп мына түрде бейнеленеді:

$$Q_\Gamma dt = -d[\Omega\alpha_o\tilde{S}\tilde{P}' + \Omega(1-\tilde{S})\tilde{P}'] = -\Omega\alpha_o(\tilde{P}'d\tilde{S} + \tilde{S}d\tilde{P}') - \Omega[(1-\tilde{S})d\tilde{P}' - \tilde{P}' - d\tilde{S}] \quad (6.4)$$

6.4-ші формулаға енетін $\Omega\alpha_o\tilde{S}\tilde{P}'$ мен $\Omega(1-\tilde{S})\tilde{P}'$ мәндер қабатта еріген және газдың сәйкесті көлемдері атмосфералық қысымға келтірілген болып есептеледі. 8.4-ші формуладан мынаны аламыз:

$$Q_\Gamma = -\Omega\alpha_o\left(\tilde{P}'\frac{d\tilde{S}}{dt} + \tilde{S}\frac{d\tilde{P}'}{dt}\right) - \Omega\left[(1-\tilde{S})\frac{d\tilde{P}'}{dt} - \tilde{P}'\frac{d\tilde{S}}{dt}\right] \quad (6.5)$$

6.4-ші формуланы 6.5-ші формулаға бөле отырып, мынаны аламыз:

$$\Gamma = \Omega\alpha_o\left(\tilde{P}' + \tilde{S}\frac{d\tilde{P}'}{d\tilde{S}}\right) + \left[(1-\tilde{S})\frac{d\tilde{P}'}{d\tilde{S}} - \tilde{P}'\right] \quad (6.6)$$

$$\Gamma = \tilde{P}'(\alpha_o - 1) + \frac{d\tilde{P}'}{d\tilde{S}}[\tilde{S}(\alpha_o - 1) + 1]$$

Жеткілікті дәлдікпен былай қабылдауымызға болады:

$$\tilde{P}' \cong P_K' \quad \text{және} \quad \tilde{S} \cong S_K \quad (6.7)$$

Онда 6-шы формула былай жазылады:

$$\Gamma = P_K'(\alpha_o - 1) + \frac{dP_K'}{dS_K}[S_K(\alpha_o - 1) + 1] \quad (6.8)$$

Басқа жағынан:

$$\Gamma = P_K'[\mu_o G(S_K) + \alpha_o] \quad (6.9)$$

$$\Gamma = \frac{\mu_H}{\mu_\Gamma} P_K' [G(S_K) + a]$$

$$a = \frac{\mu_\Gamma}{\mu_H} \alpha_o$$

6.9-шы формуламен 8.8-ші формуланы теңестіре отырып және айнымалыларды (переменные) бөле отырып, мынаған ие боламыз:

$$\frac{dP_K'}{P_K'} = \eta(S_K) dS_K \quad (6.10)$$

$$\text{мұнда} \quad \eta(S_K) = \frac{\mu_o [G(S_K) + a] - \alpha_o + 1}{S_K(\alpha_o - 1) + 1}; \quad \mu_o = \frac{\mu_H}{\mu_\Gamma}$$

8.10-шы өрнекті интегралдай отырып мынаны аламыз:

$$\int_{P'_H}^{P'_K} \frac{dP'_K}{P'_K} = \int_{S_H}^{S_K} \eta(S_K) dS_K \quad \text{мынаны табамыз:}$$

$$\ln \frac{P'_K}{P'_H} = \int_{S_H}^{S_K} \eta(S_K) dS_K, \quad \text{бұдан} \quad P'_K = P'_H e^{\psi(S_K)} \quad (6.11)$$

мұндағы:

$$\psi(S_K) = \int_{S_H}^{S_K} \eta(S_K) dS_K \quad (6.12)$$

8.12-ші теңдеу нұсқадағы қысым мен қанығушылық арасындағы тәуелділікті белгілейді.

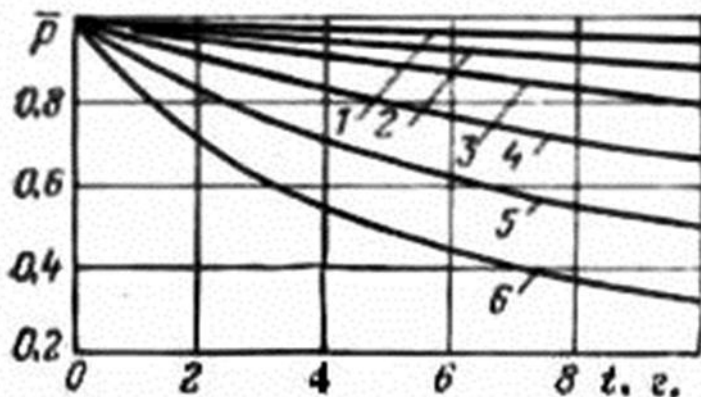
8.9-ші формуланы ескере отырып, 8.5-ші теңдеу былай жазылады:

$$Q_H = -\Omega \frac{dS_K}{dt} \quad (6.13)$$

Бұл режим газ шапкасында тұрақталған қабаттық энергияның көзі, серпімді газ болатын, геологиялық шарт барысында іске асады. Ол үшін шоғыр шеткі жағынан өткізгіштігі нашар жыныстармен немесе тектоникалық бұзылыстармен шектелуі керек. Егер нұсқа сыртында су болса, ол қарқынды болмауы керек. Мұнай шоғыры газ шапкасымен әсерлесуде болуы керек. Бұндай жағдайларда алғашқы қабат қысымы, қанығу қысымына тең болады, өйткені шоғырдың дренаждалуы газ шапкасының үздіксіз ұлғаюының есебімен жүреді және мұнай үнемі газбен әсерлесуде болады.

Бұндай шоғырды игеру барысында орташа қабаттық қысымның өзгеру жылдамдығы, игерудің жылдамдығына, газ шапкасының және шоғырдың мұнайқаныққан бөлігіне тәуелді әр түрлі болуы мүмкін.

Бұндай шоғырды сұйық және газы бар сауыт ретінде қарастыруға болады, бұл кезде сұйықты алу газдың ұлғаюымен жүреді. 7.1-сурет. Газ шапкасының режимінде, шоғырда игеру үрдісінде, уақыт аралығында қабаттық қысымның өзгеруінің есептік нәтижелері келтірілген.



6.3-сурет. Мұнай жиегінің газ шапкасының көлемдерінің әр түрлі қатынастарында өлшемсіз орташа интегралды қабаттық қысымның уақыт аралығында өзгеруі.

1- ($n=0.25$); 2- ($n=0.25$); 3- ($n=1$);

4- ($n=2$); 5- ($n=4$); 6- ($n=8$)

Суреттен , қабаттық қысымның қисық сызықтық заңмен өзгеретін және қысымның қисық сызықтық заңмен өзгеретінін және қысымның төмендеу темпі жоғары болған сайын, газ телпегінің мұнай шоғырына қатысты аз болатынын көреміз (n - болған сайын). Мұнай көлемінің газ телпегінің алғашқы көлемінен төрт есе жоғары болу кезінде, он жылдан кейін қысым 50 % ($P=0.5$) төмендейді.

I) мұнайгаз кеніштерінің түрлері.

Мұнайгаз кеніштерінде мұнай мен газдың жату жағдайы бойынша және мұнайлылық бөлігі мен газ шапкасы көлемдерінің қатынасы бойынша үлкен айырмашылықтарымен ерекшеленеді. Мұнай мен газ қорларының қатынасына тәуелсіз болады. Мұнайлылық бөлігінің жату (орналасу) сиппатамасы бойынша МГК-рін үш түрге бөлуге болады:

Бұл кенішті пайдалану барысында су-мұнай шекарасынан газ мұнай шекарасы жақындасуының нәтижесінде 1-ші және 2-ші түрге көшуі мүмкін.

Мұнай мен газдың орналасу жағдайлары пайдалану үрдісінің сипатын анықтайды, оларды мұнай-газ кенішін игеру жүйесін таңдау кезінде ескеру қажет.

Газшапкасы көлемдерінің ара қатынасы, мұнай шоғырының биіктігі мен ені, таза мұнай және газ асты аймағының ені, мұнайдың қозғалу коэффициенті және кенішті қоршаған судың (активность) әрекеттілігі де әсер етеді.

Газ шапкасындағы тұрақты қысым кезінде мұнай-газ кенорнын игерудің ерекшелігі

Қабатқа айдалатын газ кенішінің барлық өнімді бөлігіне бір қалыпты таралады деп есептейміз. Газбен мұнай шығындары үшін материалдық баланс теңдеуі мына түрге ие болады:

$$Q_z = -\frac{d}{dt} [\Omega_n \alpha_o S_{cp} P_{cp} + (1 - S_n) \bar{P}_{cp}] \quad (6.14)$$

$$Q_n = -\frac{d}{dt} [\Omega_n S_n] \quad (6.15)$$

Қабаттың газдылық бөлігінде мына шарт орындалуы тиіс:

$$d(\Omega_z P_z) = 0 \quad (6.16)$$

мұндағы:

Ω_n – қабаттың мұнайлы бөлігінің ағымдағы көлемі;

Ω_g – газ шапкасының ағымдағы көлемі;

α_o – мұнайдағы газдың көлемді ергіштік коэффициенті;

S_n – мұнайға қанығушылық;

$\bar{P}_{cp} = \frac{P_{cp}}{P_{атм}}$ - мұнайға қаныққан аймақтағы орташа өлшенген

қысым;

P_g – газ шапкасындағы ағымдағы қысымы;

Газ шапкасының көлемінің бастапқы мәнінен $\Omega_{ог}$ және ондағы қысымды $P_{ог}$ ағымдағы Ω_g -мен $\bar{P}_{cp}$ - ға дейін 6.3-ші теңдеуді интегралдағаннан соң келесі өрнекті табамыз:

$$\Omega_z = \Omega_{oz} \frac{P_{oz}}{\bar{P}_{cp}} \quad (6.17)$$

Есептің берілген шарты бойынша кеніш тұйықталған болғандықтан, игеру барысында Ω_n төмендейтіні, ал Ω_g үлкейетіні түсінікті.

Бұл кезде жалпы көлем өзгеріссіз қалады, яғни :

$$\Omega_n + \Omega_g = \text{const} \quad (6.18)$$

осыдан

$$\Omega_n = \Omega - \Omega_g = \Omega - \Omega_{oz} \frac{P_{oz}}{\bar{P}_{cp}} \quad (6.19)$$

Бастапқы қабат қысымы қаныққан қысымға ($P_{нас}$) жақын болғандықтан газ факторын жазуға болады. Газ факторын былай жазамыз:

$$\Gamma = \frac{Q_z}{Q_n}$$

$$\Gamma = \frac{\alpha \left[\left(\Omega - \Omega_{oz} \frac{P_{oz}}{\bar{P}_{cp}} \right) \alpha_o S_n \bar{P}_{cp} + \left(\Omega - \Omega_{oz} \frac{P_{oz}}{P_{cp}} \right) (1 - S_n) \bar{P}_{cp} \right]}{\alpha \left[\left(\Omega - \Omega_{oz} \frac{P_{oz}}{\bar{P}_{cp}} \right) S_n \right]} \quad (6.20)$$

Тек қана мұнайлылық бөлігі пайдаланылатындықтан, газ факторы былай болады:

$$\Gamma = \bar{P}_{cp} [\mu_{oz} G(S_n) + \alpha_o] \quad (6.21)$$

$$\mu_{oz} = \frac{\mu_n}{\mu_z}, \quad G(S_n) = \frac{k_z}{k_n}$$

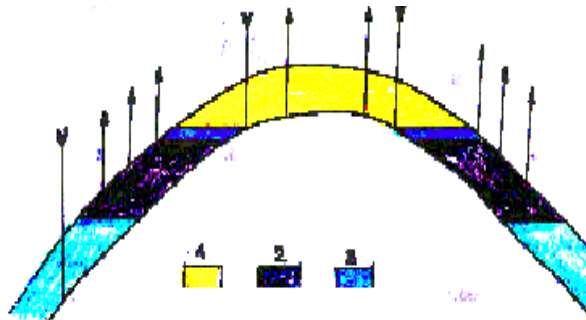
6.7-ші мен 6.8-ші теңтеуді теңестіре отырып және алынған теңсіздіктерді $P_{ог}$ -нан $\bar{P}_{cp}$ -ға дейін және $S_{он}$ -нан S_n -ге дейін интегралдай отырып мынаны аламыз:

$$\ln \frac{\Omega \bar{P}_{cp} - \Omega_{oz} P_{ог}}{P_{ог} (\Omega - \Omega_{oz})} = \int_{S_{он}}^{S_n} \frac{[\mu_{oz} G(S_n) + 1] dS_n}{(S_{он} - 1) S_n + 1 - [\mu_{oz} G(S_n) + S_{он}] S_n \frac{\Omega_{oz} P_{ог}}{\Omega \bar{P}_{cp}}} \quad (6.22)$$

Игеру үрдісі барысында $Q_n = \text{const}$ деп есептеп 7.2-ші теңдеуден игеру уақытын табуға болады:

$$t = \frac{\Omega_{он} S_{он} - \Omega_n S_n}{Q_n} \quad (6.23)$$

Мұнай-газ кенішінен мұнайдың ең үлкен мөлшерін алу үшін, қабаттан оның үлкен бөлігін алуға газбен емес, керісінше сумен ығыстыру арқылы қол жеткізуге болады. Мұндай шарт (жоғарыдағыдай), егерде игерудің барлық (мерзімі) уақытының ішінде газ-мұнай шекарасы жылжымайтын (қозғалыссыз) болса ғана орындалады. Бұған екі жолмен қол жеткізуге болады: Барьерлі су айдау арқылы немесе өнімді алу аймағы мен газ шапқасындағы қабат қысымын ($P_{пл}$) теңестіру арқылы: Газ шапқасынан көлемді газ алу нәтижесінде газ көлемі ұлғаяр еді. Айдау ұңғысының барьерлі қатары мұнайлылықтың ішкі нұсқасының сызығына орналасады.



6.4-сурет

Мұнай мен еркін газ қорларын бөліп тұратын сулы барьер газдың пайдалану ұңғысына қарай енуіне және мұнайдың газ шапқасына қарай көптеп кіруіне жол бермейді. Бұл әдіс мұнайға қаныққан бөліктерден (аймақтардан) мұнайды және газ шапқасынан газды бір мезгілде өндіруді жүзеге асыруға мүмкіндік береді.

Жылжымайтын газ-мұнай шекарасы кезінде 2-ші вариантты қарастырамыз.

Газ шапқасының бастапқы көлемі - Ω_0 кез-келген уақыт сәтіндегі газ шапқасының көлеміне Ω тең болады, ал газ шапқасындағы газдың қысымы көлемі $P_K = \bar{P}_{cp}$ -ға тең болады, яғни:

$$\Omega_K = \Omega_0 \quad (6.24)$$

$$P_K = \bar{P}_{cp} \quad (6.25)$$

Сонда жалпы газ өндіру былай болады:

$$Q_{жалпы} = \Omega_0 (P_0 - P_{cp}) \quad (6.26)$$

Қалыпты жағдайды (қалыпты шартқа) түзете отырып келесі өрнекті жазамыз:

$$Q_{об} = \frac{273}{T} \cdot \frac{\Omega_{oz} (P_{oz} - P_{cp})}{\epsilon_z(P)} \quad (6.27)$$

мұндағы: T – қабаттың абсолюттік температурасы;

$\epsilon_z(P)$ – газдың сығымдылық коэффициенті (қысымға байланысты);

Материалдық баланс теңдеуі мына түрде бейнеленеді:

$$Q_z = -\frac{d}{dt} [\Omega_n \alpha S_n P_{cp} + \Omega (1 - S_n - S_e) \bar{P}_{cp}] \quad (6.28)$$

$$Q_n = -\frac{d}{dt}[\Omega_n S_n] \quad (6.29)$$

$$Q_\epsilon = -\frac{d\Omega_n}{dt} \quad (6.30)$$

6.29-шы және 6.30-ші теңдеулерден мұнайлылық бөлігінің көлемін табамыз:

$$\Omega_n = \Omega_{он} \exp \int_{S_{он}}^{S_n} \frac{dS_n}{\frac{Q_n}{Q_\epsilon} - S_n} \quad (6.31)$$

6.29-ші және 6.30-шы формулалардан 6.31-ші теңдеуді ескере отырып қабаттың сыртқы жылжымайтын шекарасындағы мұнайға қанығушылыққа тәуелді болатын мұнай бөлігіндегі қысымның өзгеруін анықтаймыз:

$$P_{cp} = P_{оз} \exp \int_{S_{он}}^{S_n} \frac{\mu_{оз} G(S_n) + 1 - (1 - S_\epsilon) \frac{Q_\epsilon}{Q_n} dS_n}{[(\alpha_o - 1)S_n - S_\epsilon + 1] \left(1 - \frac{Q_\epsilon}{Q_n} S_n \right)} \quad (6.32)$$

Тақырыпты бекітуге арналған сұрақтар:

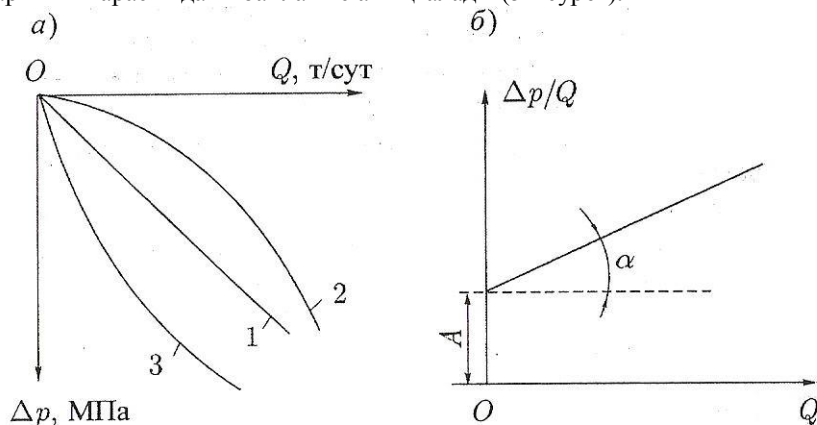
1. Сұйықтардың қабаттан ұңғымаға келуі ненің есебінен жүреді?
2. Суарынды режим кезінде сумен толтырылған қабаттың көлемінде қандай өзгеріс болады?
3. Қанығу қысымын қалай анықтайды?
4. Қабаттық қысымды ұстау үшін қабатқа не айдайды?
5. Газдалған сұйықтың қалыптаспаған фильтрациясы жайында не білесіз?
6. Газ телпегінің көлемінен мұнай көлемінің 0,25 құрған кезде қысым неше пайызға төмендейді?
7. Газбен мұнай шығындары үшін материалдық балланс теңдеуі қандай?
8. Газ шапқасындағы тұрақты қысым кезінде мұнай-газ кенорнын игерудің ерекшелігі қандай?
9. Мұнай мен газдың орналасу жағдайлары нені анықтайды?

КЕУЕКТІ ҚАБАТТАҒЫ СҰЙЫҚТЫҢ НЕМЕСЕ ГАЗДЫҢ ЖАЗЫҚ ҚАЛЫПТАСҚАН РАДИАЛДЫ ЕМЕС АҒЫНЫ

1. Жазық ағынды зерттеу әдісі туралы түсінік.
2. Массалық дебитті есептеу.
3. Изобара теңдеуі.
4. Ұңғы дебиті формуласының қорытындысы.
5. Ұңғылар интерференциясы.
6. Ұңғылар батареясының жұмыс режимдері.

Бос бетті сұйықтық ағынындағы пайдалану ұңғысының өнімі. Индикаторлық диаграммалар.

Бұл әдісті мұнай, газ, газдыконденсатты, айдау және кез келген әдіспен пайдаланылып тұрған ұңғыларды зерттеуде қолданылады. Осы әдісті қолданған кезде, өндіру ұңғыларының өнімі (айдау ұңғыларының қабылдағыштығы) мен ұңғы жұмысының қалыптасқан режиміндегі түп қысымдары ΔP арасындағы байланыс анықталады (51-сурет).



7.1-сурет - Индикаторлы диаграммалар

Осы байланыстарды индикаторлы диаграммалар деп атайды. Қабат қысымы $P_{\text{қаб.}}$ орнына жұмысшы ұңғылар арасындағы қабаттағы қалыптасқан динамикалық қабат қысымын алады. Индикаторлы диаграммаларды құрау үшін бірнеше нүктелерді қабылдау қажет. Координаталар басындағы нүктелер $P_{\text{түп.}} = P_{\text{қаб.}}$ болғанда пайда болады, яғни ұңғы тоқтаған кезде болады.

Индикаторлы диаграммалар тік сызықты, қабаттың түп аралық аймақтағы сұйықтық фильтрациясының режиміне байланысты өнімдер осінің қатынасына байланысты дөңес немесе ойысты боуы мүмкін (7.1-сурет). Тік сызықты индикаторлы диаграмма келесі жағдайда пайда болады: ұңғының жұмыс жасау режимі арында және қабатта Дарси заңы бойынша біртекті

сұйықтықтың фильтрациясы қалыптасқан кезде. Сұйықтықтың ұңғы түбіне ағып келу ағысы Дюпий теңдігімен анықталады:

$$Q = \frac{2\pi Rh(P_{пл} - P_{зав})}{\mu \ln \frac{R_k}{r_c}}, \quad (7.1)$$

$$K = \frac{2\pi Rh}{\mu \ln \frac{R_k}{r_c}}, \quad (7.2)$$

Былай белгілесек, онда (37) теңдігі мынадай күйге асуысады:

$$Q = K(P_{пл} - P_{зав}) = K\Delta P, \quad (7.3)$$

Мұндағы, K – ұңғының өнімділік коэффициенті,

$$K = \frac{Q}{\Delta P}, \frac{m \cdot m_{жл}}{МПа}, \quad (7.4)$$

Яғни, өнімділік коэффициенті қысымның 1 МПа-ға ауытқу кезіндегі ұңғының тәуліктік дебитіне тең.

$P_{зав} = 0$ -ге тең болғанда ұңғының максималды өнімділігін потенциалды деп атайды. Потенциалды дебитке жақын сұйықтықты алу келесі жағдайда мүмкін: ұңғыда зумпф болғанда (өнімді қабаттан төменірек орналасқан деңгейдегі тереңдік). Мұда қабатқа қарсы қысым атмосфералы қысымға тең немесе төменірек болуы мүмкін.

Өнімділік коэффициенті ұңғының барлық жұмыс жасау режиміндегі фильтрацияның сызықтық заңы орындалса тұрақты болып табылады. Дөңес формаға ие индекаторлы диаграммалар (7.1-сурет а, 2-ші қисық) қабаттағы біртекті сұйықтықтың фильтрациясы сызықтық емес заңға бағынатынын көрсетеді. Мұндай диаграммалар жарықшақты коллекторларға ие ұңғыларға да тән. Түп қысымының азаюы кезінде инерциялық күштер көбееді, жарықтақтардың көлемі азаяды. Инерциялық күштердің күшеюі немесе жарықташтардың өткізгіштігі азаюы әсерінен (немесе осы екі фактордың да болуы кезінде) индекаторлы сызық қисаяды (өнімдер осіне қарай дөңестеледі). Ұңғының түбіне ағып келетін сұйықтық сонда мына теңдікпен сипатталады:

$$Q = K\Delta P^n, \quad (7.5)$$

Мұндағы, n – фильтрацияның көрсеткіші.

Фильтрацияның сызықтық емес заңында өнімділік коэффициенті K - тұрақсыз мән болады және депрессияға тәуелді.

Егер, индикаторлы сызық бірінші тік болса, ал содан соң өнімдер осіне қарай дөңестелсе, бұл бастапқы сұйықтықтың фильтрациясы аз депрессияда және сызықтық заң бойынша жүргізіліп, содан соң қысым төмендеген сайын сұйықтық жылдамдылығы жоғарлап, фильтрация сызықтық емес заңға бағына бастағын туралы айтады.

Өнім осіне қарай ойысталған индикаторлы сызық (7.1-сурет а, 3-ші қисық) ұңғыны қалыптаспаған режимде зерттегенде туындауды. Бұл жағдайда ұңғының зерттелуін қайталауымыз қажет.

Ұңғылардың қалыптаспаған режимде жұмыс істеген кезде индекаторлы сызықтар келесі себептермен туындайды:

- қабатқа депрессия жоғарлаған сайын өткізгіштігі аз қабаттардың немесе қабатшалардың жұмысқа біртіндеп кіруі;
- сұйықтықтың жоғарғы жылдамдытағы фильтрациясы әсерінен кеуекті каналдардың тазаруы нәтижесінде өнімділік қабат өткізгіштігінің артуы;
- ұңғыма бір режимнен екінші режимге ауысқанда түп қысымдары өзгеруі периодында түпаралық аймақ жарықшақтарының біресе бітелуі біресе ашылуы (бұл айдау ұңғыларына тәе сипаттама);
- ньютонды емес мұнайды камтитын кен орындарды зерттеген кезде;

ағыстың теңдіктері үшін (41) типті парабоалық формулалар индикаторлы сызықтарды Дарси заңынан ауытқу жағдайларында толығымен сипаттамайды. Қысым градиенті үшін формуланың дұрыс жазылуы мынадай:

$$\frac{\Delta P}{\Delta X} = \frac{\mu}{R} v + b v^2, \quad (7.6)$$

Мұндағы, $\Delta P - \Delta H$ ұзындықты аймақтағы қысымның төмендеуі; μ – мұнайдың тұтқырлығы; R – өткізгіштік коэффициенті; v – фильтрацияның жылдамдығы; b – кеуекті кеңістіктің геометриясына және фильтрлеуші ортаның тығыздығына байланысты коэффициент.

(7.7) формуласы келесі мағынаға ие: сұйықтықтың қозғалысы кезінде нақты аймақтағы қысымның ауысымы үйкеліс күшінен және сұйықтық пен газдың инерциясын өтіп кетуге шығындалады. Олар қабаттардағы кеуектердің иілмелілігінен туындайды. Инерция күші жылдамдық жылдамдығының квадратына тура пропорционал. Бұл фильтрация жоғары болған сайын инерцияның әсері соншалықты жоғары болатындығы туралы айтады.

(7.7) формуласында негізгі рольды бірінші мән ойнады, яғни қозғалыс фильтрацияның сызықтық заңы бойынша жүреді. Индикаторлы қисықтың сызықтық емесетігі екінші мәнің жоғарылап кетуімен түсіндіріледі. Бұл фильтрацияның жоғарғы жылдамдығына тән. Фильтрация жылдамдығы ұңғының өніміне тура пропорционал шартында, фильтрацияның екі мәні индикаторлы сызықтың теңдігіне сәйкес келеді:

$$\Delta P = A Q + B Q^2, \quad (7.7)$$

Мұндағы, A, B – мұнай ұңғылары үшін тұрақты коэффициент; Q – мұнайдың өнімі;

(7.7) формуласын келесі түрде жазуға болады:

$$\frac{\Delta P}{Q} = A + B Q \quad (7.8)$$

Осы теңдіктің графигі A кесіндісі бар тік сызық болып келеді. A кесіндісі тік сызықты ордината осінен бастап α иілген тангенс бұрышына дейін кесіп өтеді (51-сурет б). Зерттеулердің нәтижеслері бойынша қалыптасқан режимдерде өткізгіштік коэффициентін анықтауға болады. Бұл коэффициент нақты қабат аймағы мен түп аралық қабат аймағының орташа өткізгіштігі болады. Ол қабаттың түп аралық жағдайын сипаттайды. Бұл өткізгіштікті коэффициент шартты түрде өткізгіштіктің «орташа» коэффициенті деп аталады:

$$R_{CP} = 0,366 \frac{\mu}{h} K \lg \frac{R_k}{r_C} \quad (7.9)$$

Мұндағы, μ – қабат жағдайындағы мұнайдың тұтқырлығы; h – өнімді қабаттың қалыңдығы; K – өнімділік коэффициенті; R_k – коректену контурының радиусы; r_C – ұңғының радиусы.

Есептеулерде R_k шамамен көрші ұңғылардың арасындағы қашықтықтың орташа мәнімен алынады.

Геологиялық шаралардың басында және соңында жүргізілген ұңғылардың зерттеуі (қабатты гидравликалық жару, қышқылды өндеу және т.б) өнімділік коэффициенті өзгерген кезде, осы шаралардың тиімділігін бағалауға мүмкіндік береді. Ұңғч түбіне қабат сулары ағып келген жағдайларда су өндіруін жоғарлату өнімділік коэффициентінің төмендеуіне әсеп соқтырады. Себебі осы жағдайда мұнайға арналған фазалық өткізгіштік азаяды. Ұңғыға басқа сулар ағып кетсе (ұңғыға айдалатын су) өнімділік коэффициенті өзгеріссіз қалады.

Жұмыс жасап тұрған ұңғылардағы өнімділік коэффициентінің төмендеуі қабаттың түп аралық аймағының ластанғаны туралы айтады. Айдау ұңғыларының қабылдағыштығы коэффициентінің төмендеуі көбінесе кеуектердің парафиндермен немесе басқа механикалық қоспалармен бітелуі нәтижесінде болады.

Пайдалану ұңғысының бірінші фазасын зерттеу.

Қалыптасқан жағдайлардың бірінен соң бірі өзгеру әдісін қолдана отырып, ұңғыма шығымы келесі формула бойынша анықталады:

$$Q = \frac{2\pi kh}{\mu} \frac{(P_{\kappa} - P_c)}{\ln \frac{r(t)}{r_c}} \quad (7.10)$$

мұндағы:

$$r(t) = r_c + \sqrt{\pi \chi t} \quad (7.11)$$

Бұл формула ұңғыманың түп қысымының әсері тұтыну нұсқасына жеткен мезгілге дейін $P_c \rightarrow P_{\kappa}$

б) екінші фазасын зерттеу

$$P = P_{\kappa} - \frac{Q\mu}{2\pi kh} \ln \frac{r_{\kappa}}{r}$$

$$Q = \frac{2\pi kh}{\mu} \frac{(P_{\kappa} - P_c)}{\ln \frac{r_{\kappa}}{r_c}} \quad (7.12)$$

Кеніштің сарқылу формуласы негізінде:

$$Qdt = -\beta * V_n dP_{cp} \quad (7.13)$$

және 7.12 формуланың негізінде мынаған ие боламыз:

$$\frac{2\pi kh(P_{\kappa} - P_c)}{\mu \ln \frac{r_{\kappa}}{r}} dt = -\beta * \pi(r_{\kappa}^2 - r_c^2) h dP_{cp} \quad (7.14)$$

мұндағы:

t – 2-ші фазаның басынан бастап есептелінетін уақыт.

P_{cp} мен P_{κ} айнымалы шамалар болатынын ескеріп 7.14-шы формуланы дифференциалдай отырып мынаны анықтаймыз:

$$P_{cp} = \frac{D}{\ln \frac{r_{\kappa}}{r_c}} dP_{\kappa} \quad (7.15)$$

мұндағы:

$$D = \frac{r_c^2}{r_{\kappa}^2 - r_c^2} \ln \frac{r_{\kappa}}{r_c} - \frac{1}{2} \quad (7.16)$$

7.15-шы формуланы 7.16-шы формулаға қоя отырып және интегралдап келесі өрнекке ие боламыз:

$$\frac{2\chi t}{r_{\kappa}^2 - r_c^2} = D \ln \frac{P_o - P_c}{P_{\kappa} - P_c} \quad (7.17)$$

егерде, $t=0$ және $P_{\kappa}=P_c$ кезінде келесі өрнекті жазамыз:

$$P_{\kappa} - P_c = (P_o - P_c) e^{-\frac{2}{D} \frac{\chi t}{r_{\kappa}^2 - r_c^2}} \quad (7.18)$$

$r_{\kappa} > r_c$ көп үлкен екенін ескере отырып, 7.12-ші формуланы 7.17-ші формулаға қоямыз:

$$Q = \frac{2\pi k h (P_o - P_c)}{\mu \ln \frac{r_{\kappa}}{r_c}} \exp\left(-\frac{2}{D} \frac{\chi t}{r_{\kappa}^2}\right) \quad (11.1.10)$$

$$D = \ln \frac{r_{\kappa}}{r_c} - \frac{1}{2}, \quad (7.11)$$

Тұрақты шығыммын пайдалануға енгізілген ұңғыдағы қалыптаспаған сұйық ағынның есептерін жуықтап шешу.

1) *Ұңғының жұмыс істеуінің 1-ші фазасын зерттеу.*

Жұмыстағы ұңғының әсері тұтыну нұсқасына жетпеген жағдайда, қалыптасқан жағдайды бірінен соң біріне ауысу әдісін қолдана отырып қабаттың кез-келген нүктесіндегі және ұңғыдағы қысымды келесі формулалар бойынша анықтауымызға болады:

$$P = P_o - \frac{Q\mu}{2\pi k h} \ln \frac{r(t)}{r} \quad (7.12)$$

$$P_c = P_o - \frac{Q\mu}{2\pi k h} \ln \frac{r(t)}{r_c} \quad (7.13)$$

мұнда:

$$r(t) = \sqrt{r_c^2 + 4\chi t} \quad (7.14)$$

2) *ұңғыманың жұмыс істеуінің 2-ші фазасын зерттеу.*

Екінші фаза кезіндегі (ағымдағы) кез-келген уақыт сәтінде ұңғы қабырғасындағы және қабаттың өткізбейтін шеңберлі шекарасындағы қысымның төмендеуін мына келесі формулалар сипаттайды:

$$P_o - P_c(t) = \frac{Q\mu}{4\pi k h} \ln\left(\frac{4\chi t_1}{r_c^2} + 1\right) + \frac{Q\mu}{\pi k h} \frac{\chi t}{r_{\kappa}^2 - r_c^2}, \quad (7.15)$$

$$P_o - P_{\kappa}(t) = \frac{Q\mu}{\pi kh} \bullet \frac{\chi t}{r_{\kappa}^2} \quad (7.16)$$

мұнда:

$$t_1 = \frac{r_{\kappa}^2 - r_c^2}{4\chi} \quad (7.17)$$

t_1 —бірінші фазаның аяқталу уақыты

7.15-шы формуланы ескере отырып 7.18-ші формуланы былай жазуға болады:

$$P_o - P_c(t) = \frac{Q\mu}{2\pi kh} \left(\ln \frac{r_{\kappa}}{r_c} + \frac{2\chi t}{r_{\kappa}^2 - r_c^2} \right) \quad (7.18)$$

Қабаттың кез-келген нүктесіндегі қысымның төмендеуіне Г.И.Боренблаттың формуласын қолдануға болады:

$$P_o - P = \frac{Q\mu}{2\pi kh} \left(\ln \frac{r_{\kappa}}{r_c} + \frac{r}{r_{\kappa}} - \frac{7}{6} + \frac{2\chi t}{r_{\kappa}^2} \right) \quad (7.19)$$

Бұны қолдану үшін, мына қатынас $\frac{\chi t}{r_{\kappa}^2} \geq \frac{1}{12}$ болу керек.

Сұйықтықтың қалыптаспаған ағынын бақылау. Изобар тендеуі.

Осы әдіспен ұңғыларды зерттеуде қабат пен ұңғы көрсеткіштерін анықтау ұңғының іске қосылу және тоқтаудан соң түп қысымының қайта тарату процесін қолдануына негізделген. Осы тәсіл арқылы ұңғының әрбір пайдалану әдісін зерттейді. Ұңғы жұмысының қалыптақан режимі өзгерген соң (іске қосылу немесе аяқталу), түп қысымының қалпына келу немесе төмендеу жылдадығы өлшенеді және уақыт бойынша түп қысымының қалпына келу графикі тұрғызылады. Зерттеу алдында, осы график бойынша және ұңғыдағы қалыптақан дебиттің мәні бойынша қабаттың фильтрлеуші қасиетін сипаттайтын негізгі көрсеткіштер есептелінеді.

Тұтқырлығы бойынша біртекті сұйықтыққа қаныққан және қалыпты қалыңдыққа ие біртекті қабатты пайдаланып жатқан ұңғының тоқтағаны кезінде, қысымның ұңғының түбінде қалпына келуі мына теңдікпен сипатталады:

$$\Delta P(t) = \frac{Q\mu b}{4\pi Rh} \ln \frac{2,25\chi}{r_{\text{КЕЛТ}}^2} + \frac{Q\mu b}{4\pi Rh} \ln t, \quad (7.20)$$

Мұндағы, $\Delta P(t)$ —уақыт бойынша түп қысымының жоғарылауы, МПа; Q —тоқтау алдында ұңғының қалыптасқан дебиті, м³/с; μ —қабат сұйықтығының тұтқырлығы, МПа·с; R —өткізгіштік коэффициенті, мкм²; h —қабаттың қалыңдығы м; χ —қабаттың пьезоөткізгіштік коэффициенті,

m^2/c ; $r_{КЕЛТ}$ – ұңғының келтірілген радиусы, м; t – ұңғының тоқтағаннан кейінгі уақыты, тәул; b – көлемдік коэффициент.

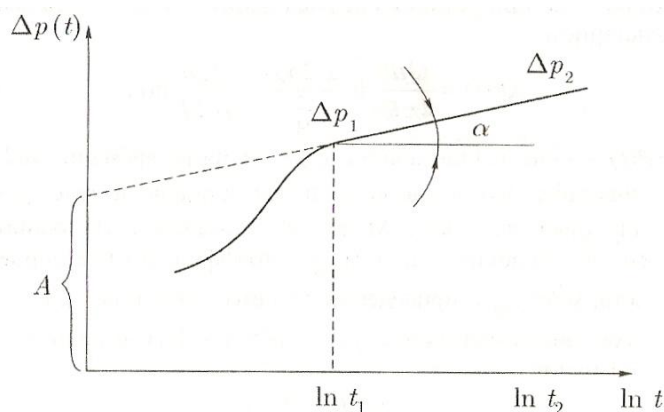
$$A = \frac{Q\mu b}{4\pi Rh} \ln \frac{2,25\chi}{r_{КЕЛТ}^2} + \frac{Q\mu b}{4\pi Rh} \ln t \quad (7.21)$$

$$i = \frac{Q\mu b}{4\pi Rh} \quad (7.22)$$

Деп белгілесек, онда (7.22) теңдігі келесі түрде болуы мүмкін:

$$\Delta P(t) = A + i \ln t$$

Осы теңдіктің графигі келесі түрге ие болады: ордината осін кесіп өтетін A кескіні бар және α бұрышына ие тік сызық (7.2-сурет).



7.2-сурет - Түп қысымының қалпына келу қисығы

Қысымның қалпына келу графигін қолдана отырып, (45) теңдігінен қабаттың өткізгіштік коэффициентін анықтаймыз:

$$R = \frac{0,183Q\mu b}{ih} \quad (7.22)$$

Ол үшін, графиктегі i бұрыштық коэффициентінің мәнін $tg\alpha$ етіп анықтауымыз қажет:

$$i = \frac{\Delta P_2 - \Delta P_1}{\ln t_2 - \ln t_1} \quad (7.23)$$

Өткізгіштік коэффициентін анықтағаннан соң, пьезоөткізгіштік коэффициентін анықтаймыз:

$$\chi = \frac{R}{\mu(m\beta_{ж} + \beta_c)} \quad (7.24)$$

Мұндағы, μ – сұйықтық тұтқырлығы; $\beta_{ж}, \beta_c$ – сәйкесінше, сұйықтық пен ортаның сығылу коэффициенттері; m – кеуектілік коэффициенті.

(7.24) теңдігіне табылған i және χ мәндерін қоя отырып, ұңғының келтірілген радиусын анықтаймыз:

$$r_{келт} = \sqrt{\frac{2,25\chi}{10^{A/i}}} \quad (7.25)$$

Қалыптаспаған режимде зерттеу өткізгіштікті және қабаттағы өткізбейтін аймақтарды анықтауға мүмкіндік береді. анықтау үшін, ұңғының зерттеуін 3-4 айдан соң қайталау қажет.

Түп қысымының қалпына келу қисықтарына қабаттың литологиялық шектеулері әсер еткен жағдайында, тіксызықты аймақтардың m_1, m_2, m_3 қиылысу нүктелері ордината осі бойынша бірдей арақашықтықта орналасады. Графиктің қисаюы берілген қабаттағы сұйықтықтардың әртүрлі тұтқырлығына байланысты болған жағдайында, қайта зерттеулер кезіндегі m_1, m_2, m_3 қиылысу нүктелері график осі бойынша оң жаққа қарау ауады (Қабаттың бөлек аймақтарындағы өткізгіштікті орташа өткізгіштікпен (өнімділік коэффициенті арқылы анықталған (41)) салыстыра отырып, қабаттың түп аралық жағдайы туралы баға беруге болады.

$\frac{R_{CP}}{R} < 1$ болған жағдайларда, бұл өткізгіштіктің төмен екендігін көрсетеді және қабаттың түпаралық аймағындағы өткізгіштікті жоғарлату мақсатында геолого-техникалық шараларды өткізу қажеттілігін айқындайды. Осы шараларға келесілерді жатқызуға болады: ұңғының түбін ыссы мұнаймен жуу, қабатты гидрожару, қабатты оксидатпен өңдеу, қышқылды

өңдеу және т.б. Егер, $\frac{R_{CP}}{R} \geq 1$ болған жағдайда, бұл түпаралық аймақтың

өткізгіштігі қабаттың бөлек аймақтарындағы өткізгіштікпен бірдей немесе одан да асып бара жатқанын көрсетеді және геолого-техникалық шаралардың жүргізу қажетсіздігін айқындайды. Қабаттың түпаралық аймағының жағдайы туралы, ұңғының гидродинамикалық жетілдірілгені туралы және ГТШ тиімділігі туралы ұңғының келтірілген радиусы $r_{келт}$ бойынша да бағалауға болады ((52) теңдік). Егер, ұңғы гидродинамикалық жетілдірілген болса, онда $r_{келт}$ мәні қашау бойынша ұңғының геометриялық радиусына тең болады.

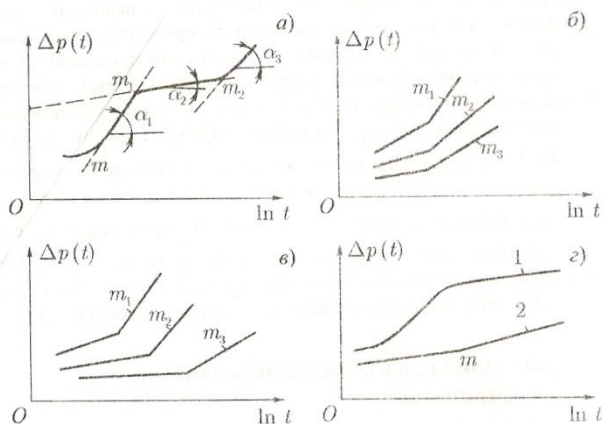
Егер, $r_{келт} < r_c$ болса, онда геолого-техникалық шараларды (ГТШ), қабатты

гидрожару процесін, қосымша перфорацияны, қышқылды өңдеуді және т.б. жүргізу қажет.

Қысымның қалпына келу қисықтарының формалары және олардың интерпретациясы

Табиғи жағдайларда қалыңдығы және жайылуы бойынша литологиялық біртекті қабаттар өте сирек кездеседі. Түпаралық аймақтың ластануы механикалық қоспалар, шайырлы-парафинді шөгінділер, гипс тұздары, темір тотығы және т.б. әсерінен болады. Салқын суды айдаған кезде немесе оның айдауын тоқтатқан кезде, тұтқырлы мұнайларды қабат немесе тұщы сулармен ығыстырғанда, қабаттардың сулануы кезінде сулы мұнайлы немесе газдымұнайлы контурлардың орын ауысуы кезінде сұйықтықтың тұтқырлығы да өзгереді. Түп қысымының қалпына келу қисықтарының түрлеріне келесі әсер етеді: бір уақытта қабатқа сұйықтықтың ағысын немесе берілісін тоқтатуға болмайды, ұңғы оқпанында және түпаралық аймағында газдың бөлінуі, ұңғы оқпанында немесе түпаралық аймағында жылу берілісі нәтижесінен қысымның өзгеруі және т.с.с.

Атылған факторлар түп қысымның қалпына келу қисық формасына әсер етеді, және ΔP мен $\ln i$ графиктері мен осы графиктердің теориялық нұсқаларының айырмашылығы өте қатты көрініп тұрады. Түп қысымының қалпына келу қисықтарының көп кездесетін формасы сурет 7.3а көрсетілген.



7.3-сурет - Бірнеше тік сызықты аймақтары бар түп қысымының қалпына келу қисықтары

Егер, қысымның қалпына келу қисықтары бойынша ұңғыларды зерттеу әдсінің барлық жағдайларын ескерсек, онда график иілімі $i = \lg \alpha$ болатын формаға және ордината осінде А кесіндісі бар тік сызықты иеленетін еді (7.3-сурет). Өндірістік практикада тіксызықтың бұзылуы

графиктің басында байқалады, бұл ұңғының тоқтағанынан кейін ұңғыға сұйықтық ағуын түсіндіреді (ұңғыны бірден токтату мүмкін емес, себебі, ысырмаларды жабу үшін уақыт қажет); сорапты ұңғыларда динамикалық деңгей статикалық деңгейге дейін көтеріледі; қысым жоғарлағанда ұңғының оқпанында сұйықтықтың сығылуы; қысым төмендеген кезде, ұңғының оқпаны бойынша өтіп бара жатқан мұнайдан бос газдың бөлінуі.

Қабаттың өткізгіштігі төмен, қанығу қысымы жоғары және газ факторы көп кейбір мұнай ұңғыларында графиктегі тіксызықтың шығу ұзақтығы 4 сағат және одан да көп созылады. Айдау ұңғылары үшін, қысымның қалпына келу графиктеріндегі тік сызық бірден пайда болады. Түп қысымының қалпына келу графигіндегі бастапқы сызықтар, ұңғының тоқтағаннан кейінгі ағыстың ағып келуіне байланысты (m нүктесіне дейін). Графиктің келесі жалғасуы m нүктесінен m_1 нүктесіне дейін, қатты иілімді бұрышқа және i_1 бұрыш коэффициентінің жоғарғы мәніне ие болады. Осы мәнді формулаға қоя отырып, өткізгіштік коэффициентінің ең төменгі мәнін аламыз. Ал бұл қабаттағы тұпаралық аймақтың қанағатсыз жағдайда екенін көрсетеді. Осы аймақта ұңғының жетілмеген дәрежесі көрініп тұр және ол ұңғының келтірілген радиусымен сипатталады $r_{келт}$. Ұңғыға ағып келетін біртекті сұйықтықтың радиоальды қалыптасқан ағысы үшін Дюпюи теңдігіне радиусты қойсақ:

$$Q = \frac{2\pi Rh(P_{КАБ} - P_{ТУП})}{\mu \ln \frac{R_K}{r_C}} \quad (7.26)$$

қабаттың көрсеткіштерін анықтаймыз. i_1 коэффициенті бар m_1 нүктесінен m_2 нүктесіне дейін аймақ қабаттың бөлек аймағындағы фильтрлеуші қасиеттерді бағалайды. Бұл ұңғыны қоршап тұрған қабаттың үлкен аймағы және ол біртекті өткізгішті жыныстардан құралған, тұрақты тұтқырлы сұйықтықпен қамтылған. Осы аймақтағы қабаттың қалыңдығы кеңістік бойынша бірдей. () формула бойынша анықталған осы аймақтағы өткізгіштік коэффициенті түп аралық қабаттың аймағындағы өткізгіштік коэффициентінен жоғары болады. m_2 нүктесінен кейін, графиктің бағыты қайтанадн өзгереді де, иілу бұрышы жоғарылайды. Иілу бұрышының жоғарылауы келесідей түсіндіріледі: өнімді қабаттың литологиялық сипаттамасының нашарлауы немесе сұйықтықтың тұтқырлығы жоғарлауы. Графиктің иілу бұрышына әсер ететін факторларды сурет).

Осылайша, қалыптаспаған режим әдісі бойынша ұңғыларды зерттеу, кенішті рационалды өндіру мақсатында, қабат бойынша қажетті көрсеткіштерді алуға көмектеседі. Әртүрлі геолого-техникалық шараларды өткізу алдында немесе өткізілгенен соң, зерттеулер нәтижелері бойынша қабаттағы өндірілген аймақтың тереңдігін анықтауға болады (7.3-сурет г).

Ұңғыны өндіру алдында тұрғызылған график 1 басында иілімнің жоғарғы мәніне ие болады, бұл тұпаралық аймақтың өткізгіштігі аз екендігін көрсетеді. Тұпаралық аймақты өндіргеннен соң, графиктің бастапқы аймағы 2 өзгере бастайды, ал көтерілген аймақ дәл сондай иілімге ие болады. Ұңғыны өндіру нәтижесінде қабаттың тұпаралық аймағындағы өткізгіштік жоғарылап кетті, ал өңдеу тереңдігін m нүктесіне дейін есептеуге болады деп қорытындылар шығаруға болады. Түп қысымының қалпына келу графикі бойынша жасалынған қорытындылар келесі жағдайда нақты болады: осы зерттеулерді көршілес ұңғыларда жүргізіп, алынған нәтижелерді бір бірімен салыстыру. Ұңғы окпанынан қабаттағы фильтрлеу қасиеті өзгеретін аймаққа дейін арақашықтықты анықтау үшін, В.Н.Щелкачев профессорымен ұсынылған, бір ұңғы тоқтағаннан кейінгі үздіксіз қабаттағы қысымның таралу формуласымен пайдалануға болады:

$$\Delta P(t) = \frac{Q\mu b}{4\pi Rh} (0,8091 + \ln F_0) \quad (7.27)$$

Мұндағы, F_0 - Фурьенің өлшемсіз көрсеткіші, қабаттағы қысымның таралуын сипаттайды. қалған көрсеткіштер баяғыдай:

$$F_0 = \frac{\chi t}{R^2} \quad (7.28)$$

Мұндағы, χ - пьезоөткізгіштіктің коэффициенті, м/с; t - ұңғының тоқтағаннан кейінгі уақыт, с; R - қазіргі радиус, м.

Егер, $F_0 = 0,1$ болса, онда түп қысымы 90 %-ға қалпына келеді, егер, $F_0 = 0,5$ болса, онда қысым қалпына келеді және қысымды қабат қысымы деп алуға болады. Бұл жағдайда $\Delta P(t) \rightarrow 0$ және (179) теңдігі келесі түрге ие болады:

$$0,8091 + \ln F_0 = 0 \quad (7.29)$$

$$0,8091 + \ln \chi t - 2 \ln R = 0 \quad (7.30)$$

Осыдан, ұңғының окпанынан қабаттағы әрбір нүктеге дейін арақашықтықты анықтауға болады:

$$R = 1,5\sqrt{\chi t} \quad (7.31)$$

Осы формуланы қолдану үшін, $\Delta P, \ln t$ координаталарында түп қысымының қалпына келу графикін тұрғызу қажет. Тік сызықты аймақ бойынша өткізгіштік коэффициентін R анықтайды және формула бойынша пьезоөткізгіштік коэффициентін χ есептейді, графикте m нүктесін бекітеді, содан соң иілу бұрышын анықтайды. Қиылысу нүктесінде уақыттың t мәні және χ мәні формулаға қойылады. Түп қысымының қалпына келу әдісін

қолданыла бастағаннан бері ұңғыға әсер ету зерттеулері де жүргізіліп жатыр. Ол үшін, бір ұңғының жұмыс жасау режимін өзгертеді, ал көршілес ұңғылардың түп қысым өзгерістерін бақылайды. Түп қысымының қалпына келу жылдамдығы арқылы қабаттың көрсеткіштерін есептейді.

Тақырыпты бекітуге арналған сұрақтар:

1. Бос бетгі сұйықтық ағынындағы пайдалану ұңғысының өнімі қалай анықталады?
2. Индикаторлық диаграммалар қалай құрылады?
3. Пайдалану ұңғысының бірінші фазасын зерттеуге не жатады?
4. Кеніштің сарқылу формуласы қандай?

ЖЕРАСТЫ ГИДРАВЛИКАСЫНЫҢ ЖАЛПЫ ДИФФЕРЕНЦИАЛДЫҚ ТЕНДЕУЛЕРІ

1. Дарси заңының жалпыланған түрі.
2. Мүмкін қозғалыс теңдеуі.
3. Қисық сызықты координаттағы үздіксіздік теңдеуі.

Негізгі дифференциалды теңдеулер. Ұңғы өнімділігі.

Ұңғы түбіне сұйықтықтың құйылуы қабат және түп қысымдар айырмашылығына байланысты. Сұйықтықтың қабатта өте аз жылдамдықпен қозғалғандықтан, ол Дарсидің сызықтық заңына бағынады.

Қабат қалыңдығы тұрақты түбі ашық ұңғыларда мұнай ұңғы түбіне сәйкес-радиалды бағытта қозғалады. Егер ұңғы көп уақыт бойы тұрақты қысымда жұмыс жасап тұрса, фильтрация жылдамдығы және қабаттың барлық нүктесіндегі қысым уақыт бойынша өзгеруін тоқтатады. Ағыс қалыптасқан болып саналады.

Дарси заңы бойынша сұйықтықтың қалыптасқан тегіс радиалды ағыны үшін ұңғы дебитін келесі формуламен анықтайды

$$Q = 2\pi kh(P_{пл} - P_3) / \mu \ln P_k / r_c \quad (8.1)$$

Бұл формула Дюпюи формуласы деп аталады. Оны гидродинамикалық аяқталған ұңғылардың дебитін есептеу үшін қолданады. Оған қабатты қалыңдығы бойынша толығымен ашатын түбі ашық ұңғылар жатады.

Егер ұңғының түбі ашық болып қабатты қалыңдығы бойынша толығымен ашпаса, ашылу дәрежесіне байланысты гидродинамикалық аяқталмаған деп аталады.

Егер ұңғы қабатты қалыңдығы бойынша толығымен ашып, бірақ қабатпен перфорация арқылы байланысса ұңғы гидродинамикалық аяқталмаған болып саналады.

Аяқталмаған ұңғыларды ашылу сипатына байланысты және ашылу дәрежесіне байланысты деп екіге бөледі.

Сұйықтық қатар ретінде біріктірілген цилиндрлік беттер арқылы біртіндеп қозғалады. Ұңғыға жақындаған сайын бұл беттердің ауданы кішірейеді. Гидродинамикалық аяқталмаған ұңғының оқпанында сұйықтықтың тегіс радиалды формасы өзгереді, және сұйықтық ағысының фильтрациялануына қарсы кедергілер пайда болады. Осыған байланысты Дюпюи формуласына қосымша фильтрациялық кедергілер коэффициенті енгізілген:

$$Q = 2\pi kh(P_{\text{пл}} - P_3) / \mu (\ln P_k / r_c + C) r_c \quad (8.2)$$

Қосымша фильтрациялық кедергілер коэффициентінің көлемі – қабаттың ашылу дәрежесіне, перфорация тығыздығына, перфорациялық саңылаулардың диаметрі мен ұзындығына байланысты.

Ұңғының дебиті қабатқа депрессияны өзгертумен реттелетін болғандықтан:

$$Q = K_0 (P_{\text{пл}} - P_3) r_c \quad (8.3)$$

K_0 – өнімділік коэффициенті.

Егер қабаттың қуаттылығы өзгеріссіз және құрылымы біртекті болса, тұрақты шығында ұңғыға қарай ағып келе жатқан сұйықтықтың фильтрациялану жылдамдығы артады, ұңғы қабырғасында максималды мәнге жетеді.

Әр қысымның әр түрлі көрсеткіштері мен қабат қысымына байланысты есептеулерді негізге ала отырып, ұңғыда қалыптасқан ағыстың барлық бағытындағы қысым өзгерісін анықтай аламыз.

Бұл қысым өзгерісі ұңғыны пайдалану кезінде оның айналасында депрессия воронкасы пайда болады. Яғни, сол аймақта ұңғыға жақындаған сайын қысым градиенті жоғарлайды, энергия шығыны 0-ге жақындайды.

Аяқталған ұңғы мен аяқталмаған ұңғы дебиттерінің қатынасы – аяқталу коэффициенті деп аталады.

Құбырдағы судың қозғалысын қалыптасқан деп есептейміз, яғни судың жылдамдығы да тұрақты.

Жай құбырлар жүйесін есептеуді гидродинамиканың негізгі теңдеуі - Бернулли теңдеуін қолдану арқылы жүргіземіз.

4.5.7 бөлімінде сұйықтықтың жылдамдығы мен шығынын құралдармен кезінде Бернулли теңдеуін құру әдісі көрсетілген. Бұл құрылғылар үшін Бернулли теңдеуін құрған кезде барлық гидравликалық кедергідегі арын жоғалтуы ескерілмеген, ал жай құбырлар жүйесін есептеген кезде барлық гидравликалық кедергіні ескереміз.

Бернулли теңдеуін құру әдісін пайдаланып, келесі пунктерді орындаймыз:

1. Екі қима қабылдаймыз: бір қиманы бактегі сұйықтық бетімен (мұнда сұйықтық жылдамдығы нольге тең), ал екінші қиманы сұйықтық құбырдан шығатын жерден (бұл жерде сұйықтық қозғалысының жылдамдығы бар).

2. Қиманы сұйықтық қозғалысының бағытына қарай 1-1 және 2-2 деп нөмерлейміз.

3. Қабылданған қимадағы қысымдарды ескереміз: $p_1 = p_{атм}$;

$$p_2 = p_{атм}.$$

4. Салыстыру жазықтығын 0 - 0 қима (2 - 2) бойымен қабылдаймыз, онда $z_1 = H$; $z_2 = 0$. Егерде геометриялық биіктікті есептеген кезде, ол салыстыру жазықтығынан жоғары жатса оң деп, ал төмен жатса теріс деп есептейміз.

Жалпы жағдайдағы Бернулли теңдеуін (4.15) жазып, барлық параметрді орындарына қоямыз:

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} + h_{w1-2} \quad (8.4)$$

$$z_1 = H;$$

$$z_2 = 0;$$

$$p_1 = p_{атм};$$

$$p_2 = p_{атм};$$

$$v_1 = 0;$$

$$v_2 = v, \alpha_2 = 1.0;$$

α_2 коэффициенті үшін дөңгелек құбырдағы ағын турбулентті режимде деп есептейміз.

$$\text{Онда: } H + \frac{p_{атм}}{\rho g} = \frac{p_{атм}}{\rho g} + \frac{v^2}{2g} + h_w$$

$$\text{Қысқартудан кейін келесі теңдеуді аламыз: } H = \frac{v^2}{2g} + h_w \quad (8.5)$$

Қортынды: сұйықтық атмосфераға аққан кезде арын арынның жылдамдығы мен гидравликалық кедергіні жоюға ғана жұмсалады.

(8.1) теңдеуіндегі гидравликалық кедергіні (5.1) формуласы арқылы өрнектесек:

$$h_w = \Sigma h_r + h_l$$

Онда (8.2) и (8.3) формуласын есепке ала отырып, келесі теңдеулерді жазуға болады:

$$\Sigma h_r = \Sigma \zeta \frac{v^2}{2g} \quad \text{және} \quad h_l = \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

$$\text{Олай болса: } H = \frac{v^2}{2g} + \Sigma \zeta \frac{v^2}{2g} + \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2g} \quad \text{немесе}$$

$$H = \frac{v^2}{2g} \left(1 + \Sigma \zeta + \lambda \frac{l}{d} \right) \quad (8.6)$$

Олай болса, (6.2) формуласымен жай жүйедегі сұйықтық атмосфераға аққан кезде арын есептеледі.

(8.2) формуласынан шығынды есептеу формуласын алуға болады. Құбырдағы сұйықтықтың жылдамдығы:

$$v = \sqrt{\frac{1}{1 + \Sigma \zeta + \lambda \frac{\partial}{\partial}}} \cdot \sqrt{2gH} \quad (8.7)$$

$$\text{Шығын: } Q = v \cdot \varpi; \text{ мұндағы } \varpi - \text{өтім қимасы, } \varpi = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

$$\text{Онда: } Q = \varpi \cdot \sqrt{\frac{1}{1 + \Sigma \zeta + \lambda \frac{\partial}{\partial}}} \cdot \sqrt{2gH} \quad (8.8)$$

$$(8.4) \text{ формуласындағы } \sqrt{\frac{1}{1 + \Sigma \zeta + \lambda \frac{\partial}{\partial}}} \cdot \sqrt{2gH} \text{ тең шама берілген жүйе}$$

үшін тұрақты шама, тек қана шығынның шамасына әсер етеді және шығын коэффициенті ($\mu_{\text{жкйе}}$) деп аталады. Олай болса:

$$Q = \varpi \cdot \mu_{\text{жкйе}} \sqrt{2gH} \quad (8.9)$$

Деформацияланған қабаттағы сұйықтықтың қалыптаспаған сүзілуі

Ньютондық емес сұйықтықтардың қозғалысын зерттеу өте қиын. Себебі, қозғалыс кезінде көптеген физико-химиялық процесстер қабаттаса жүреді. Математикалық жағынан есептеу де өте қиын. Ньютондық емес сұйықтықтардың ньютондық сұйықтықтардан айырмашылығы өте көп. Қысым градиенті мен үйкеліс күші өте жоғары болады.

Бұл тәуелділіктің графигі ньютондық емес сұйықтықтардың ағу қисығы немесе реограмм деп аталады.

Ньютондық емес сұйықтықтардың бірнеше түрі бар. Дилатантты және псевдопластикалық ньютондық емес сұйықтықтардың реограммасы бірдей, ал консистенттілігі - k ен ньютондық сұйықтық айырмашылығының мөлшері - n әр түрлі болады. Осы түрлерді сипаттау үшін тиімді тұтқырлық

ұғымы да қолданылады. Бұл кезде ньютондық емес сұйықтықтардың реограммасын сызықтық тәуелділікке ауыстырады.

$$\tau = \pm \mu, \frac{dv}{dr}. \quad \tau = k \left(\frac{dv}{dr} \right)^n$$

Бұл кезде тиімді тұтқырлық көлемі үйкеліс күшінің интервалына байланысты болады.

Тұтқырпластикалық (бингамов) сұйықтықтардың қасиеті қатты дененің және сұйық дененің де қасиетіне ұқсас болып келеді.

Тұтқырпластикалық сұйықтықтың құбырдағы қозғалысы.

Тұтқырпластикалық сұйықтықтар құбырда қозғалу үшін құбырдың басы мен соңындағы қимасында қарқын туғызу керек.

Бұл кезде құбырдағы сұйықтық ламинарлы қозғалады. Кеңістіктегі құрылымын бұзбайды. Бұл құрылым қарқын көбейгенде бұзылады.

Сұйықтық ағысының құрылымдық режимі дегеніміз – құбырдың қабырғасында сұйықтық ламинарлы қабаты, ортаңғы бөлігінде ағыстың ядросы болады, сұйықтық өзінің құрылымын сақтай отырып қозғалады, яғни қатты денеге ұқсас болып келеді.

Қима бойынша сұйықтық жылдамдығын былай анықтауға болады:

$$u(r) = \frac{r_0}{\tau_r} \int_{\tau}^{\tau_r} \frac{\tau - \tau_0}{\mu} d\tau$$

мұндағы, τ_r – құбыр қабырғасындағы кернеу;

$u(r)$ – арақашықтықтағы сұйықтық жылдамдығы;

r - радиус;

Сұйықтық ағысының турбуленттік режимі.

Тұтқырпластикалық сұйықтық қозғалысы ньютондық емес сұйықтықтың турбулентті ағысынан аса көп ерекшеленбейді. Айырмашылығы тек үйкеліс күші мен Рейнольдс санында.

Жоғарыда атап өткендей қабатқа ең аз сұйық ағысының түсуі Дарси заңына және аномальдік сұйықтық тәртібіне бағынбайды. Берілген аномальдік кеуекті орта материалы мен фильтрациялық сұйық әсерімен байланысты, ал сұйықтар осыған байланысты ньютондық атқа ие болды.

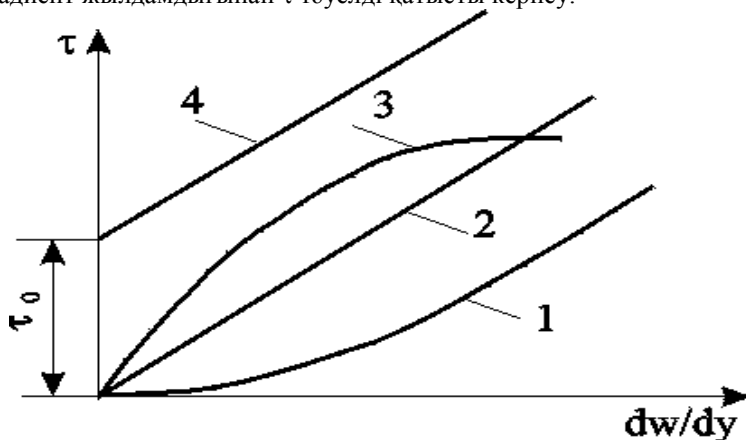
Ньютондық сұйықтар ағысы Ньютон заңымен суреттеледі.

$$\tau = \mu \frac{du}{dy}$$

Стационарлы реологиялық сұйықтықтар-тек градиент жылдамдығына қатысты кернеуінен тәуелді.

$$\tau = f\left(\frac{du}{dy}\right)$$

Градиент жылдамдығынан τ тәуелді қатысты кернеу.



8.1-сурет.

Стационарны емес реологиялық сұйықтықтар- τ және du/dy арасындағы байланыс кернеуінің уақыт әсерінен тәуелді.

$$\tau = f\left(\frac{du}{dy}, t\right)$$

Тұтқыр пластикалы сұйықтар үшін теңдіктің келесідей түрі бар

$$\frac{du}{dy} = \frac{1}{\mu} (\tau - \tau_0)$$

$\tau > \tau_0$ болғанда

$$\frac{du}{dy} = 0$$

Тыныштықтағы сұйықтықтың қисық сызықты жазықтыққа мысал ретінде резервуардың сфералық немесе цилиндрлік қабырғасын және құбыр қабырғасын айтуға болады.

Инженерлік практикадағы есептеуде қисық сызықты жазықтыққа әсер ететін қысым күшін, клапанды ашуға қажетті немесе жабық қалпын ұстап тұратын күшті анықтау керек болады.

Қисық сызықты жазықтыққа әсер ететін қысым күшін анықтаудың қиындығы әрбір қисық сызықты жазықтықтағы элементар ауданға әсер ететін элементар қысым күші сол ауданға нормальмен бағытталған және бөтен элементар қысым күші арасында бұрыш болады. Онда, қисық сызықты жазықтыққа әсер ететін қысым күшін анықтаған кезде элементар

қысым күшін dR қисық сызықты жазықтық ауданы бойынша интегралдау керек. Инженерлік практикадағы есептеу үшін бұл жол қиын.

Сондықтан, қисық сызықты жазықтыққа әсер ететін қысым күшінің тең әсерлі күші екі немесе үш бағытта қабылданған құрама күштердің геометриялық қосындысы ретінде қарастыру әдісі қолданады:

$$\bar{R} = \bar{R}_x + \bar{R}_y + \bar{R}_z \quad (8.10)$$

Техникада қолданылатын қисық сызықты жазықтығы бар беттің көп жағдайда симметрия немесе айналу осі болады. Олай болса, бұндай жазықтық үшін қысым күшінің тең әсерлі күшін анықтауға екі құрама күштердің (горизонталь және вертикаль) геометриялық қосындысы жеткілікті:

$$\bar{R} = \sqrt{\bar{R}_x^2 + \bar{R}_y^2} \quad (8.11)$$

Қисық сызықты жазықтыққа әсер ететін горизонталь құрама күш, қисық сызықты жазықтықтың вертикаль жазықтыққа проекциясына әсер ететін қысым күшіне тең болады:

$$R_x = \rho \cdot g \cdot y_C \cdot A_y \quad (8.12)$$

Мұндағы: ρ - сұйықтық тығыздығы; A_y - қисық сызықты жазықтықтың вертикаль жазықтыққа проекциясының ауданы; y_C - бос беттен бастап есептелген вертикаль жазықтыққа проекциясының ауырлық центрі.

Вертикаль жазықтыққа проекциясының бату тереңдігі h_C вертикаль жазықтыққа проекциясының ауырлық центрімен y_C сәйкес келеді, сондықтан y_C - ны бату тереңдігі немесе ауырлық центрі деңгейіндегі арын деп атауға болады.

Бөтен сөзбен айтқанда, горизонталь құрама күшті анықтау үшін қисық сызықты жазықтықты вертикаль жазықтыққа проекциялап, алынған проекция үшін қысым күшін анықтау керек.

(26.3) формуласын жазық қабырға үшін қысым күшінің (2.5) формуласымен салыстырсақ, онда ұқсас есептеу тәуелділігін көреміз. Олай болса, y_D координатасын немесе горизонталь құрама күштің әсер ету нүктесін, яғни қысым центрін вертикаль жазық беттің формуласымен анықтаймыз:

$$y_D = y_C + \frac{I_C}{y_C A_y} \quad (8.13)$$

Мұндағы: I_C - горизонталь оське қатысты вертикаль проекцияның центрлік инерция моменті .

Қисық сызықты жазықтыққа әсер ететін вертикаль құрама күш көлемдегі (қысым денесі) сұйықтықтың ауырлық күшіне тең:

$$R_y = \rho g V_{\kappa, \partial}, \quad (8.14)$$

Мұндағы: $V_{\kappa, \partial}$ - қысым денесінің көлемі.

«Қысым денесі» деген түсінікті қарастырайық.

Қысым денесі – келесі шектеулермен шектелген қисық сызықты көлем:

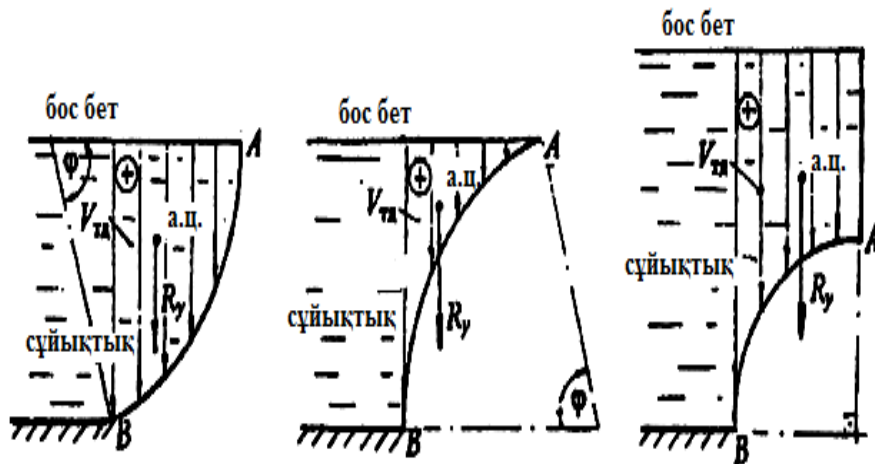
- а) қисық сызықты беттің өзімен;
- б) қисық сызықты беттің сұйықтықтың бос бетіне вертикаль проекциясы немесе оны ұзартқаннан.
- в) қисық сызықты беттің сұйықтықтың бос бетіне горизонталь проекциясы немесе оны ұзартқаннан.

«Қысым денесін» екі түрге бөледі:

1. Нақты немесе оң қысым денесі.

Бұл қысым денесі, қисық сызықты беттің ығылданған жақ бетіне салынған, яғни ауырлық күші нақты қисық сызықты бетке әсер етеді. Қысым күшінің вертикаль құрама күші R_y көлемнің ауырлық центрінен төмен қарай бағытталған және оң деп есептеледі.

Қысым күшінің оң мәніне және AB қисық сызықты бет үшін вертикаль құрама күшіне R_y мысалдар 8.2-ші суретте көрсетілген.



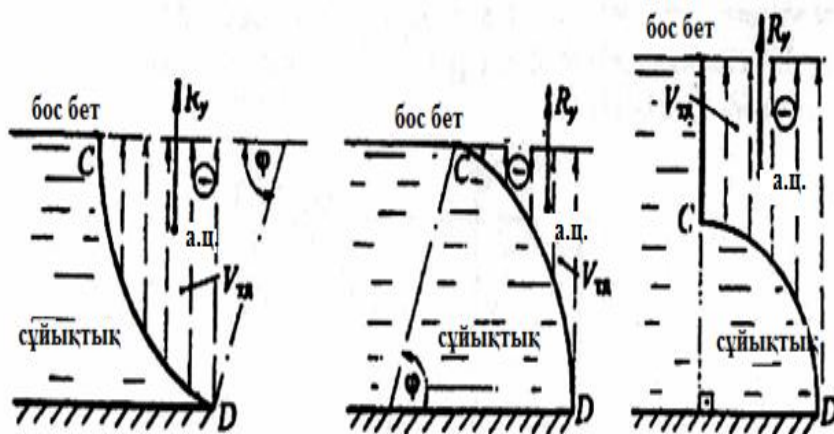
8.2-сурет.

2. Жалған немесе теріс қысым денесі.

Бұл қысым денесі, қисық сызықты беттің ығылданбаған жақ бетіне салынған, яғни қысым денесі көлемінде сұйықтық жоқ. Қысым күшінің

вертикаль құрама күші R_y көлемнің ауырлық центрінен жоғары қарай бағытталған және теріс деп есептеледі.

Қысым күшінің теріс мәніне және CD қисық сызықты бет үшін вертикаль құрама күшіне R_y мысалдар 8.3 - ші суретте көрсетілген.



8.3 – ші сурет

Қысым денесінің анықтамасы мен қысым денесін құру мысалдарынан қысым денесін құру әдісін көрсетуге болады.

Қысым денесін және оның түрін (оң немесе теріс) анықтау үшін қисық сызықты беттің контурынан, яғни қисық сызықты беттің барлық нүктелерінен бос бетке шейін вертикаль сызықтар жүргізу керек.

Егер вертикаль сызықпен сызылған көлем сұйықтықпен толса, онда қысым денесі оң болады. Төмен қарап бағытталған стрелка арқылы сұйықтық қисық сызықты бетке әсер ететінін көреміз (8.3 - сурет). Сонымен, вертикаль сызықпен сызылған көлемді қысым денесінің эпюрасы дейміз.

Қысым денесінің ауырлық центрінің орнын анықтаймыз. Ауырлық центрінен қысым күшінің вертикаль құрама күшін R_y төмен бағыттаймыз.

Қарама қарсы жағдайда, егер вертикаль сызықпен сызылған көлем сұйықтықпен толмаса, қысым денесі ығалданбаған жақта болса, онда теріс деп есептейміз.

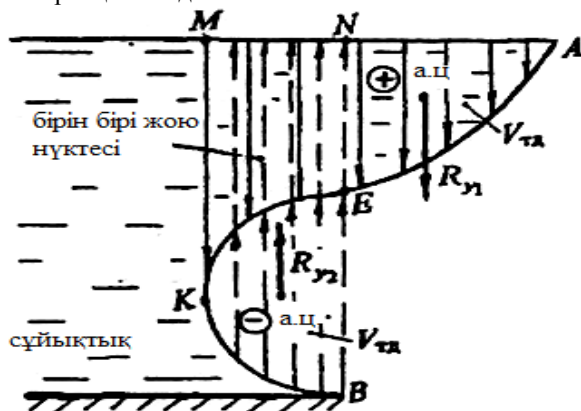
Стрелканы жоғары бағытталған етіп көрсетеміз, яғни сұйықтық қисық сызықты бет конфигурациясынан сыртта болады. Теріс қысым денесінің ауырлық центрінен қысым күшінің вертикаль құрама күшін R_y жоғары бағыттаймыз (8.3- сурет).

Енді салу кезінде екі қысым денесі пайда болатын жағдайды қарастырайық (8.4 – ші сурет). Сұйықтық арынын ұстап тұрған AKB қисық

сызықты бетті қарастырайық. Қисық сызықты бетті екіге бөлуге болады - AK және KB .

Көрсетілген әдіс бойынша AK бөлігі үшін қысым денесін саламыз. AK ығалданған бетке салынған көлемі AKM , таңбасы оң қысым денесін аламыз.

KB қисық сызықты бет үшін көлемі $KMNE$, KB ығалданбаған бетке салынған, таңбасы теріс қысым денесін аламыз.



8.4-ші сурет

$KMNE$ көлемінде оң қысым денесі мен теріс қысым денесі беттеседі де, қысқарып кетеді.

Олай болса екі қысым денесі болады: көлемі ANE , вертикаль құрама күш R_{y1} төмен бағытталған, таңбасы оң және көлемі EKB , вертикаль құрама күш R_{y2} төмен бағытталған, таңбасы теріс.

Тақырыпты бекітуге арналған сұрақтар:

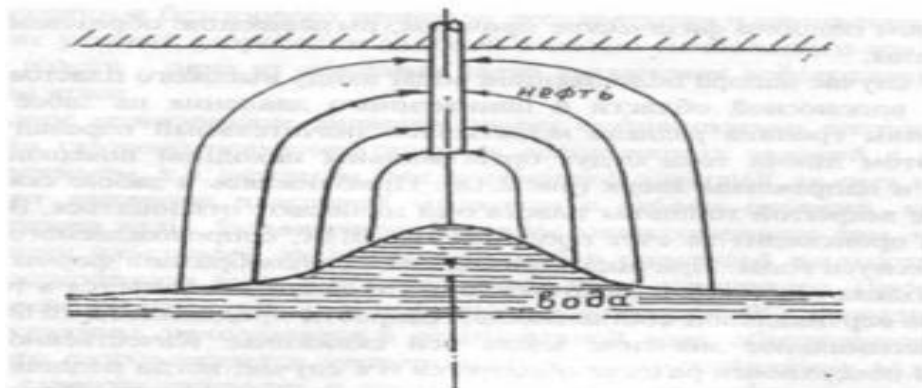
1. Деформацияланған қабаттағы сұйықтықтың қалыптаспаған сүзілуі қандай жағдайда жүреді?
2. Ньютондық емес сұйықтықтардың неше түрі бар?
3. Жалған немесе теріс қысым денесі дегеніміз не?
4. Қысым денесі дегеніміз не?
5. Ұңғыға қарай сұйықтық қозғалысы.
6. Ашылу дәрежесі бойынша ұңғыға сипаттама беру.
7. Аяқталған және аяқталмаған ұңғыны түсіндіру.
8. Ұңғы түбіне сұйықтықтың құйылу жылдамдығы өскенде гидравликалық кедергі қалай өзгереді?

ГИДРОДИНАМИКАЛЫҚ ЖЕТІЛДІРІЛМЕГЕН ҰҢҒЫ ЖӘНЕ ҚАБАТТА ТАБАН СУЫ МЕН «ЖОҒАРҒЫ» ГАЗЫ БАР КЕЗДЕ ОНЫ ПАЙДАЛАНУДЫҢ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

1. Қабатты гидродинамикалық жарудың тиімділігі.
2. Табан суымен қабатта су конусының пайда болу теориясы.
3. Қосалқы сүзілу кедергісі.
4. Шексіз қуатты қабат ұңғыларының кейбір есептерін шешудің аналитикалық әдістері.

Табан суының конусы. Ұңғының шекті өнімін анықтау.

Сулы конустың түзілуі-табан суларының мұнай ұңғысының перфорациялық қуыстарына қозғалуын алдын алу механизмімен түсіндіріледі (Сур.9.1)



Конустың түзілуі:

- 1) ұңғы өнімділігінің көп мөлшерде төмендеуіне
- 2) қабат энергиясының тез жоғалуына
- 3) қабаттың мұнай бергіштігінің төмендеуіне алып келеді

Бұл құбылыстың алдын алу кен орын соңғы мұнай бергіштігін арттыру үшін қажет.

Сулы конустың түзілу мүмкіндігін азайту үшін көлденең ұңғыларды су мұнай жиегінен жоғары перфорация жасалып мұнай алуды критикалық шамадан төмендетеді.

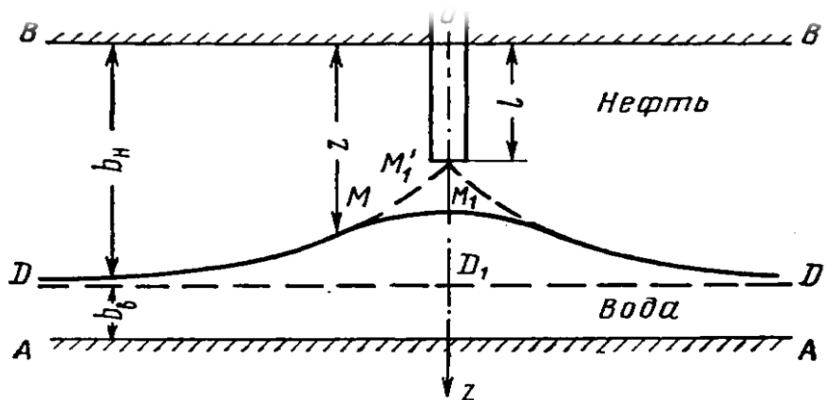


Рис. 89. Вертикальный разрез нефтяного пласта с подошвенной водой.

Конустың қозғалыссыз күйі деп Маскет бойынша, яғни келесі шарт бойынша анықталатын Oz ұңғысының осында орналасқан төбесін айтамыз.

$$p = p_D - \gamma_v (b_n - z)$$

Мұндағы, p – су мен мұнай аралық бөліктің жоғарғы жағындағы кез келген M нүктесіндегі қысым; γ_v – су көлемінің салмақ бірлігі; z – “су-мұнай” бөлігінің жоғарғы жағындағы M нүктесінің координатасы.

Кейде М. Маскет есептің шешілу нәтижесін график түрінде келтіреді. Тексеру сипаттамасы бойынша бір тексіз, қабат және ұңғы жазықтықтарының арасындағы қысымның төмендеуінің арқасында сулы конустың биіктігінің өзгеруі графикте көрсетілген. Маскет жұмыстарына бөлек ертеректе табан суларының қозғалу мәселесін зерттеуде акад. П.Я. Полу-баринов-Кочин, Б.Э. Казарновский, акад. М. Д. Миллионщиков және т.б. жұмыстары белгілі.

Конус түзілу процесіне әсер ететін факторлар:

1) горизонтальді өткізгіштік;

горизонтальді өткізгіштік өскенде, мұнайдың критикалық дебиті, судың жару уақыты және су мұнай жиегінен мұнайды алу кезінде тік ұңғының оптимальді орналасуы ұлғаяды.

2) вертикальді өткізгіштік;

вертикальді өткізгіштіктің өсуімен судың қозғалу уақыты төмендейді.

3) дренаждың радиусы;

дренаждың радиусы өскенде мұнайдың критикалық дебиті төмендейді.

4) қабаттың кеуектілігі;

бұл параметрдің өсуі судың қозғалу уақытымен мұнайдың критикалық дебитінің өсуіне алып келеді

5) мұнай тұтқырлығы;

бұл параметрдің өсуі судың қозғалу уақыты мен мұнайдың критикалық дебитінің төмендеуіне алып келеді.

Ұңғының шекті дебитін анықтау.

Су конусының тұрақты орналасуы шекті жағдайда, оның төбесі М ұңғысының түбінде орналасқан деп алайық (Сур.89). Конустың бұл жағдайына ұңғының шекті сусыз дебиті сәйкес келеді.

Шекті көлемді дебитті $Q_{пр}$ арқылы белгілеп оны есептеудің жуық формуласын табамыз.

Дарси заңы бойынша мұнай фильтрациясының жылдамдық теңдеуін жазайық:

$$v = \frac{k}{\mu} \frac{dp}{dr} \quad (9.1)$$

мұнда, μ - мұнай тұтқырлығы.

Дебит $Q_{пр}$ былай анықталады:

$$Q_{пр} = 2\pi r z \frac{k}{\mu} \frac{dp}{dr} \quad (9.2)$$

Айнымалыларды бөлу және интегралдау арқылы (4) формуладан dp мәнін (3) теңдікке қою арқылы келесі өрнекті аламыз:

$$\frac{Q_{пр}}{2\pi\delta\gamma} \int_{r_k}^{r_c} \frac{dr}{r} = \int_{b_H}^l z dz.$$

Соңғы теңдік бойынша $Q_{пр}$ шектелген сусыз дебит формуласы табылады:

$$Q_{пр} = \frac{\pi k \delta \gamma}{\mu} \frac{b_H^2 - l^2}{\ln \frac{r_k}{r_c}}$$

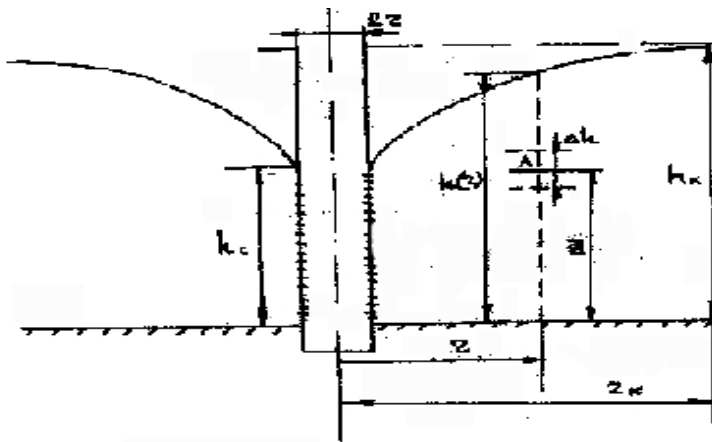
Сұйықтық мәнін өзгеріске ұшырамайды және тұрақты деп есептеп, бөлімнің әрбір жазықтық нүктесі үшін келесі формуланы аламыз:

$$dp = \delta\gamma dz.$$

Бізге мәлім болғандай газ шапқасы ұлғайған кезде, яғни жылжымалы мұнай-газ шекарасы мен мұнай-газ кеніштерін игеру кезінде газды конустар пайда болып, шығымның шектелуіне әкеледі. Мұнай-газ кенішінің мұнайлы

бiлiгi астыңғы жағынан қабат табанымен шектеледi деп есептейiк, яғни сумен шектеспейдi.

9.2-сурет. h_c -биiктiгi бойынша мұнайлы бөлiктi (қабат) ашқан ұңғыға қарай мұнай ағыны газды конустың пайда болу әсерiнен жүредi. Егерде бұл шартты тұтыну нұсқасында қолдансақ, $r=r_k$ кезiнде $h_c=h_k$ тең, онда орындалады.



Δh - биiктiгi бойынша радиалды бағытта ұңғыға енетiн мұнай шығымын Δq_{nc} -гi былай анықтауға болады:

$$\Delta q_{nc} = 2\pi \Delta h \frac{k}{\mu_n} \frac{\partial p}{\partial r} \quad (9.3)$$

Ұңғыдан (r) қашықтықта және (z) биiктiкте болатын сұйықтардың ағыны өтетiн А нүктесiндегi $P(r,z)$ қысым үшiн 8.2-шi өрнек:

$$P(r,z) = P_k + \gamma_z [h_k - \bar{h}(r)] + \gamma_n [h(r) - z] \quad (9.4)$$

мұндағы:

P_k -кен орнының газды бөлiгiнiң, ұңғыға жақын аймақтағы қысымы.

r - бойынша дифференциалдай отырып мынаны аламыз:

$$\begin{aligned} \frac{\partial P}{\partial r} &= \Delta \gamma \frac{\partial h}{\partial r} \\ \Delta \gamma &= \gamma_n - \gamma_r \end{aligned} \quad (9.5)$$

9.3-гi 9.1-ге қоя отырып және $\Delta h \rightarrow 0$ -ге ұмтылса, онда $\Delta q_{nc} \rightarrow 0$ мынаған ие болады:

$$\Delta q_{nc} = 2\pi r \frac{k}{\mu_n} dh \frac{dh}{dr} \Delta \gamma \quad (9.6)$$

9.4-ші теңдеуді dh бойынша интегралдап мынаны аламыз:

$$q_{nc} = 2\pi r \frac{k\Delta\gamma}{\mu_n} h \frac{dh}{dr} \quad (9.7)$$

9.5-ші теңдеуде h_k -дан h_c -ға дейін және r_k -дан r_c -ке дейінгі аралықта интегралдап шекті газсыз шығым $\bar{q}_{nc}$ үшін соңғы формуланы жазамыз:

$$\bar{q}_{nc} = \frac{\pi k \Delta \gamma (h_k^2 - h_o^2)}{\mu_n \ln \frac{r_k}{r_c}} \quad (9.8)$$

Тақырыпты бекітуге арналған сұрақтар:

1. Ұңғының шекті дебитін қалай анықтайды?
2. Табан суы деген не?
3. Дебит деген не?
4. Конус түзілу процесіне әсер ететін факторларды ата.
5. Конустың түзілуі қандай өзгерістерді алып келеді?

ҚАЛЫПТАСПАҒАН СҮЗІЛУ АҒЫНЫ, СҰЙЫҚТАРДЫҢ БІР-БІРІН ЫҒЫСТЫРУЫ

1. Мұнайды сумен ығыстыру.
2. Газды сумен ығыстыру.
3. Материалдың баланс шарттары.
4. Мұнайды газбен ығыстыру.

Мұнайды сумен ығыстыру. Мұнайды газбен ығыстыру.

Қабат бойымен ұңғыма түбіне-қысымы ең төмен нүктелерге, сұйықтың фильтрациясының жүруі қабаттық энергия есебімен іске асады. Сұйық қабаттық қысым әсерінен сығылған түрде болады. Кен орынды пайдалану үрдісі кезінде, қабаттық қысым құлайды. Сондықтан сұйықты қабаттан қысым түспей тұрғанға дейін және қажетті депрессияны ұстау мүмкін болмайтын жағдайға дейін ақлу қажет. Қабаттық қысымды үнемі бақылап тұрады және оның тез құлау жағдайы кезінде шоғырға жасанды әсер ету әдістерін қолданады, жиі түрде қабаттық қысымды ұстау әдістерін пайдаланады. Қабаттық қысымның төмендеу жылдамдығы, қабаттың энергетикалық қоректенуін сипаттайды, ол қабаттық сұйықты: мұнай, су және газды алу жылдамдығымен сипаттайды, ол өз кезегінде кен орынды игеру жобасымен және қабаттық қысымды ұстау әдісінің жүргізілуі немесе жүргізілмеуімен шартталды. Бұл жасанды факторлар басқа тұрғыдан, қабаттық энергияның қоры, қабат қысымының алғашқы мөлшері және оның төмендеу жылдамдығы табиғи факторларға да тәуелді:

- газ шапкасының болуына оның ұлғаю энергиясы кен орынды игеруде қолданылады;

- қабаттық жүйеде серпімді энергияның қоры;

- мұнайда еріген газдың болуы, оның ұлғаю энергиясы қабаттық сұйықтардың және газдардың ұңғы түбіне ығысуына әкеледі;

игеру объектісінің қабаттық нұсқа сыртындағы сумен қоректендіретін көзінің болуы және осы сумен қабаттағы мұнайдың орын басу қарқындылығының болатындығы.

- Гравитациялық фактор, ол құлау бұрышы үлкен қабаттарда мұнайды тиімді ығыстыруға себепкер болады.

Аталған фактор табиғи шарттармен анықталады және кен орынның қалыптасу үрдісімен байланысқан және технологқа тәуелсіз болады.

Капиллярлы-беттік күштер көбінесе кеуекті ортада, өзінің меншікті беттігімен қабаттық сұйықтың фильтрациясын тежейді, сондықтан аталған факторлармен бірге ұңғы түбіне сұйықтың келу қарқындылығын анықтайды.

Пайдалану және айдау ұңғымаларының жүйесімен дренаждау барысында кеуекті ортаның үрдістерін анықтайтын барлық табиғи және жасанды факторлардың қосындысын- қабат режимі деп аталады.

Бас режимді айрықша бөледі:

- Суарынды (табиғи және жасанды)

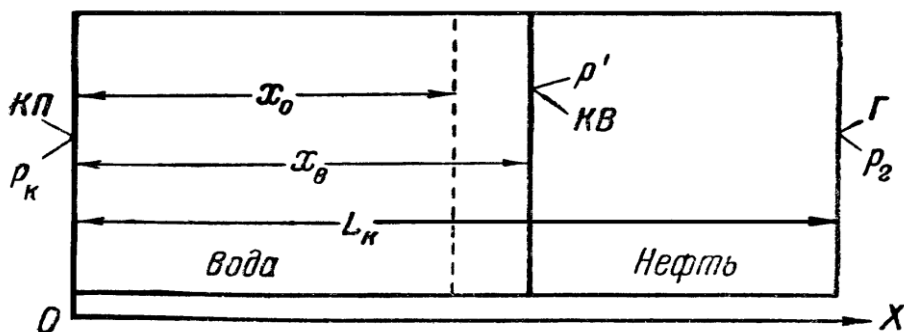
- серпімді
- гз арынды(газ шапкасының режимі)
- еріген газ режимі
- гравитациялық

Дренаждау режимін дұрыс бағалаудан, ұңғымадан сұйықты алудың технологиялық мөлшері, шекті мүмкін болатын динамикалық түптік қысым, игерудің гидродинамикалық көрсеткіштерін жобалауға арналған есептік математикалық аспапты таңдау, сұйық және газ өндіруінің көлемін анықтау, ұңғымалардың сулану үрдісін есебі, сонымен қатар игеру кезінде максималды мүмкін болатын соңғы мұнай бергіштік коэффициентіне жетуге қажетті болатын шоғырға әсер ету шаралары тәуелді болады.

Алайда шоғыр режимін анықтау үнемі оңайлыққа соқпайды, өйткені бірқатар жағдайларда режимді анықтайтын көптеген факторлар бір уақытта іске асады. Идеалды болатын жағдайларды қарастырайық, яғни қандайда бір режим «таза» түрде іске асады немесе игеру барысында шоғырдың өзгерісі тек бір режиммен шартталған ал басқа режим не мүлде болмайды, не ескермеуге болатын, елеусіз болады.

Мұнай мен газды ығыстыру туралы мәселелер үлкен теориялық және тәжірибелік мәнге ие.

Мұнай кен орындарын суарынды режим жағдайында игеру кезінде ұңғыда мұнай нұскалық су арынымен ығыстырылады, бұл кезде сулану контурының ығысуы жүреді.



10.1-сурет. Мұнайды ығыстыру туралы бір өлшемді мәселеге арналған кабат моделі

ρ_k – тұрақты деп қабылданатын қоректену контурындағы (КК) қысым;
 ρ_r – галереядағы қысым (Г), тұрақты деп қабылданады;
 ρ – суланудың жылжымалы контурындағы (СУ) қысым;
 L_k – қоректену контурынан галереяға дейінгі қашықтық;

x_0 – қоректену контурынан сулану контурының бастапқы қалпына дейінгі қашықтық, 10.1-суретте үзік сызықпен берілген;

x_b – белгілі бір t уақыт кезіндегі суланудың жылжымалы контурына дейінгі қашықтық;

b , m және k – сәйкесінше қабаттың қуаты, қуыстылығы және өткізгіштігі;

μ_n және μ_b – сәйкесінше мұнай мен судың абсолютті тұтқырлығы.

Сулану контуры (СК) мен галерея (Г) арасындағы қабаттың бөлігін мұнайлылық ауданы деп атайды, ал қоректену контуры (ҚК) мен сулану контурының (СК) арасындағы қабат бөлігін – сулылық ауданы деп атайды. Координаталар басын қоректену контурының аймағында орналасқан O нүктесіне орналастырайық. X дұрыс бағытын қоректену контурынан галереяға дейінгі, сұйықтықтың қозғалыс бағытына сәйкес келетін, бағытты қабылдайық. Әрі қарай қоректену контурынан x қашықтықтағы және мұнайлылық (p_n) немесе сулылық (p_b) ауданында орналасқан, қабат нүктелерінде p_n және p_b қысымдарын көрсетейік.

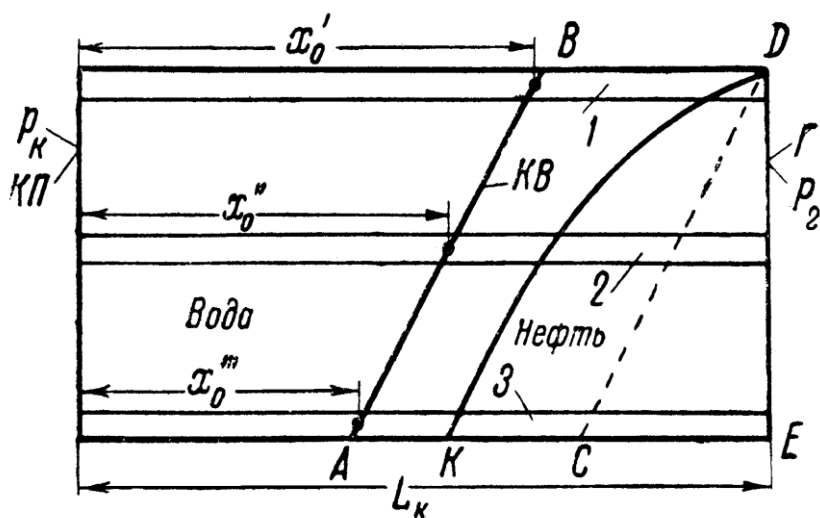
Қабат қуыстылығы жоғары болған сайын, әртүрлі тең жағдайларда сұйықтықтың қозғалыс жылдамдығы төмен болады $\omega=v/m$, сәйкесінше сулану контурының қоректену контурынан галереяға дейін қозғалу жылдамдығы артады. Екінші жағынан, қабат қуыстылығы жоғары болса, ондағы мұнай қоры да көп болғаны, демек, әртүрлі тең жағдайларда осы мұнайды өндіру үшін көп уақыт қажет болады. Қабат өткізгіштігі және депрессия Δp жоғары болған сайын, әртүрлі тең жағдайларда сұйықтық жылдамдығы жоғары болады, сәйкесінше сулану контурының сәйкес қозғалу уақыты аз болады.

a өлшемінің мәні – мұнайды сумен ығыстыру уақытының T мұнайды мұнаймен ығыстыру уақытына T_n сызықтық заң бойынша бір өлшемді фильтрация жағдайындағы қатынасы.

Кесте 1

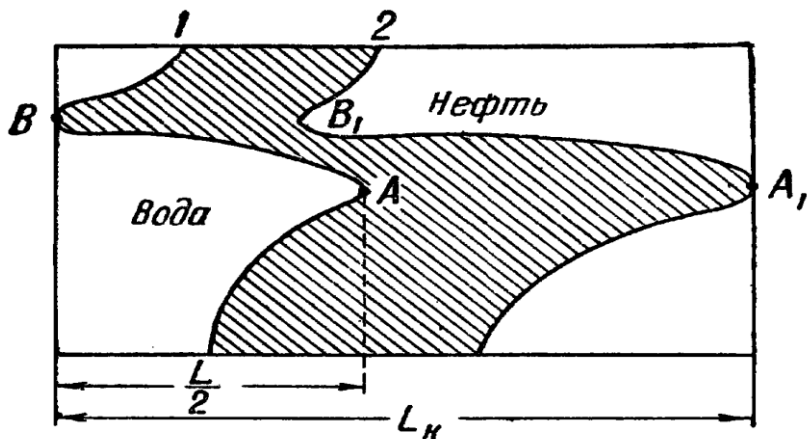
μ_0 \ $\begin{matrix} x_0 \\ L_k \end{matrix}$	— 0	0,5	0,90	0,99
2	0,75	0,63	0,53	0,50
5	0,60	0,40	0,24	0,20
20	0,53	0,29	0,10	0,05
∞	0,50	0,25	0,05	0,005

М.Маскет мұнайды сумен ығыстыру мәселесін қарастыра отырып, мұнайлылық контуры алғашқыда қоректену контурына сәйкес келетінін, яғни $x_0/L_k=0$, болжайды, және мұнайды мұнаймен ығыстыру уақыты мұнайды сумен ығыстыру уақытынан шамалы көп екеніне көзі жетеді.



10.2-сурет. Біртекті қозғалыс, яғни сулану контуры галереяға параллельді емес жағдайларда мұнайды сумен ығыстыру

10.2-суретте көрсетілген су-мұнай жиегінің кеуекті қабаттағы орны галереяға DE параллель емес AB кесіндісімен көрсетілген. Көрсетілген жағдайларда сулану контурының қозғалысы туралы мәселені шешу үшін келесі әдісті қолданамыз. Қабатта бірнеше тар сызықтарды белгілейік, мысалы, 1, 2, 3 сызықтар. Онда осындай сызықтың әрқайсысында сулану контуры галереяға DE параллель және қоректену контурынан 1 сызықта x_0' қашықтықта, x_0'' және x_0''' — сәйкесінше 2 және 3 сызықтарда, орналасқан деп есептеуге болады. Осыдан, сулану контурының қозғалысы туралы есепті шешу үшін көрсетілген сызықтардың әр қайсысында осы параграфта келтірілген формулаларды қолануға болады.



10.3-сурет. Мұнайды сумен ығыстыру кезіндегі тілдің қозғалысы

10.3-суретте уақыттың бастапқы (1-қисық) кезеңіндегі және белгілі бір уақыт өткендегі (2-қисық) осындай сулану контур жағдайы схемалық түрде көрсетілген. Есептеулер көрсеткендей, А нүктесі В нүктесінен бірнеше есе жылдам қозғалады. Осылайша, $\mu_0=5$ кезінде, А нүктесі тең жол жүргенде, В нүктесі өтетін жол құрайды.

Газды сумен ығыстыру. Мұнайды газбен ығыстыру.

1) Газдалған мұнайды сумен ығыстыру режиміне біртіндеп қишетін серпімді кезінде жуықталған гидродинамикалық есептер.

Есептің қойылу шарты:

Қабат пен сұйықтардың қасиеттері берілген деп есептейміз, ұңғымалардың орналасу схемасы да белгілі.

Кеніш бойынша уақыт сәтіндегі сұйықтың шығымы $q_{ж}(t)$ және бастапқы қабат қысымы берілген.

Әр қатардағы бір ұңғы сұйықтарының шығымы бірдей деп есептейік.

Кеніш серпімді режиммен және нұсқа сыртындағы аймақтың серпімділігі есебінен газдалған мұнайды сумен ығыстыру режимімен игеріледі.

Келесі көрсеткіштерді анықтау қажет:

а) Мұнай кеніштің центріндегі және нұсқасындағы қабат қысымына байланысты:

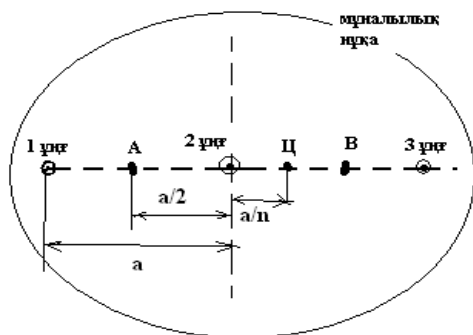
$$P_k = P_k(t); P_{ц} = P_{ц}(t).$$

б) ұңғылар қатарының түп қысымының өзгеруі $P_{ci} = P_{ci}(t)$.

с) мұнай шығымы $Q_y = Q_y(t)$ мен кенішті игеру мерзімінің байланыстылықтарын анықтау қажет.

Есептеу схемасы мынандай:

А) Бұл схемада берілген сұйықты өндіру, 3 нүктеде шоғырланады, бұлардың біреуі кеніштің центрінде орналасқан, ал басқа екеуі осы центрдегі нүктеден бірдей қашықтықта орналасқан. Әрбір нүктедегі сұйықтың шығымы ($Q_{ж}/3$) –ке тең болады.



10.4 сурет. Газдалған мұнайды сумен ығыстыру кезіндегі кеніштің схемасы

Ағын кездерінің супер позиция принципін қолдана отырып, центрден ($a/2$) қашықтығында орналасқан А және В нүктесіндегі уақыт сәтіне байланысты қысымның өзгеруін анықтауға болады.

Осы нүктедегі қысымдар мұнайлылық нұсқасындағы қысымға (P_k) тең жуық шамада болады деп қабылдаймыз.

$$P_k = P_{нач} - \frac{Q_{ж}\mu_6}{12\pi kh} \left[2E_i \left(-\frac{a^2}{16\chi t} \right) + E_2 \left(-\frac{9a^2}{16\chi t} \right) \right] \quad (10.1)$$

2-ші ұңғыға жақын орналасқан кеніш центріндегі қысым мына қатынастарда анықталады:

$$\left(a - \frac{a}{n} \right) = \frac{(n-1)a}{n}$$

$$\left(a + \frac{a}{n} \right) = \frac{(n+1)a}{n}$$

$$P_{ц} = P_{нач} - \frac{Q_{ж}\mu_6}{12\pi kh} \left[E_i \left(-\frac{(n-1)^2 a^2}{n^2 4\chi t} \right) + E_i \left(-\frac{a^2}{n^2 4\chi t} \right) + E_i \left(-\frac{(n+1)^2 a^2}{n^2 4\chi t} \right) \right] \quad (10.2)$$

Сұйықтың айнымалы шығымы кезінде, $Q_{ж}(t)$ тәуелділігі үзілген сызықтармен аппроксимацияланады және 10.1-ші мен 10.2-ші формулалар мына түрде жазылады:

$$P_{\kappa} = P_{нач} - \frac{\mu_6}{12\pi kh} z \sum_{i=1}^n Q_{ж_i} \left[2E_i \left(-\frac{a^2}{16\chi(t-t_i)} \right) + E_i \left(-\frac{9a^2}{16\chi(t-t_n)} \right) \right] \quad (10.3)$$

$$P_{ц} = P_{нач} - \frac{\mu_6}{12\pi kh} z \sum_{i=1}^n Q_{ж_i} * \left[E_i \left(-\frac{(n-1)^2 a^2}{n^2 4\chi(t-t_i)} \right) + E_i \left(-\frac{a^2}{n^2 4\chi(t-t_i)} \right) + E_i \left(-\frac{(n+1)^2 a^2}{n^2 4\chi(t-t_i)} \right) \right] \quad (10.4)$$

мұнда,

$$z = \frac{\Delta P_{\phi}(t)}{\Delta P_t(t)}; \quad (10.5)$$

Б) Сұйық бойынша материалдық балланс теңдеуінен t_j , Q_j және $P_{\kappa}(t_j)$ -ға сәйкесті $(l_{\phi j})$ - ығыстыру шегінің жағдайын анықтаймыз.

$$t_j = m\delta k B \sum_{i=1}^n \frac{2}{\left(\sum_{i=1}^n q_i \right)_{j-1} + \left(\sum_{i=1}^n q_i \right)_j} (l_{\phi_i} - l_{\phi_{j-1}}) \quad (10.6)$$

мұндағы: $i=j=1,2,3,\dots, n$;

$$\delta = 1 - S_{св} - S_{он} - \frac{2}{3} Z_{\phi};$$

Z_{ϕ} – ығыстыру шегіндегі қанығушылық;

N – бір мезгілде (бір уақытта) жұмыс істейтін қатарлар саны;

q_i – ұңғылардың i -ші қатарындағы сұйықтың шығымы;

В) $l_{\phi_j}(t_j)$, $P_{\kappa}(t_j)$ және $q_j(t)$ осыларды біле отырып фильтрациялық

кедергілер әдісінің көмегі арқылы түп қысымының (l_{ϕ}) -тен және сондайақ t_j - дан тәуелді екенін анықтауға болады.

Ығыстыру шегінің 1-ші қатарға жеткен сәтіне дейінгі қысымды теңдеу жүйелерін шешу арқылы табады.

$$Bkh[P_{\kappa}(t_j) - P_{c_i}(t_j)] = \sum_{i=1}^n q_i(t_i)[l_{\phi_j}(t_j)\Omega_1\mu_6 + \mu_n[L_1 - l_{\phi_j}(t_j)] + \mu_n q_i \frac{\delta_i}{\pi} \ln \frac{\delta_i}{\pi c_i}] \quad (10.7)$$

$i=1,2,3,\dots,n$;

$$Bkh[P_{c_{j-1}}(t_j) - P_{c_j}(t_j)] = \sum_{i=1}^n q_i \mu_n (L_j - L_{j-1}) + \mu_n q_j \frac{\delta_j}{\pi} \ln \frac{\delta_j}{\pi c_j} - \mu_n q_{j-1} \frac{\delta_{j-1}}{\pi} \ln \frac{\delta_{j-1}}{\pi c_j} \quad (10.8)$$

Жолақты кенішті пайдалану ұңғыларының екі қатарымен $P_{c1}(t_j)$ және $P_{c2}(t_j)$ игеру кезінде, су ұңғыларының 1-ші қатарына дейінгі $(0 \leq l_\phi \leq L_1)$ аралық осыған ұқсас теңдеулер жүйесімен анықталады.

$$Bkh[P_\kappa(t_j) - P_{c1}(t_j)] = (q_1 + q_2) \{ \mu_\phi \Omega_1 l_{\phi j}(t_j) + \mu_n [L_1 - l_{\phi j}] \} + \mu_n q_1 \frac{\delta_1}{\pi} \ln \frac{\delta_1}{\pi c_1} \quad (10.9)$$

$$Bkh[P_{c1}(t_j) - P_{c2}(t_j)] = q_2 (L_2 - L_1) \mu_n + \mu_n q_2 \frac{\delta_2}{\pi} \ln \frac{\delta_2}{\pi c_2} - \mu_n q_1 \frac{\delta_1}{\pi} \ln \frac{\delta_1}{\pi c_1} \quad (10.10)$$

$l_{\phi j}(t_j)$ – шамасы алдын-ала мына қатынастан анықталады:

$$t_j = \sum_{j=1}^n \Delta t_j = Bhm \delta \sum \frac{2[l_{\phi j}(t_j) - l_{\phi j-1}(t_{j-1})]}{(q_1 + q_2)_j + (q_1 + q_2)_{j-1}} \quad (10.11)$$

2). Бастапқы уақыт сәтіндегі $t=0$ түптегі қысым (10.9)-шы және (10.10)-шы теңдеулерден анықталады, $l_\phi=0$ және $P_\kappa(0)=P_{\text{нач}}$ болған кезде.

3). Судың 1-ші қатарға жарып өту сәтіндегі түп қысымын $P_{c1}(t_{np})$ және $P_{c2}(t_{np})$ осыған ұқсас жүйелерді құрып табамыз.

$$Bkh[P_\kappa(t_{np}) - P_{c1}(t_{np})] = (q_1 + q_2) \mu_\phi L_1 \Omega_1 + \mu_{cm} q_1 \frac{\delta_1}{\pi} \ln \frac{\delta_1}{\pi c_1} \quad (10.12)$$

$$Bkh[P_{c1}(t_{np}) - P_{c2}(t_{np})] = \mu_n q_2 (L_2 - L_1) + \mu_n q_2 \frac{\delta_2}{\pi} \ln \frac{\delta_2}{\pi c_2} - \mu_{cm} q_1 \frac{\delta_1}{\pi} \ln \frac{\delta_1}{\pi c_1} \quad (10.13)$$

$$\text{мұнда, } \mu_{cm} = \frac{\mu_n + \mu_\phi}{2}$$

$$\Omega_1 = 1,7 + 8z_{\phi t} + 25z_{\phi t}^2 \quad (10.14)$$

$$z_{\phi t} = \sqrt{\frac{\mu_{cm} V_i}{150Q_i(t)}} \quad (10.15)$$

Судың 1-ші қатарға жарып өтуінен кейінгі түп қысымы $(L_1 \leq l_{\phi} \leq L_2)$ $P_{c1}(t_{отк})$, $P_{c2}(t_{отк})$ осы қатардың тоқтау сәті мен түп қысымы былай анықталады:

$$Bkh[P_K(t) - P_{c1}(t)] = \mu_6(q_1 + q_2)l_{\phi}\Omega_1 + \mu_{cm}q_1 \frac{\delta_1}{\pi} \ln \frac{\delta_1}{\pi_{c1}} \quad (10.16)$$

$$Bkh[P_{c1}(t) - P_{c2}(t)] = \mu_n q_2 (L_2 - L_1) - \mu_{cm}q_1 \frac{\delta_1}{\pi} \ln \frac{\delta_1}{\pi_{c1}}$$

5). Екінші кезеңде 1-ші қатар ұңғыларының тоқтау сәтінде $P_{c2}(t_{отк})$ келесі теңдеулерден анықталады:

$$Bkh[P_K(t_{отк}) - P_{c2}(t_{отк})] = q_2[\Omega_1 \mu_6 L_1 + \mu_n (L_2 - L_1)] + \mu_n q_2 \frac{\delta_2}{\pi} \ln \frac{\delta_2}{\pi_{c2}} \quad (10.17)$$

Егерде түп қысымы қаныққан қысымнан ($P_{нас}$) төмен түскен сәтте, яғни $P_c < P_{нас} < P_K(t)$ болғанда, есептерді ұңғының түп маңы аймағындағы қосымша кедерілерді ескере отырып жүргізу қажет. Яғни қысым орнына Христанович формуласын пайдаланады. Бұл жағдайда (8.25)-шы жүйенің бірінші теңдеуіне келтірілген өзгерген (перепад) қысым енгізіледі

$$\Delta P = \{[P_K(t) - P_{HAC}] + \beta(P_H)\mu(P_H)[H_H(t) - H_c(t)]\}$$

екіншісіне – $H_K - H_{cj}(t)$

$$Bkh\{[P_K(t) - P_{HAC}] + \beta(P_H)\mu(P_H)[H_H(t) - H_c(t)]\} = (q_1 + q_2)$$

$$\{\mu_B \Omega_1 l_{\phi}(t) + \mu_H [L_1 - l_{\phi}(t)]\} + \mu_H q_1 \frac{\sigma_1}{\pi} \ln \frac{\sigma_1}{\pi_{c1}}$$

(10.18)

$$Bkh\{[H_H - H_{c2}(t)] - [H_H(t) - H_{c1}(t)]\} = \mu_H q_2 (L_2 - L_1) + \\ + \mu_H q_2 \frac{\sigma_2}{\pi} \ln \frac{\sigma_2}{\pi_{c2}} - \mu_H q_1 \frac{\sigma_1}{\pi} \ln \frac{\sigma_1}{\pi_{c1}} \quad (10.19)$$

Мұнайдан үздіксіз газдың бөлінуі кезінде мұнай шоғырын дренаждау және оның еркін жағдайға ауысуы, осы көлем арқылы газ мұнай қоспасын жоғарлату және қоспаны төменгі қысым нүктелерінде (ұңғы түбіне) фильтрациялау, еріген газ режимі деп аталады.

Еріген газ режимінің іске асу шарттары.

- $P_{\text{каб}} > P_{\text{кан}}$ (қабаттық қысым қанығу қысымынан төмен);
- нұсқа сыртында судың жоқтығы немесе нұсқа сырты суының қарқынды болмауы;
- газ шапқасының болмауы
- геологиялық шоғыр жабық болуы тиіс.

Бұндай шарттарда қабаттың мұнай қаныққан бөлігінің барлық көлемінде, қабаттық энергия біртекті таралған. Бұндай режим кезінде шоғыр ауданында ұңғымаларды біртекті орналастыру принципі заңдылықты болады.

Еріген газ режимінің шарттарында шоғырдың мұнай қаныққан бөлігінде қабаттық энергия біртекті таралған. Бұндай режим кезінде шоғыр ауданында ұңғымаларды біртекті орналастыру принципі заңдылықты болады. Еріген газ режим шарттарында шоғырда орташа қабаттық қысымның өзгеру заңдылықтарын қарастырайық. Орташа қабаттық қысым қанығу қысымына тең деп қабылдайық, яғни $P_{\text{алғ}} = P_{\text{кан}}$. $P_{\text{кан}} - P$ дейін қысымның өзгеруі кезінде, еріген газдың Генридің тұзу сызықты заңмен өзгеруі заңдылықты болады, бұл кезде қысымның төмендеуі кезінде мұнай көлемінен V_m бөлінген газдың көлемінен анықтауға болады.

$$V = \alpha * (P_{\text{алғ}} - P) * V_m \quad (10.20)$$

α - стандартты шарттарға келтірілген ерудің коэффициенті; V -стандартты шарттарға келтірілген кездегі бөлінген газдың көлемі. Бұл көлемді ағымдағы қабаттық қысымға P және температура күй теңдеуін пайдаланып келтіру керек.

Бөлінген еркін газ мұнайда біртекті таралады да, газ- мұнай қоспасын құрайды. Алғашқы уақытта қабаттық кеуектері тек мұнаймен толған деп ойлайық, $V_{\text{кеу}} = V_m$ (байланысқан су соңғы нәтижелерді ауыстырмайды). Қабаттың жалпы кеуектерінің көлемінен $V_{\text{пор}}$ қысымның төмендеуі кезінде қоспа бөлінуі тиіс, оның көлемі V_{bc} келесі айырмашылыққа тең болады.

$$V_{bc} = V_{cm} - V_{nop} = V_m * \left[\frac{1 + \alpha * (P_{\text{алғ}} - P) * P_o * T * 7p}{P * T_o} \right] - V_m$$

Бұл көлем мұнайдан және газдан тұрады. Қабаттағы барлық мұнай көлемінің, барлық құрылған қоспаның көлеміне қатысты қатынас ретінде, қоспадағы мұнайдың үлесін анықтайық, яғни

$$\alpha_m = \frac{V_m}{V_{cm}}$$

Бұл сұйық фазаның орташа құрамдастығы. Бірақ келесі ұғымдарды ажырата білу керек. Берілген игеру барысында қабат кеуектерінде қалатын α_1 – қоспа кеуегіне бөлінген сұйық фазаның үлесін- α_1 және α_2 қоспасындағы сұйық фазаның үлесі,

(α_1) қоспасынан бөлінген мұнай үлесі әрқашанда

(α_2) қоспасынан бөлінген мұнай қоспасынан аз болады.

Ол келесідей түсіндіріледі.

1. Газдың тұтқырлығы мұнай тұтқырлығынан елеулі аз болады, сондықтан ол көбірек қозғалуға бейімді және ұңғы түбіне тез жетеді.

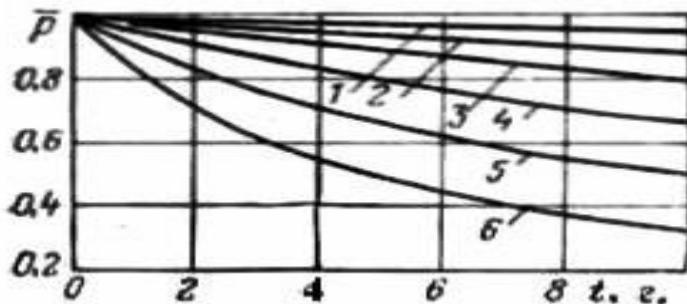
2. Мұнайдың газдану нәтижесінде оның тұтқырлығы жоғарлайды, яғни қозғалу қабілеті төмендейді.

3. Кеукті ортаның газ қанығуының жоғарлауымен газ үшін фазалық өтімділік жоғарлайды, ал мұнай үшін төмендейді(қисық фазаларға немесе өтімділікке қатысты).

Аталған факторлар газ сұйық қоспасының кеуегінен бөлінген сұйық фазаның төмендеуіне әкеледі, яғни газ факторларының жоғарлануына әкеледі. Бөлінген қоспада мұнай үлесі орташа белгіленуден к есе аз деп алайық. Осылайша еріген газ режимінде кен орынды пайдалану кезінде уақыт ішінде орташа интегралды қабаттық қысымның өзгеруін сипаттайтын келесі формуланы алуға болады.

$$\bar{P} = \frac{P}{P_{alg}} = \frac{2 * P_o * T * Z_p * (1 - k\eta\delta t)}{T_o * k\eta\delta t + \alpha * P_o * T * Z_p * (1 - k\eta\delta t)} \quad (10.21)$$

формуласы бойынша өлшемсіз қабаттық қысымның Р және оның уақыт ішінде өзгеруінің сандық бағалауын жүргізейік, есептеудің нәтижелері 9.1-суретте келтірілген.



10.1-сурет. Еріген газ режимінде өлшемсіз орташа интегралды қабаттық қысымның уақыт ралығында өзгеруі:

1- ($\kappa=2$); 2- ($\kappa=4$);

Құбылыстың құлау заңы- қисық сызықты.

Газдалған сұйықтың (мұнай) қуысты ортадағы қозғалысы екі фаза үшін екінші реттегі жеке туындының екі сызықсыз дифференциалды теңдеу жүйесімен сипатталады.

$$\nabla \left[\left(\frac{\rho_{\Gamma}(P) F_{\Gamma}(S_H)}{\mu_{\Gamma}(P)} + \frac{S_1(P) F_H(S_H)}{\mu_H(P) \epsilon_H(P)} \right) \Delta P \right] = \frac{m}{k} \frac{\partial}{\partial t} \left[\rho_{\Gamma}(P) (1 - S_H) + \frac{S_1(P)}{\epsilon_H(P)} S_H \right]$$

$$\nabla \left[\frac{F_H(S_H)}{\mu_H(P) \epsilon_H(P)} \Delta P \right] = \frac{m}{k} \frac{\partial}{\partial t} \left[\frac{(S_H)}{\epsilon_H(P)} \right]$$

мұндағы:

$F_H(S_H) = \frac{k_H}{k}$, $F_{\Gamma}(S_H) = \frac{k_{\Gamma}}{k}$ - мұнай мен газ үшін сәйкесті қабаттың

салыстырмалы өткізгіштігі S_H - қуысты кеңістіктің мұнаймен қанығуы;

$\rho_{\Gamma}(P)$ - еркін газдың салыстырмалы тығыздығы;

$\epsilon_H(P)$ - мұнайдың көлемдік коэффициенті;

$S_1(P)$ - қалыпты жағдай кезіндегі газдың мұнайда еруі.

Тақырыпты бекітуге арналған сұрақтар:

1. Газды сумен ығыстыру қалай жүзеге асырылады?
2. Газ және су конустарының пайда болуы.

3. Ұңғыманың шектелген газсыз шығымы.
4. Табан суы бар газ асты кенішін игеру.
5. Мұнайды сумен ығыстыру кезіндегі тілдің қозғалысы қандай?
6. Қуысты орта дегеніміз не?
7. Сулану контуры деген не?
8. Сұйықтық шекарасы деген не?

СЕРПІМДІ РЕЖИМДЕ МҰНАЙЛЫ, СУЛЫ КЕУЕКТІ ҚАБАТТАҒЫ ҚАЛЫПТАСПАҒАН СҰЙЫҚТЫҢ ҚОЗҒАЛЫСЫ

1. Серпімді режим теориясының формуласы
2. Мұнай сулы қабаттың серпімді сұйықтық қорын есептеу.
3. Ұңғының шартты әсер радиусы.

Серпімді режим теориясының негізгі параметрлері.

Су айдап ҚҚҚ – дың техникасы мен технологиясы үрдісті, оның ауқымын, айдау мен өнім алудың орнын толтыратын деңгейді, қорды алу мерзімін, айдау және өндіру ұңғымаларының санын сипаттайтын кейбір түсініктермен және анықтамалармен байланысты. Мұндай сипаттамалардың қатарына айдалатын су мөлшері жатқызылады. Мұнайды алу қабаттан қанығу қысымы жоғары қысым кезінде жүретін жасанды суарынды режимде, қабат жағдайларына келтіріліп алынатын сұйықтық көлемі, қабат жағдайларына келтіріліп айдалатын сұйықтық көлеміне, яғни қабат температурасына және қысымына тең болуы керек. Бұл жағдайларда қабат өнімі тек мұнайдан және судан құралатындықтан, ал газ еріген күйде болғандықтан, қабат жағдайына келтірілген сұйық шығымының баланс теңдеулерін келесідей жазуға болады:

$$Q_{\text{наг}} \cdot b_{\text{в}} = (Q_{\text{н}} \cdot b_{\text{н}} + Q_{\text{г}} \cdot b'_{\text{г}} + Q_{\text{ум}}) \cdot k, \quad (11.1)$$

$Q_{\text{наг}}$ – стандартты шарттарда (мысалы м³/г) айдалатын судың көлемдік шығыны $b_{\text{в}}$ – айдалатын судың, қабат температурасына дейін қыздырған кездегі судың өсу көлемін ескеретін және қабат қысымына дейін сығу кезіндегі оның көлемінің азаюын ескеретін, көлемдік коэффициенті (біркалыпты қабат температурасы мен қысымы үшін $b_{\text{в}}=1,01$); $Q_{\text{н}}$ – стандартты шарттарда (тауарлы мұнайдың дебиті) мұнайды көлемдік өндіру (дебит қосындысы); $b_{\text{н}}$ - мұнайдың еріген газ, температурасының жоғарылауы және қысымнан шамалы сығылуы есебінен кеңейініс ескеретін мұнайдың көлемдік коэффициенті (әрбір нақты қабат үшін $b_{\text{н}}$ pVT қондырғыларында тәжірибелі анықталады немесе статистикалық формулалар бойынша жуықтап есептеледі. Әдетте $b_{\text{н}} = 1,05 - 1,30$, бірақ кейде жоғарғы будың грозныйлық кен орындарының мұнайлары үшін 2,5 шамасына жетеді); $Q_{\text{г}}$ – стандарттық

шарттарда өлшенген, қабаттан алынатын суды көлемдік өндіру; b'_e – тұщы судың көлемдік коэффициентінен ерекшелене алатын, өндірілетін минералды судың көлемдік коэффициенті; Q_{yt} – сыртқы аймаққа кететін судың көлемдік шығыны; K – сулардың жарылуы кезінде және басқа технологиялық себептерден кезеңдік жұмысы кезінде, айдау ұңғымаларының өзіндік ағуға су шығынын ескеретін коэффициент. Әдетте $K = 1,01 - 1,15$.

(22.1) теңдеуінен айдалатын судың шығынының $Q_{наг}$ табамыз. Айдау ұңғыларының саны $N_{наг}$, олардың орташа дебиті $Q_{наг}$ және айналатын судың шығыны $Q_{наг}$ келесі қатынаспен байланысты.

$$Q_{наг} = q_{наг} \cdot n_{наг}, \quad (11.2)$$

Егер айдау ұңғымаларының тәжірибелі нәтижелері бойынша немесе есептеу нәтижелері бойынша олардың дебиті $Q_{наг}$ белгілі болса, онда (11.2) теңдеуінен айдау ұңғымаларының қажетті санын $n_{наг}$ анықталады.

Егер $n_{наг}$ ұңғылардың орналасу сұлбасымен алдын-ала анықталса, онда (11.2)- ден айдау ұңғымасының орташа дебитін $n_{наг}$ анықтайды, ол айдау ұңғымасының ауданындағы қабаттың гидроөткізгіштігіне және репрессияға, яғни су айдаудың қысым шамасына тәуелді.

Айдау ұңғымаларының дебитін барлық өндіру және айдау ұңғыларының гидродинамикалық есебімен және репрессия үшін түрленген радикалды ағын формуласы бойынша жуықтап анықталады. Айдаудың қысымы және дебиттері техникалық жүзеге асырылу шектерінде болуы керек және технологиялық жабдық мүмкіндіктерінен аспауы керек. Бұл шамалардың кейбіреулері айдау ұңғыларының түр аймағына, олардың жұту қабілетінің жақсаруы үшін әсер ету арқылы мүмкін болады (қышқылмен өңдеу, гидрожару және т.б.).

Қабаттан сұйықтықты алу компенциясының деңгейін бағалау үшін компенсация коэффициенті деген ұғым енгізіледі.

Ағымдағы компенсация коэффициенті:

$$m_n = \frac{\int_0^t Q_{наг} \cdot b'_e \cdot dt}{\int_0^t (Q_n \cdot b_n + Q_e \cdot b_e + Q_{ym}) \cdot k \cdot dt}, \quad (11.3)$$

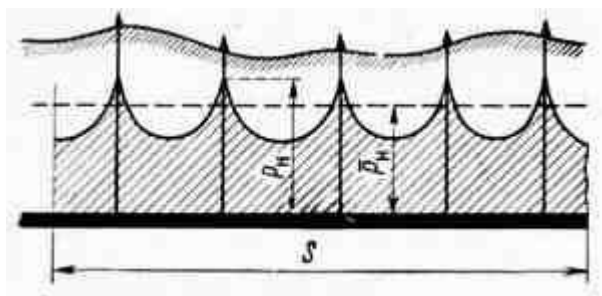
-уақыттың (жыл, ай, тәулік және т.б) бірлігіндегі қабат жағдайларына келтіріліп алынатын сұйықтар дебитіне айналатын су дебитінің қатынасы. Бұл коэффициент уақыттың қазіргі сәтіндегі өнім алу айдаумен қаншалықты компенсацияланғанын көрсетеді. Егер $m_r < 1$, онда айдау өнім алудан кешігеді де, қабаттың орташа қысымының төмендеуін күту қажет. Егер $m_r > 1$, онда айдау өнім алудан жоғару болады және қабаттағы қысым өсуі керек. $m_r = 1$ кезінде ағымдағы қабат қысымы, өндірудің басындағы қысымға тәуелсіз қалыпқа келуі байқалу керек.

Жинақталған компенсация коэффициенті:

$$m_n = \frac{\int_0^t Q_{наг} \cdot b_{\theta} \cdot dt}{\int_0^t (Q_n \cdot b_n + Q_{\theta} \cdot b'_{\theta} + Q_{ym}) \cdot k \cdot dt}, \quad (11.4)$$

(11.4) алымы – қабатқа айдаудың басынан қазіргі t уақыт сәтіне дейінгі айдалған судың қосынды мөлшері, бөлімі – қабат жағдайына келтірілген, қабаттан алынған мұнайдың және судың мөлшерінің қосындысы, сонымен қатар кеніштің барлық пайдалану кезіндегі айдау уақыты ішіндегі барлау ұңғылары мен алынған суды қосқанда, су шығуының қосындысы. Бұл кезде, егер $m_n < 1$, онда ағымдағы орташа қабат қысымы бастапқыдан төмен болады, өйткені айдау өнім алу қосындысын компенсацияламайды (орнын толтырмайды). Егер $m_n > 1$, онда орташа қабат қысымы бастапқы қысымына дейін қалпына келтіріледі, өйткені айдау алынған сұйықтық қосындысының орнын толықтап толтырады.

Егер $m_n > 1$, онда ағымдағы орташа қабат қысымы бастапқыдан жоғары болады, өйткені қабатқа алынған алынққан сұйықтық мөлшерінен көп сұйықтық айдалады.



11.2-сурет. Айдау сызығының бойындағы қысымдар өзгерісі

Мұнай өндіру технологиясында көбінесе «айдау сызығындағы қысым» және «өнім алу сызығындағы қысым» сияқты түсініктер қолданылады. Бұл түсініктерді енгізу айдау ұңғымаларының орналасқан сызығынан өндіру ұңғылар қатарына дейінгі сұйықтық фильтрациясының физикалық көрінісін оңайлатады, сонымен қатар өнім алу сызығына келетін сұйықтық ағынының репрессиясын сипаттауға мүмкіндік береді. Айдау сызығындағы қысым – бұл қабаттағы айдау ұңғылардың сызығының бойындағы орташа интегралдық қысым. Айдау ұңғыларының айналасында жоғарыға қарайтын, айдау ұңғыларының түбінде жоғары түп қысымы бар репрессиялық құйғыштар түзіледі (11.2 сурет). Суретте эпюраның штрихталған бөлігіндегі

ординаталар – S бойында өзгертін, қабат қысымының абсолюттік шамасы. Орташа ордината, яғни ұзындығы S және ауданы $P_n S$ тік бұрыштың биіктігі – орташа интегралдық қысым.

Анықталған бойынша:

$$\overline{P}_n = \frac{\int_0^S P(S) \cdot dS}{S}, \quad (11.5)$$

немесе

$$\overline{P}_n = \frac{F}{S}, \quad (11.6)$$

Мұндағы F – қысымдар эпюрасының штрихталған ауданы.

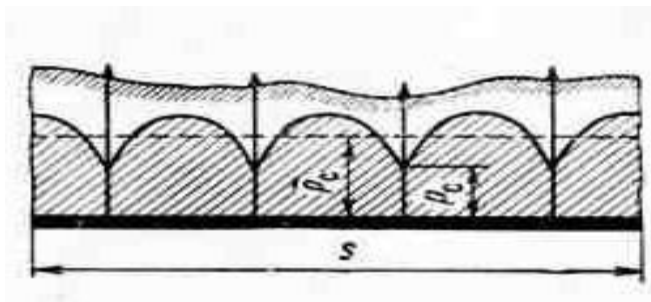
Айдау ұңғымаларының түп қысымы әр түрлі болуы мүмкін. Қысымның ұңғы түбінің айналасында таралу заңы лагори́фм заңына жақын. Радиалды ағым кезінде қысымның таралу формуласын қолдана отырып, айдау ұңғымаларының арасында қысымдар таралуынан қысығын тұрғызуға болады. Осылайша, қысым таралуының эпюрасы бойынша, нақты жағдайда айдау сызығының бойында эпюраның F ауданы анықталуы мүмкін, ал (11.6) формуласы бойынша айдау сызығындағы қысым анықталады. Айдау сызығында қысымды анықтаудың қарапайым есептеу әдістері бар. Бірақ бұл әдістер біртекті қабатта және ұңғылары арасындағы арақашықтық тең болғандағы, барлық айдау ұңғыларының түп қысымы бірдей болған кезінде әділ. Есептеу формуласы келесі түрде болады:

$$\overline{P}_n = \overline{P}_n - Q \cdot \omega, \quad (11.7)$$

Мұндағы $\overline{P}_n$ – айдау ұңғымаларының түп қысымы (барлық ұңғыларда бірдей); Q – айдау қатарының дебит қосындысы;

$$\omega = \frac{\mu}{2\pi k h n} \ln \frac{\sigma}{\pi r_{np}} \text{ – айдау қатарының ішкі фильтрациялық кедергісі.}$$

Мұндағы μ – су тұтқырлығы; h – қабат қалыңдығы; n – қатардағы ұңғы саны; σ – айдау ұңғылары арасындағы қашықтықтың жартысы; r_{np} – айдау ұңғысының келтірілген радиусы.



11.3 Сурет. өнім алу сызығы бойындағы қысым өзгерісі

Өнім алу сызығының бойындағы қысым өзгерісі өнім алу сызығының бойындағы қысым, яғни өндіру ұңғыларының сызығы бойындағы орташа интегралды қысым сияқты анықталады, өндіру ұңғымаларындағы депрессиялық құйғыштың (воронка) шыңы төмен қараған (12.3 сурет). Өнім алу сызығындағы қысым:

$$\bar{P}_c = \frac{\int_0^S P(S) \cdot dS}{S}, \quad (11.8)$$

немесе

$$\bar{P}_c = \frac{F}{S},$$

Мұндағы F – штрихталған эпюраның ауданы. Аналитикалық есептеу кезінде:

$$\bar{P}_c = P_n + Q \cdot \omega$$

Мұндағы $\bar{P}_c$ – берілген қатардағы өндіру ұңғыларының түп қысымы (барлық қатарда бірдей); Q – ұзындығы S шекарасында орналасқан қатардың өндіру ұңғымаларының дебиті.

Айдау сызығындағы орташа қысымы айдау ұңғылараның түп қысымынан төмен ($P'_n < P_n$), ал өнім алу сызығындағы орташа қысым өндіру ұңғыларының түп қысымынан жоғары ($P'_c < P_c$). $P'_n - P'_n = \Delta P$ шамасы айдау және өнім алу сызықтарының арасындағы депрессия деп аталады. Бұл депрессия шамасынан ұңғылардың өндіру қатарының P өсуімен көбейетін дебит тәуелді. Депрессия өсуі айдау сызығындағы қысымның P_n өсуі есебінен, сол сияқты өнім алу сызығында қысымның P_c төмендеуі есебінен жүруі мүмкін.

Серпімді режим теориясының негізгі формуласының анализі

Бұл режим кезде мұнайдың ығысуы, шоғырды қоршап тұрған судың және қабат қаңқасының серпімді ұлғаюының әсерінен жүреді. Бұл режимнің іске асуының негізгі шарты (суарынды сияқты) қабаттық қысымның қанығу қысымнан жоғары болуы ($P_{\text{каб}} > P_{\text{кан}}$). Қабат тұйықталған, бірақ үлкен болуы тиіс, өйткені оның серпімді энергиясы мұнайдың негізгі қорын алуға жететіндей болуы тиіс.

Ортаның серпімділігінің көлемдік коэффициенті осы ортаның алғашқы көлемінің үлесі болып анықталады, оған қысымның бірлікке өзгерісі кезінде, осы көлем өзгереді, яғни

$$\beta = -\frac{\Delta V}{V * \Delta P},$$

мұнда ΔV - көлемінің өсуі (серпімді режим есебінен)

ΔP - қысымның өсуі (қысымның төмендеуі);

V - ортаның алғашқы көлемі.

Теріс қысымның өсуіне, кең көлемнің өсуі сәйкес болғандықтан, алдында минус таңбасы қойылады. Қабат жабынының шөгу бөлшектерінің көлемінің өзгерісі салдарынан, кеуекті қабаттық қатты қаңқасы ішкі қысымның өзгерісінен деформацияланады, ол кеуектіліктің төмендеуіне және қосымша сұйықтың ығысуына әкеледі. Сынақтық мәліметтерден келесілер белгілі:

$$\text{Су үшін } \beta_c = (2.7 \div 5) * 10^{-10} \frac{1}{\text{Па}}$$

$$\text{Мұнай үшін } \beta_m = (7 \div 30) * 10^{-10} \frac{1}{\text{Па}}$$

$$\text{Жыныс үшін } \beta_{жс} = (0.3 \div 2) * 10^{-10} \frac{1}{\text{Па}}$$

Әдетте қабат ығысуын бағалау үшін ығысудың келтірілген коэффициентін пайдаланады, оны қабаттың серпімділік коэффициенті деп те атайды. Бұл кейбір фиктивті ортаның орталандырылған көлемдік мкоэффициенті, сұйықпен қанығатын нақты қабаттың көлеміне тең, олардың серпімді өсуінің қосындысы фиктивті ортаның көлемінің серпімді өсуіне тең.

Анықтамаға сәйкес, қабат көлемінің бірлік элементіне судың, мұнайдың және жыныстың көлемінің серпімді өсуін табуға болады.

$$\beta^* * \Delta V * \Delta P = \beta_g * V_g * \Delta P + \beta_n * V_n * \Delta P + \beta_n * V_n * \Delta P \quad (11.9)$$

мұнда V – қабаттың қатты қаңқасының, мұнайдың және судың көлемінің қосындысына тең, фиктивті ортаның көлемі;

V_{Π}, V_B, V_H - қабаттың жалпы қатты қаңқасының және оны қанықтыратын судың және мұнайдың көлемдері.

β^* - қабат серпімділігінің келтірілген коэффициенті.

m, d_B, d_H белгілеп, сәйкес қабаттың кеуектілігін, су және мұнай қаныққандығын (11.9) формуласының орнына жаза аламыз.

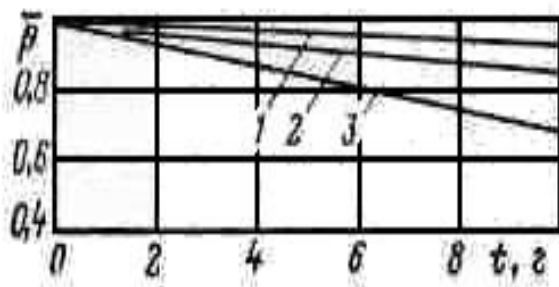
$$\beta^* \cdot V \cdot \Delta P = \beta_e \cdot V \cdot m \cdot \alpha_e \cdot \Delta P + \beta_n \cdot V \cdot m \cdot \alpha_n \cdot \Delta P + \beta_n \cdot V \cdot (1-m) \cdot \Delta P \quad (11.10)$$

немесе

$$\beta^* = m \cdot (\beta_e \cdot \alpha_e + \beta_n \cdot \alpha_n) + \beta_n \cdot (1-m) \quad (11.11)$$

Бұл қабаттық жүйенің серпімділігінің келтірілген көлемдік коэффициенті үшін жалпы түрлену болып табылады. Таусылу режиміне жататын серпімді режим елеулі түрде тұрақтанбаған. Қабатта қысым сұйықтың алуына қарай түседі. Оған ұңғы шеңберінде үздіксіз воронка депрессияның өсуі, депрессияны сақтаудың тұрақтылығында уақыт аралығында жүйелі түрде шығымның төмендеуі немесе шығымды сақтау кезінде уақыт аралығында депрессияның жүйелі өсуі сияқты сипаттар тән болады. Алайда барлық жағдайларда серпімді режим кезінде газ факторы суарынды режимдегі сияқты себептер үшін тұрақты болып қалуы тиіс.

Орташа қабат қысымның төмендеу жылдамдығы, қабатта серпімді энергия қорының жалпы қорына (шоғырды қоршап тұрған су бассейнінің мөлшеріне) тәуелді болуына байланысты әртүрлі болуы мүмкін.



11.4-сурет. Серпімді режим кезіндегі уақыт аралығында өлшемсіз орташа интегралды қабат қысымының өзгеруі.

Уақыт аралығында серпімді режим және тұрақты жылдамдықта сұйықты алу кезінде ($q = \text{const}$) өлшемсіз орташа интегралды қабаттық қысымның қалуын сипаттайтын жуық формуланы шығару қиынға соқпас. Сұйық алудың айнымалы жылдамдығы кезінде, яғни сұйық алудың функциясы берілгенде ұқсас формуланы алуға болады, мысалы сызықты

түрде немесе басқа да бір заңмен өзгереді. ($q=\text{const}$) кезінде қысымның өзгеруі түзу сызықты заңға сәйкес болады, яғни координата басынан емес түзу сызық бойымен. Сұйық алудың айнымалы жылдамдығы кезінде, орташа интегралды қысымның өзгеру заңы, қабатта қисық сызықты болады.

Серпімді режимге қолайлы жағдай туғыздыратын геологиялық шарттар болып, келесілер табылады:

- үнемі қорек көзі болмайтын, жабық шоғыр.
- Мұнайлылық нұсқасының сыртында орналасқан, ауқымды су қаныққан аймақ; газ телпегінің болмауы.
- қабат мұнай қаныққан бөлігінің нұсқа сырты аймағымен тиімді гидродинамикалық байланыста болуы.
- Қабат қысымының қанығу қысымынан жоғары болуы.

Қабатта орташа қысымның $P_{\text{каб}}$ тиімді түсу жылдамдығы кезінде, белгілі бір уақыт ішінде мұнай қорын алу үшін геологиялық мұнай қорына, серпімді жүйенің үлкен қатынасына ие болу керек.

Шоғырды серпімді режим шарттарында игеру барысында қысымның төмендеуі шоғырдың шегінде жүреді, ал бүкіл жүйеде шоғырды қоректендіріп тұратын қысымның серпімді энергиясы (нұсқа сырты) баяу төмендейді.

Аталғандардан, серпімді режим және онымен байланысты үрдістер мұнай өндіру кезінде елеусіз роль атқарады деп ойлаудың қажеті жоқ. Белгілі бір қолайлы шарттарда мұнай қорының барлығы серпімді режим арқылы да алынуы мүмкін (үлкен серпімді - суарынды жүйе болса). Соңғы фактор ұңғы жұмысының режимінің өзгері нәтижесінде пайда болатын ауыспалы үрдістерде елеулі роль атқарады. Бұл кезде қабатта серпімді режим заңы бойынша өтетін қысымның қайта реттелу үрдістері, тежеулі түрде өтетін болады.

Серпімді режимде игерілетін шексіз қабаттың кез-келген нүктесіндегі қысымды анықтау.

Ірі кен орындарының Рпл бастапқы қысымы жоғары болатын және ауқымды тұтыну көзі бар кен орын игеру кезінде қысымның өзара тарау процессі ұзаққа созылады. Бұл процесстер қабаттың және оны қанықтыратын сұйықтардың серпімді қасиеттерінің әсерінен болады. Игеру аймағындағы қысымның төмендеуі сәйкесінше, сұйықтың ұлғайуын және қуыс көлемінің қысқаруын тудырады. Қуыстылық пен сұйық көлемі аз ғана ауқымды (шағын аралықта) өзгергенімен, қабаттың серпімділік қасиетке ие болуына айтарлықтай әсер етеді. Кейде серпімділік қоры, яғни тау жыныстары мен оны қанықтыратын сұйықтардың серпімділік энергиясы есебінен мұнай кенішін толығымен игеруге болады. Бұл жағдайда қабат режимі серпімді деп аталады. Серпімділік қоры мына формуламен есептеледі (анықталады):

$$\Delta V_3 = \beta_{\text{жс}} V_{\text{о.жс}} \cdot \Delta P + \beta_c V_{\text{о.с}} \cdot \Delta P = (m\beta_{\text{жс}} + \beta_c) V_0 \Delta P = \beta^* V_0 \Delta P \quad (11.12)$$

мұнда:

β^* - серпімді сыйымдылық коэффициенті;

Серпімді режим үшін негізгі бөлігі – қабат қысымының қанығу қысымынан жоғары болуы $R_{пл} > R_{нас}$, бұл фильтрациялық ағынның бір фазалығын қамтамасыз етеді.

Серпімді қабат пен оны қанықтыратын серпілмелі сұйықтың көлемді серпімділік коэффициенті (екеуінің де) өте аз мәнге ие болғанымен, қабаттағы қысымның өзара таралу процесі айтарлықтай ұзақ уақытқа созылады. Қабаттың өткізгіштігі аз болған сайын, оны қанықтыратын сұйықтың тұтқырлығы жоғары болған сайын және қабат пен сұйықтың көлемді серпімді коэффициенті үлкен болған сайын, бұл процесс соғұрлым жай жүреді. Қысымның өзара таралу процесінің негізгі сипаттамасы – бұл қабаттың пьезоөткізгіштік коэффициенті (яғни қысымды өткізгіштік коэффициенті).

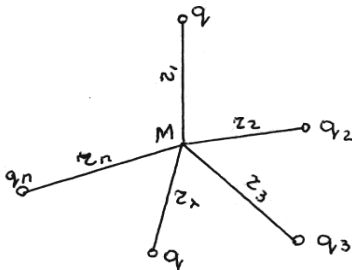
$$\chi = \frac{k}{\mu(m\beta_{жс} + \beta_c)} = \frac{k}{\mu\beta^*}, \quad \frac{м^2}{сек},$$

$$\Delta P_m = P_{нл} - P_m = -\frac{\mu}{4\pi kh} \sum_{\lambda=1}^n q_{\lambda} E_i \left[-\frac{r\tau_{\lambda}^2}{4\chi(t - \tau_{\lambda})} \right], \quad (11.13)$$

мұнда:

$$E_i(-x) = 0,5772 + \ln x + x + \frac{x^2}{2 \bullet 2!} + \frac{x^3}{3 \bullet 3!} + \dots +$$

$$-E_i \left(-\frac{r_c^2}{4\chi t} \right) = \ln \frac{2,25\chi t}{r_c^2}.$$



11.5 - сурет

$\Delta P_m - (t)$ уақыт сәтіндегі М нүктесіндегі депрессия;

q_{λ} - М нүктесіндегі g_{λ} қашықтығында тұрған ұңғының шығымы;

$g\lambda$ -игеру барысынан бастап λ -ұңғымасын іске қосу сәтіне дейін өткен уақыт;
 t -игеру барысынан бастап өткен уақыт;

Егерде М-нүктесінің орнына q_0 шығымы бар ұңғы орналасқан болса, онда 1-ші формулаға тағы да бір қосынды $\Delta P_{зab}$ қосамыз.

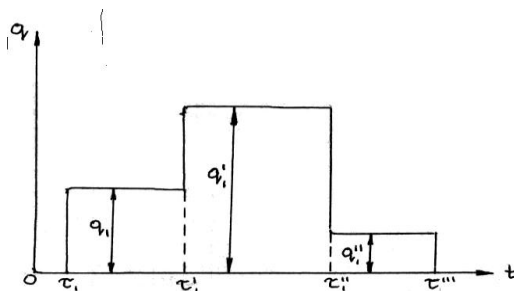
$$P_{зab} = -\frac{q_0 \mu}{4\pi k h} E_i \left[-\frac{r_c^2}{4\chi(t - \tau_2)} \right];$$

Егерде, кен орындағы ұңғылардың арасында айдау ұңғысы бар болса, онда 1-ші формуланың осы ұңғылардың шығымының алдына (-) таңбасын қойуымыз қажет. Еі функциясының өрнегі, яғни бұл функцияның мәні кесте арқылы немесе келесі қатар арқылы есептеледі.

$$E_i(-x) = 0,5772 + \ln x + \frac{x^2}{2 \cdot 2!} + \dots \frac{x^n}{n \cdot n!} \quad \text{немесе}$$

$$E_i \left(-\frac{r_c^2}{4\chi t} \right) \approx \ln \frac{2 \cdot 25 \cdot \chi \cdot t}{r_c^2}$$

Кенішті игеру барысында ұңғылардың шығымы өзгеруі мүмкін.



11.6 -сурет

$\tau_i - q_i$ шығымына ие ұңғының бастапқы жұмысы

$\tau'_i - q'_i$ шығымына ие ұңғының бастапқы жұмысы

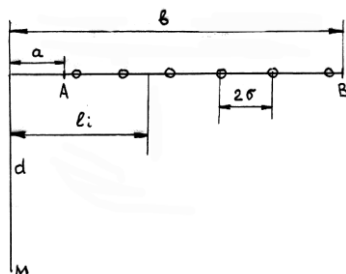
$\tau''_i - q''_i$ шығымына ие ұңғының бастапқы жұмысы

τ_i''' – ұңғының тоқтауы

Онда игеру басынан бастап t уақыт сәтінде M нүктесіндегі депрессия

$$\Delta P_M = -\frac{\mu}{4\pi kh} \left\{ q_i E_j \left[-\frac{r_i^2}{4\chi(t-\tau_i)} \right] + (q'_i - q_i) E_j \left[-\frac{r_i^2}{4\chi(t-\tau'_i)} \right] - (q''_i - q'_i) E_j \left[-\frac{r_i^2}{4\chi(t-\tau''_i)} \right] - q''_i \cdot \right. \\ \left. \left\{ \cdot E_j \left[\frac{r_i^2}{4\chi(t-\tau_i''')} \right] \right\} \right\} \quad (11.14)$$

Ұңғылардың сызықтық орналасу кезінде.



11.7 - сурет

Осы қатардағы ұңғыларды пайдалану әсерінен M нүктесіндегі қысымның өзгеруі келесі формуламен өрнектеледі:

$$\Delta P_M = -\frac{\mu}{4\pi kh} \bar{q} \int_a^b E_i \left[-\frac{d^2 + l^2}{4\chi t} \right] dt \quad (11.15)$$

мұнда:

$\bar{q}$ – қатардың ұзындық бірлігіне келетін меншікті шығым, $\frac{m^3}{c}$

$$\bar{q} = \frac{Q}{AB} = \frac{Q}{2\delta n_y}$$

Q – қатардың жиынтық жалпы шығым, $\frac{m^3}{c}$

2δ - ұңғылар арасындағы қашықтық, м

d – M нүктесінен түсірілген перпендикулярдың ұзындығы, м

a – перпендикуляр соңынан қатар басына дейінгі (А-нүктесі) кесіндінің ұзындығы, м

b – перпендикуляр соңынан қатар соңына дейінгі (В-нүктесіне дейінгі) кесіндінің ұзындығы, м

n – ұңғылар саны

m – депрессия нүктесі

4-ші формуладағы интеграл аналитикалық түрде есептелінбейді.

Оны Симпсонның (параболаның) формуласы бойынша жуықтап есептеуге болады.

$$\int_a^b E_i \left[-\frac{d^2 - l^2}{4\chi t} \right] dt = \frac{\Delta x}{3} (y_0 + 4y_1 + 2y_2 + 4y_3 + 2y_4 + 4y_5 + y_6) \quad (11.16)$$

$$\Delta x = \frac{b-a}{6} \quad l_i = a + i\Delta x$$

5-ші формула бойынша есептелен кезде келесі кестені пайдаланған ыңғайлы:

i	li	yi
0	a	$E_i \left[-\frac{d^2 + a^2}{4\chi t} \right]$
1	a+Δx	$E_i \left[-\frac{d^2 + l_1^2}{4\chi t} \right]$
2	a+2Δx	$E_i \left[-\frac{d^2 + l_2^2}{4\chi t} \right]$
3	a+3Δx	$E_i \left[-\frac{d^2 + l_3^2}{4\chi t} \right]$
4	a+4Δx	$E_i \left[-\frac{d^2 + l_4^2}{4\chi t} \right]$

5	$a+5\Delta x$	$E_i \left[-\frac{d^2 + l_5^2}{4\chi t} \right]$
6	b	$E_i \left[-\frac{d^2 + b^2}{4\chi t} \right]$

$d=0$ кезінде, яғни егер М нүктесі қатардың бойында орналасса.

$$\int_a^b E_i \left[-\frac{l^2}{4\chi t} \right] dt = aE_i \left[-\frac{a^2}{4\chi t} \right] - bE_i \left[-\frac{b^2}{4\chi t} \right] + \sqrt{4\pi\chi t} \left[\operatorname{erf} \frac{b}{2\sqrt{\chi t}} - \operatorname{erf} \frac{a}{2\sqrt{\chi t}} \right] \quad (11.17)$$

$$\operatorname{erf}(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x e^{-u^2} du = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \cdot \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n}{n!} \cdot \frac{x^{2n+1}}{2n+1}$$

Тақырыпты бекітуге арналған сұрақтар:

1. Серпімді режим теориясының негізгі параметрлері қандай?
2. Жинақталған компенсация коэффициенті қалай анықталады?
3. Ағымдағы компенсация коэффициенті қалай анықталады?
4. Депрессия өсуі дегеніміз не?
5. Қабаттың серпімді режимы
6. Қабаттағы сұйықтың серпімді қоры
7. Шоғырдың сарқылу теңдеуі
8. Серпімділіктің сиымдылық коэффициенті
9. Пьезооткізгіштік коэффициент
10. Серпімді режимның негізгі формуласы

ГАЗДЫҢ ҚАЛЫПТАСПАҒАН СҮЗІЛУІ

1. Газдың қалыптаспаған сүзілуінің дифференциалдық теңдеуі.
2. Жолақ тәрізді қабаттағы контурға қысымның тұрақты әсері
3. Газ кеніштерін игеру есептеріне материалдық баланстың қолданылу шарттары.

Газдың қалыптаспаған сүзілуінің дифференциалдық теңдеуі

Қабаттағы және ұңғы түбіндегі қысымдардың айырмашылығына қатынасты, сұйықтың және газдың ұңғы түбіне ағынының пайда болуы негізделеді. Бұл қысым айырмашылығы (депрессия), қабаттағы энергияның түрінен, қабаттағы жыныстың және сұйықтың физикалық қасиеттерінен, ұңғыдағы сұйықты (газды) алу көлемінен туады. Мұнайы немесе газы бар қабат, бұрғыланған ұңғылары мен қоса-бірікен гидравликалық байланысты жүйе екені анық (егерде қабат тектоникалық бұзылысқа ұшырамаса немесе блоктарға бөлінбесе). Пайдалану ұңғылардың тек қана мұнай-газды облысына емес, қоршаған су қысымды облысына және қабаттың созылған шекарасына дейін әсері тиеді. Сондықтан ұңғы түбіне мұнай мен газ ағынын қамтамасыз етіп жатқан кеніштегі күштердің және энергиялардың түрлерін, кеніштің құрылымын, қоршаған облысын және жыныстар мен сұйықтар қасиеттерін және барлық мұнай қабатының бір-бірімен байланысты жүйеде деп есептеп қарастыруымыз қажет.

Генри заңы бойынша сұйықтықтағы газдың еруі қысымға тура пропорционал:

$$V_G = \alpha \cdot P \cdot V_{Ж}, \quad (12.1)$$

Мұндағы, V_G - еріген газдың көлемі, м³; $V_{Ж}$ - сұйықтықтың көлемі, м³; α - еру коэффициенті; P - газдың абсолютты қысымы, Па.

$V_{Ж} = 1$ болғанда, $\alpha = V_G / P$, яғни еру коэффициенті сандық мәнімен қысымның бірлікке жоғарлағандағы бірлік көлемде еріген газ көлеміне тең болады. Мұнайда көмірсутекті газдардың еруі кезінде, Генри заңынан ауытқулар кбақыланады. Еру коэффициенті жоғары қысыммен салыстырғанда төмен қысымда аз болады. Газ қоспасының еру коэффициенті контактта орналасқан мұнай мен газ көлемдерінің жағдайына байланысты. Температура жоғарлаған сайын газ қоспасының еруі төмендейді. Мұнайлы газдың әртүрлі компоненттерінің ерігіштігі де әр түрлі болады. Газдардың молекулярлы массасы жоғарлаған сайын олардың ерігіштігі де жоғарылайды. Мұнайдан газдың бөлініп жатқан кездегі қысымды қабаттың қанығу қысымы деп аталады. Қанығу қысымы мұнай мен газ құрамына және олардың көлемдік қатынастары мен температураларына байланысты.

Егер, қабатта газ шапкасы болса, онда қанығу қысымы қабат қысымына тең немесе жақын болады.

Өндірілген 1 тонна мұнайдағы газдың көлемі m^3 газ факторы деп аталады.

Ұңғы түбіне сұйықтың, мұнай мен газдың ағысын шақыратын қабаттағы энергияның түрінен, қабаттағы жыныстың және сұйықтың физикалық қасиеттерінен, ұңғыдағы сұйықты (газды) алу көлемінен туады. Мұнайы немесе газы бар қабат, бұрғыланған ұңғылары мен қоса-бірікен гидравликалық байланысты жүйе екені анық (егерде қабат тектоникалық бұзылысқа ұшырамаса немесе блоктарға бөлінбесе). Пайдалану ұңғылардың тек қана мұнай-газды облысына емес, қоршаған су қысымды облысына және қабаттың созылған шекарасына дейін әсері тиеді. Сондықтан ұңғы түбіне мұнай мен газ ағынын қамтамасыз етіп жатқан кеніштегі күштердің және энергиялардың түрлерін, кеніштің құрылымын, қоршаған облысын және жыныстар мен сұйықтар қасттерін және барлық мұнай қабатының бір-бірімен байланысты жүйеде деп есептеп қарастыруымыз қажет.

Ұңғы түбіне сұйықтың, мұнай мен газдың ағысын шақыратын қабаттағы энергияның көзі деп келесі энергия тобын белгілейміз: қабаттағы суарынды энергиясы; сығылған бос және мұнайда ерітілген газ энергиясы; сығылған жыныстардың және сұйықтардың серпімділігінен пайда болатын энергия; сұйықтар мен мұнайдың салмағынан пайда болатын энергия. Әр түрлі қабат энергиясының бірікенінен немесе бір ғана энергияның әсерінен мұнай мен газдың және сұйықтың қабат ішінде қозғалуы айқын болды. Әрмен қарай кен орындардың игеру мінездемелері кеніштіктегі энергиялық ерекшеліктерге байланысты екенін көрсетеміз.

Көлемі бойынша өлшенген мұнайға қанығушылық:

$$\tilde{S} = \frac{1}{\Omega} \int_{\Omega} S d\Omega \quad (12.2)$$

мұндағы:

$$\Omega = \pi(r_K^2 - r_C^2)hm - \text{кеніштің қуысты кеңістігінің көлемі.}$$

Кеніштің сарқылуының дифференциалдық тендеуі

$$Q_H dt = -\Omega d\tilde{S} \quad (12.3)$$

яғни,

$$Q_H = -\Omega \frac{d\tilde{S}}{dt} \quad (12.4)$$

$$\text{Газ шығымы } Q_r, \text{ орташа қысым } P' = \frac{\tilde{P}}{P_{ATM}} \text{ және қанығушылық } \tilde{S}$$

арқылы атмосфералық қысымға келтіріліп мына түрде бейнеленеді:

$$Q_T dt = -d[\Omega \alpha_o \tilde{S} \tilde{P}' + \Omega(1 - \tilde{S}) \tilde{P}'] = \\ -\Omega \alpha_o (\tilde{P}' d\tilde{S} + \tilde{S} d\tilde{P}') - \Omega [(1 - \tilde{S}) d\tilde{P}' - \tilde{P}' - d\tilde{S}] \quad (12.5)$$

12.5-ші формулаға енетін $\Omega \alpha_o \tilde{S} \tilde{P}'$ мен $\Omega(1 - \tilde{S}) \tilde{P}'$ мәндер қабатта еріген және газдың сәйкесті көлемдері атмосфералық қысымға келтірілген болып есептеледі. 24.5-ші формуладан мынаны аламыз:

$$Q_T = -\Omega \alpha_o \left(\tilde{P}' \frac{d\tilde{S}}{dt} + \tilde{S} \frac{d\tilde{P}'}{dt} \right) - \Omega \left[(1 - \tilde{S}) \frac{d\tilde{P}'}{dt} - \tilde{P}' \frac{d\tilde{S}}{dt} \right] \quad (12.6)$$

12.7-ші формуланы 12.5-ші формулаға бөле отырып, мынаны аламыз:

$$\Gamma = \Omega \alpha_o \left(\tilde{P}' + \tilde{S} \frac{d\tilde{P}'}{d\tilde{S}} \right) + \left[(1 - \tilde{S}) \frac{d\tilde{P}'}{d\tilde{S}} - \tilde{P}' \right] \quad (12.7)$$

$$\Gamma = \tilde{P}'(\alpha_o - 1) + \frac{d\tilde{P}'}{d\tilde{S}} [\tilde{S}(\alpha_o - 1) + 1]$$

Жеткілікті дәлдікпен былай қабылдауымызға болады:

$$\tilde{P}' \cong P_K' \quad \text{және} \quad \tilde{S} \cong S_K \quad (12.8)$$

Онда 6-шы формула былай жазылады:

$$\Gamma = P_K'(\alpha_o - 1) + \frac{dP_K'}{dS_K} [S_K(\alpha_o - 1) + 1] \quad (12.9)$$

Басқа жағынан:

$$\Gamma = P_K' [\mu_o G(S_K) + \alpha_o]$$

$$\Gamma = \frac{\mu_H}{\mu_\Gamma} P_K' [G(S_K) + a] \quad (12.10)$$

$$a = \frac{\mu_\Gamma}{\mu_H} \alpha_o$$

12.10-шы формуламен 12.9-ші формуланы теңестіре отырып және айнымалыларды (переменные) бөле отырып, мынаған ие боламыз:

$$\frac{dP_K'}{P_K'} = \eta(S_K) dS_K \quad (12.11)$$

$$\text{мұнда} \quad \eta(S_K) = \frac{\mu_o [G(S_K) + a] - \alpha_o + 1}{S_K(\alpha_o - 1) + 1}; \quad \mu_o = \frac{\mu_H}{\mu_\Gamma}$$

12.11-шы өрнекті интегралдай отырып мынаны аламыз:

$$\int_{P'_H}^{P'_K} \frac{dP'_K}{P'_K} = \int_{S_H}^{S_K} \eta(S_K) dS_K \quad \text{мынаны табамыз:}$$

$$\ln \frac{P'_K}{P'_H} = \int_{S_H}^{S_K} \eta(S_K) dS_K, \quad \text{бұдан} \quad P'_K = P_H e^{\psi(S_K)} \quad (12.12)$$

мұндағы:

$$\psi(S_K) = \int_{S_H}^{S_K} \eta(S_K) dS_K \quad (12.13)$$

12.12-ші теңдеу нұсқадағы қысым мен қанығушылық арасындағы тәуелділікті белгілейді.

12.12-ші формуланы ескере отырып, 12.4-ші теңдеу былай жазылады:

$$Q_H = -\Omega \frac{dS_K}{dt} \quad (12.14)$$

Шығымдар мен түп қысымдардың өзгерісін жуықталған тәсілмен анықтайды.

Шығымды келесі формула бойынша анықтайды:

$$q_H = \frac{2\pi k h (H_K - H_C)}{\ln \frac{r_K}{r_C} - \frac{1}{2}} \quad (12.15)$$

мұндағы: $(H_K - H_C)$ - Христиановичтің жалпыланған функциясының айырмашылығы.

$$(H_K - H_C) = \int_{P_C}^{P_K} \frac{F_H(S)}{\mu_H(P)\beta(P)} dP \quad (12.16)$$

Интеграл астындағы функцияны тәуелді түрде аппроксимациялаймыз.

$$\frac{F_H(S)}{\mu_H(P)\beta(P)} = ap + b \quad (12.17)$$

12.17-ны 12.16-ші формулаға қойып, интегралдап мынаны табамыз:

$$(H_K - H_C) = \frac{a}{2} (P_K^2 - P_C^2) + b(P_K - P_C) \quad (12.18)$$

мұндағы:

$$a = \frac{\frac{F_H(S_K)}{\mu_H(P_K)\beta(P_K)} - \frac{F_H(S_C)}{\mu_H(P_C)\beta(P_C)}}{P_K - P_C} \quad (12.19)$$

$$b = \frac{F_H(S_K)}{\mu_H(P_K)\beta(P_K)} - aP_K \quad (12.20)$$

A). Берілген түп қысымы кезіндегі шығымдарды анықтау:

12.16-ші формула бойынша 12.18-шы формуланы ескере отырып, шығым теңдеуін, мына түрде жазуға болады:

$$q_H = \frac{2\pi kh(P_K - P_C)\varphi}{\ln \frac{r_K}{r_C} - \frac{1}{2}} \quad (12.21)$$

мұндағы:

$$\varphi = \left| \frac{F_H(S)}{\mu_H(P)\beta(P)} \right|, \quad P = \frac{P_K + P_C}{2} \quad (12.22)$$

Пайдалану сипатының уақыт (сәтіндегі) бойынша өзгерісі мына формула бойынша анықталады:

$$t = \pi_K^2 hm \int_{S_K}^{S_0} \frac{1}{q_H} d \left[\frac{S}{\beta(P)} \right] \quad (12.23)$$

мұнда интеграл сандық түрде, яғни сандық әдісті қолданып алынады:

$$t = \pi_K^2 hm \sum \frac{1}{2} \left(\frac{1}{q_{H_i}} + \frac{1}{q_{H_{i+1}}} \right) \left[\frac{S_i}{\beta(P_i)} - \frac{S_{i+1}}{\beta(P_{i+1})} \right] \quad (12.24)$$

B). Берілген шығым кезіндегі түп қысымынан анықтау:

12.15-ші және 12.18-ші теңдеулерін бірге шешеміз:

$$P_C = -\frac{b}{a} + \sqrt{\left(\frac{b}{a}\right)^2 - c} \quad (12.25)$$

мұндағы:

$$c = P_K^2 - \frac{2b}{a} P_K + \frac{q_H}{2\pi kh} \left(\ln \frac{r_K}{r_C} - \frac{1}{2} \right) \quad (12.26)$$

P_K және S_K мәндерінің әрбір жұптарына сәйкесті уақыт мына формула бойынша анықталады:

$$t = \frac{\pi_K^2 h m}{q_H} \left[\frac{S_O}{\beta(P_O)} - \frac{S_K}{\beta(P_K)} \right] \quad (12.27)$$

мұнда P_O және S_O -бастапқы уақыт сәтіндегі қысым мен қанығушылық. Есептеу кезінде P_K -ға бірқатар мәндер беріледі және оларға сәйкес келетін S_K мәндері формула бойынша есептеліп шығарылады:

$$S_{ki+1} = \frac{\frac{\bar{G} - S(P_{ki})}{\rho_{GO}} S_{ki} - (1 - S_{ki}) \frac{\rho_{\Gamma}(P_{ki})}{\rho_{GO}} + \frac{\rho_{\Gamma}(P_{ki+1})}{\rho_{GO}}}{\frac{\bar{G} - S(P_{ki+1})}{\rho_{GO}} + \frac{\rho_{\Gamma}(P_{ki+1})}{\rho_{GO}}} \quad (12.28)$$

мұндағы: ρ_{GO} - стандартты жағдайдағы газдың тығыздығы. $\bar{G}$ - орташа газ факторы.

$S(P)$ - P қысымы кезіндегі бірлік көлемде еріген газдың массасы.

$$\bar{G} = \psi(S) \frac{\mu_H(P)}{\mu_{\Gamma}(P)} \beta(P) \frac{\rho_{\Gamma}(P)}{\rho_{GO}} + \frac{S(P)}{\rho_{GO}} \quad (12.29)$$

$$\psi(S) = \frac{F_{\Gamma}(S)}{F_H(S)} - \text{Царевич кестесімен анықталады.}$$

Газ кеніштерін игеру есептерінде материалдық балансты әдістің қолданылуы

Газдың қанығуы әрі қарай өскен кезде, көбіктер бірігеді және сақиналы құрылым немесе тұман құрылымы пайда болады. Сұйықтың бір бөлігі, тамшы түрінде, газ ағыны мен тасымалданады, ал бір бөлігі үйкеліс күшінің есебінен, газбен шығарылатын құбыр қабырғасының бойымен қозғалады. Ағынның мұндай құрылымы кезіндегі, салыстырмалы жылдамдығы айтарлықтай (секундына ондаған метрге жете алуы) және онша үлкен емес болуы мүмкін (құбыр қабырғасындағы сұйықтың сақиналы қабығының қалыңдығы елеусіз болғанда және де сұйық негізінен майда тамшы түрінде газ ағынымен тасымалданғанда). Көрсетілген құрылымдардан басқа, тағы да аралық түрлерді айта кетуге болады. Құрылымның түрі тек қана, газға қанығуға емес, ол фазаның жылдамдығына және сұйық пен газдың қасиеттеріне де байланысты болады.

Газға қанығуының екі түрін ажыратады: шығынды β -берілген термодинамикалық жағдайларда, газдың көлемдік шығынының қоспаның шығынына қатынасы және нақты ϕ -ішінде газ толтырылған құбырдың, орташа ауданының, құбырдың қимасының ауданына қатынасы. Егерде сұйық пен газ бірдей жылдамдықпен қозғалған болса $\phi=\beta$ тең болар еді. Қоспаның шығып келе жатқан ағынында, газ үлкен жылдамдықпен қозғалады, сондықтан $\phi<\beta$ және ϕ аз болған сайын салыстырмалы жылдамдықта соғұрлым үлкен болады. Шынында да, газ бірдей шығын кезінде, үлкен жылдамдықпен қозғала отырып, құбыр қимасының аз ауданын алады. Демек, салыстырмалы жылдамдықтың өсуімен, қоспа құрамындағы газ азаяды, ал бұл оның тығыздығының көбейіміне әкеп соқтырады.

Көп жағдайларда ұңғыманың фонтандауының сарқылыуына себеп болатын қабат қысымының төмендеуі емес, ұңғыма өнімінің сулануы болуы мүмкін неге десеңіз сұйықтың тығыздығы көбейеді, ал газ көбікшелерінің саны азайады.

Ұңғыма өнімінің сулануына байланысты сұйықтың тығыздығы ұлғайып, сұйықтағы еріген газ мөлшері азаяды. Егерде түп қысымы қанығу қысымынан төмен түсіп кетсе, еріген газ мұнайдан толық айырылып, ал су бөлшегінде газ өте аз болғандықтан сұйықтың тығыздығы ұлғайып, қоспадағы газ мөлшері төмендейді. Мұндай жағдайда ұңғымаға қосымша энергия керек (тығыздалған газ энергиясы немесе сораптың механикаланған энергиясы).

Газдың қанығуы әрі қарай өскен кезде, көбіктер бірігеді және сақиналы құрылым немесе тұман құрылымы пайда болады. Сұйықтың бір бөлігі, тамшы түрінде, газ ағыны мен тасымалданады, ал бір бөлігі үйкеліс күшінің есебінен, газбен шығарылатын құбыр қабырғасының бойымен қозғалады. Ағынның мұндай құрылымы кезіндегі, салыстырмалы жылдамдығы айтарлықтай (секундына ондаған метрге жете алуы) және онша үлкен емес болуы мүмкін (құбыр қабырғасындағы сұйықтың сақиналы қабығының қалыңдығы елеусіз болғанда және де сұйық негізінен майда тамшы түрінде газ ағынымен тасымалданғанда). Көрсетілген құрылымдардан басқа, тағы да аралық түрлерді айта кетуге болады. Құрылымның түрі тек қана, газға қанығуға емес, ол фазаның жылдамдығына және сұйық пен газдың қасиеттеріне де байланысты болады.

Газға қанығуының екі түрін ажыратады: шығынды β -берілген термодинамикалық жағдайларда, газдың көлемдік шығынының қоспаның шығынына қатынасы және нақты ϕ -ішінде газ толтырылған құбырдың, орташа ауданының, құбырдың қимасының ауданына қатынасы. Егерде сұйық пен газ бірдей жылдамдықпен қозғалған болса $\phi=\beta$ тең болар еді. Қоспаның шығып келе жатқан ағынында, газ үлкен жылдамдықпен қозғалады, сондықтан $\phi<\beta$ және ϕ аз болған сайын салыстырмалы жылдамдықта соғұрлым үлкен болады. Шынында да, газ бірдей шығын кезінде, үлкен жылдамдықпен қозғала отырып, құбыр қимасының аз ауданын алады. Демек, салыстырмалы жылдамдықтың өсуімен, қоспа құрамындағы газ азаяды, ал бұл оның тығыздығының көбейіміне әкеп соқтырады.

Көп жағдайларда ұңғыманың фонтандауының сарқылыуына себеп болатын қабат қысымының төмендеуі емес, ұңғыма өнімінің сулануы болуы мүмкін неге десеңіз сұйықтың тығыздығы көбейеді, ал газ көбікшелерінің саны азайады.

Жаңа кеніш немесе газдың белгілі бір бөлігі алынған кеніштер үшін газдың қорын есептеу қажет. Стандарттық жағдайға келтірілген кеніштегі газдың баланстық қоры мына формула бойынша есептеледі:

$$V_g = F h m s_g \frac{P_{пл} T_{ст}}{P_o T_{пл} Z} \quad (12.30)$$

Мұндағы, V_g – газдың баланстық қор, стандарттық жағдайға келтірілген, m^3

s_g – қабаттың орташа газға қанығушылығы;

$P_{пл}$, P_o – қабат және нормальді қысым, МПа;

$T_{пл}$, $T_{ст}$ – қабат және стандартты температура, К;

Z – реал газдың сығымдылық коэффициенті.

Кей кезде қабаттың газға қанығушылығын суға қатысты қарастырады. Бұл кезде газға қанығушылық:

$$s_g = 1 - s_w \quad (12.31)$$

Тақырыпты бекітуге арналған сұрақтар:

1. Газдың қалыптаспаған сүзілуінің дифференциалдық теңдеуі қандай?
2. Генри заңы бойынша сұйықтықтағы газдың еруі қандай шамаға тура пропорционал?
3. Шығымдар мен түп қысымдардың өзгерісін қандай тәсілмен анықтайды?
4. Өндірілген 1 тонна мұнайдағы газдың көлемі m^3 не деп аталады?
5. Газ кеніштерін игеру есептерінде материалдық балансты әдістің қолданылуы жағдайы
6. Газ кеніштерін игеру ерекшеліктері қандай?
7. Газға қанығуының неше түрін ажыратады?

ЖАРЫҚШАҚТЫ ЖӘНЕ ЖАРЫҚШАҚТЫ-КЕУЕКТІ ҚАБАТТАРДАҒЫ СҰЙЫҚТЫҚТАРДЫҢ ҚАЛЫПТАСПАҒАН СҮЗІЛУІ

1. Негізгі дифференциалдық теңдеулер.
2. Ұңғының ұзақ уақыт бойы тұрақты дебитпен жұмысының тоқтауы.

Деформацияланған қабаттағы сұйықтықтың қалыптаспаған сүзілуі

Ньютондық емес сұйықтықтардың қозғалысын зерттеу өте қиын. Себебі, қозғалыс кезінде көптеген физико-химиялық процесстер қабаттаса жүреді. Математикалық жағынан есептеу де өте қиын. Ньютондық емес сұйықтықтардың ньютондық сұйықтықтардан айырмашылығы өте көп. Қысым градиенті мен үйкеліс күші өте жоғары болады.

Бұл тәуелділіктің графигі ньютондық емес сұйықтықтардың ағу қисығы немесе реограмм деп аталады. Ньютондық емес сұйықтықтардың бірнеше түрі бар. Дилатантты және псевдопластикалық ньютондық емес сұйықтықтардың реограммасы бірдей, ал консистенттілігі - k ен ньютондық сұйықтық айырмашылығының мөлшері - n әр түрлі болады. Осы түрлерді сипаттау үшін тиімді тұтқырлық ұғымы да қолданылады. Бұл кезде ньютондық емес сұйықтықтардың реограммасын сызықтық тәуелділікке ауыстырады.

$$\tau = k \left(\frac{dv}{dr} \right)^n \quad \tau = \pm \mu, \frac{dv}{dr}.$$

Бұл кезде тиімді тұтқырлық көлемі үйкеліс күшінің интервалына байланысты болады.

Тұтқырпластикалық (бингамов) сұйықтықтардың қасиеті қатты дененің және сұйық дененің де қасиетіне ұқсас болып келеді.

Тұтқырпластикалық сұйықтықтың құбырдағы қозғалысы.

Тұтқырпластикалық сұйықтықтар құбырда қозғалу үшін құбырдың басы мен соңындағы қимасында қарқын туғызу керек.

Бұл кезде құбырдағы сұйықтық ламинарлы қозғалады. Кеңістіктегі құрылымын бұзбайды. Бұл құрылым қарқын көбейгенде бұзылады.

Сұйықтық ағысының құрылымдық режимі дегеніміз – құбырдың қабырғасында сұйықтық ламинарлы қабаты, ортаңғы бөлігінде ағыстың ядросы болады, сұйықтық өзінің құрылымын сақтай отырып қозғалады, яғни қатты денеге ұқсас болып келеді.

Қима бойынша сұйықтық жылдамдығын былай анықтауға болады:

$$u(r) = \frac{r_0}{\tau_r} \int_{\tau}^{\tau_r} \frac{\tau - \tau_0}{\mu} d\tau$$

мұндағы, τ_r – құбыр қабырғасындағы кернеу;
 $u(r)$ – арақашықтықтағы сұйықтық жылдамдығы;
 r – радиус;

Сұйықтық ағысының турбуленттік режимі.

Тұтқырпластикалық сұйықтық қозғалысы ньютондық емес сұйықтықтың турбулентті ағысынан аса көп ерекшеленбейді. Айырмашылығы тек үйкеліс күші мен Рейнольдс санында.

Жоғарыда атап өткендей қабатқа ең аз сұйық ағысының түсуі Дарси заңына және аномальдік сұйықтық тәртібіне бағынбайды. Берілген аномальдік кеуекті орта материалы мен фильтрациялық сұйық әсерімен байланысты, ал сұйықтар осыған байланысты ньютондық атқа ие болды.

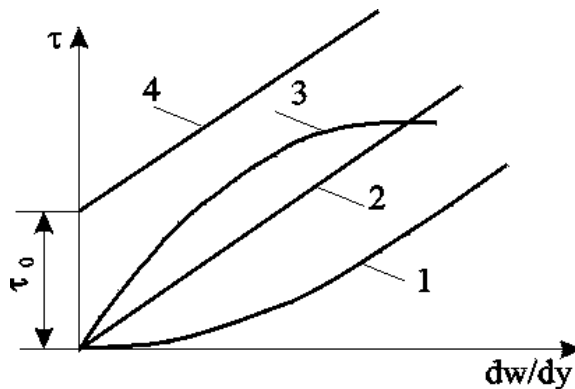
Ньютондық сұйықтар ағысы Ньютон заңымен суреттеледі.

$$\tau = \mu \frac{du}{dy}$$

Стационарлы реологиялық сұйықтықтар-тек градиент жылдамдығына қатысты кернеуінен тәуелді.

$$\tau = f\left(\frac{du}{dy}\right)$$

Градиент жылдамдығынан τ тәуелді қатысты кернеу.



13.1-сурет.

Стационарлы емес реологиялық сұйықтықтар- τ және du/dy арасындағы байланыс кернеуінің уақыт әсерінен тәуелді.

$$\tau = f\left(\frac{du}{dy}, t\right)$$

Тұтқыр пластикалы сұйықтар үшін теңдіктің келесідей түрі бар

$$\frac{du}{dy} = \frac{1}{\mu} (\tau - \tau_0)$$

$\tau > \tau_0$ болғанда

$$\frac{du}{dy} = 0$$

Тыныштықтағы сұйықтықтың қисық сызықты жазықтыққа мысал ретінде резервуардың сфералық немесе цилиндрлік қабырғасын және құбыр қабырғасын айтуға болады.

Инженерлік практикадағы есептеуде қисық сызықты жазықтыққа әсер ететін қысым күшін, клапанды ашуға қажетті немесе жабық қалпын ұстап тұратын күшті анықтау керек болады.

Қисық сызықты жазықтыққа әсер ететін қысым күшін анықтаудың қиындығы әрбір қисық сызықты жазықтықтағы элементар ауданға әсер ететін элементар қысым күші сол ауданға нормальмен бағытталған және бөтен элементар қысым күші арасында бұрыш болады. Онда, қисық сызықты жазықтыққа әсер ететін қысым күшін анықтаған кезде элементар қысым күшін dR қисық сызықты жазықтық ауданы бойынша интегралдау керек. Инженерлік практикадағы есептеу үшін бұл жол қиын.

Сондықтан, қисық сызықты жазықтыққа әсер ететін қысым күшінің тең әсерлі күші екі немесе үш бағытта қабылданған құрама күштердің геометриялық қосындысы ретінде қарастыру әдісі қолданады:

$$\bar{R} = \bar{R}_x + \bar{R}_y + \bar{R}_z \quad (13.1)$$

Техникада қолданылатын қисық сызықты жазықтығы бар беттің көп жағдайда симметрия немесе айналу осі болады. Олай болса, бұндай жазықтық үшін қысым күшінің тең әсерлі күшін анықтауға екі құрама күштердің (горизонталь және вертикаль) геометриялық қосындысы жеткілікті:

$$\bar{R} = \sqrt{\bar{R}_x^2 + \bar{R}_y^2} \quad (13.2)$$

Қисық сызықты жазықтыққа әсер ететін горизонталь құрама күш, қисық сызықты жазықтықтың вертикаль жазықтыққа проекциясына әсер ететін қысым күшіне тең болады:

$$R_x = \rho \cdot g \cdot y_C \cdot A_y \quad (13.3)$$

Мұндағы: ρ - сұйықтық тығыздығы; A_y - қисық сызықты жазықтықтың вертикаль жазықтыққа проекциясының ауданы; y_C - бос

беттен бастап есептелген вертикаль жазықтыққа проекциясының ауырлық центрі.

Вертикаль жазықтыққа проекциясының бату тереңдігі h_C вертикаль жазықтыққа проекциясының ауырлық центрімен y_C сәйкес келеді, сондықтан y_C - ны бату тереңдігі немесе ауырлық центрі деңгейіндегі арын деп атауға болады.

Бөтен сөзбен айтқанда, горизонталь құрама күшті анықтау үшін қисық сызықты жазықтықты вертикаль жазықтыққа проекциялап, алынған проекция үшін қысым күшін анықтау керек.

(26.3) формуласын жазық қабырға үшін қысым күшінің (2.5) формуласымен салыстырсақ, онда ұқсас есептеу тәуелділігін көреміз. Олай болса, y_D координатасын немесе горизонталь құрама күштің әсер ету нүктесін, яғни қысым центрін вертикаль жазық беттің формуласымен анықтаймыз:

$$y_D = y_C + \frac{I_C}{y_C A_y} \quad (13.4)$$

Мұндағы: I_C - горизонталь оське қатысты вертикаль проекцияның центрлік инерция моменті.

Қисық сызықты жазықтыққа әсер ететін вертикаль құрама күш көлемдегі (қысым денесі) сұйықтықтың ауырлық күшіне тең:

$$R_y = \rho g V_{\kappa, \partial}, \quad (13.5)$$

Мұндағы: $V_{\kappa, \partial}$ - қысым денесінің көлемі.

«Қысым денесі» деген түсінікті қарастырайық.

Қысым денесі – келесі шектеулермен шектелген қисық сызықты көлем:

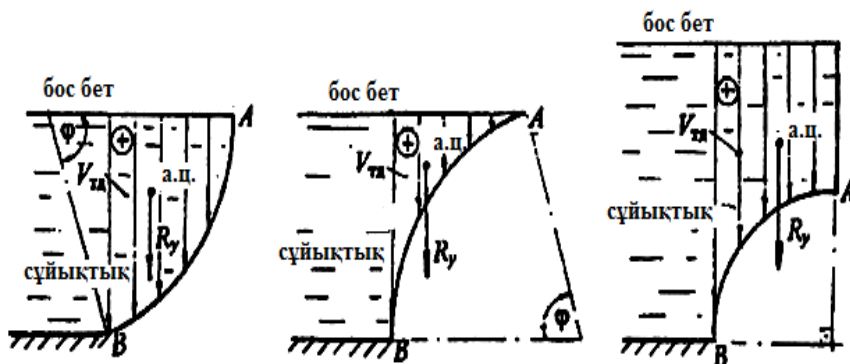
- а) қисық сызықты беттің өзімен;
- б) қисық сызықты беттің сұйықтықтың бос бетіне вертикаль проекциясы немесе оны ұзартқаннан.
- в) қисық сызықты беттің сұйықтықтың бос бетіне горизонталь проекциясы немесе оны ұзартқаннан.

«Қысым денесін» екі түрге бөледі:

3. Нақты немесе оң қысым денесі.

Бұл қысым денесі, қисық сызықты беттің ығылданған жақ бетіне салынған, яғни ауырлық күші нақты қисық сызықты бетке әсер етеді. Қысым күшінің вертикаль құрама күші R_y көлемнің ауырлық центрінен төмен қарай бағытталған және оң деп есептеледі.

Қысым күшінің оң мәніне және AB қисық сызықты бет үшін вертикаль құрама күшіне R_y мысалдар 13.2-ші суретте көрсетілген.

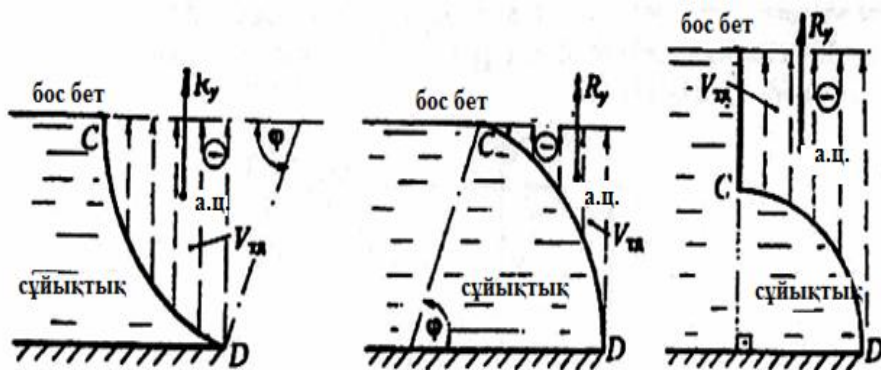


13.2-ші сурет

4. Жалған немесе теріс қысым денесі.

Бұл қысым денесі, қисық сызықты беттің ығылданбаған жақ бетіне салынған, яғни қысым денесі көлемінде сұйықтық жоқ. Қысым күшінің вертикаль құрама күші R_y көлемнің ауырлық центрінен жоғары қарай бағытталған және теріс деп есептеледі.

Қысым күшінің теріс мәніне және CD қисық сызықты бет үшін вертикаль құрама күшіне R_y мысалдар 13.3 - ші суретте көрсетілген.



13.3 – ші сурет

Қысым денесінің анықтамасы мен қысым денесін құру мысалдарынан қысым денесін құру әдісін көрсетуге болады.

Қысым денесін және оның түрін (оң немесе теріс) анықтау үшін қисық сызықты беттің контурынан, яғни қисық сызықты беттің барлық нүктелерінен бос бетке шейін вертикаль сызықтар жүргізу керек.

Егер вертикаль сызықпен сызылған көлем сұйықтықпен толса, онда қысым денесі оң болады. Төмен қарап бағытталған стрелка арқылы сұйықтық

қисық сызықты бетке әсер ететінін көреміз (13.2 - сурет). Сонымен, вертикаль сызықпен сызылған көлемді қысым денесінің эпюрасы дейміз.

Қысым денесінің ауырлық центрінің орнын анықтаймыз. Ауырлық центрінен қысым күшінің вертикаль құрама күшін R_y төмен бағыттаймыз.

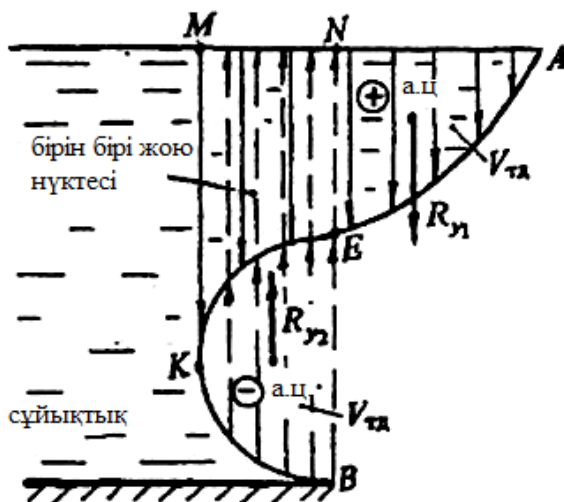
Қарама қарсы жағдайда, егер вертикаль сызықпен сызылған көлем сұйықтықпен толмаса, қысым денесі ығалданбаған жақта болса, онда теріс деп есептейміз.

Стрелканы жоғары бағытталған етіп көрсетеміз, яғни сұйықтық қисық сызықты бет конфигурациясынан сыртта болады. Теріс қысым денесінің ауырлық центрінен қысым күшінің вертикаль құрама күшін R_y жоғары бағыттаймыз (13.2- сурет).

Енді салу кезінде екі қысым денесі пайда болатын жағдайды қарастырайық (13.3 – ші сурет). Сұйықтық арынын ұстап тұрған AKB қисық сызықты бетті қарастырайық. Қисық сызықты бетті екіге бөлуге болады - AK және KB .

Көрсетілген әдіс бойынша AK бөлігі үшін қысым денесін саламыз. AK ығалданған бетке салынған көлемі AKM , таңбасы оң қысым денесін аламыз.

KB қисық сызықты бет үшін көлемі $KMNE$, KB ығалданбаған бетке салынған, таңбасы теріс қысым денесін аламыз.



13.4- ші сурет

$KMNE$ көлемінде оң қысым денесі мен теріс қысым денесі беттеседі де, қысқарып кетеді.

Олай болса екі қысым денесі болады: көлемі ANE , вертикаль құрама күш R_{y1} төмен бағытталған, таңбасы оң және көлемі EKB , вертикаль құрама күш R_{y2} төмен бағытталған, таңбасы теріс.

Тақырыпты бекітуге арналған сұрақтар:

1. Деформацияланған қабаттағы сұйықтықтың қалыптаспаған сүзілуі қандай жағдайда жүреді?
2. Ньютондық емес сұйықтықтардың неше түрі бар?
3. Жалған немесе теріс қысым денесі дегеніміз не?
4. Қысым денесі дегеніміз не?

ҚАБАТТАРДЫҢ МҰНАЙБЕРГІШТІГІН АРТТЫРУ ЖОЛДАРЫ

Дәріс жоспары:

1. Мұнайдың балансты қорларын ұлғайту әдістері.
2. Судың жуушы және мұнайды ығыстырушы қасиеттері.
3. ББЗ суын өңдеу.
4. Мұнайқайтарымын ұлғайту үшін көмірқышқылын қолдану.
5. Ертінділермен қабаттан мұнай ығыстыру.

Бірінші реттік және екінші реттік әдістерімен ұңғыдан шығаруға болатын барлық мұнай секілді, әзірлеуші дайындаушы қабаттардың мұнайбергіштігін арттыру – үшінші реттік әдісті пайдалану шешімін қабылдай алады. Бұл әдістер өте қымбатқа түседі және олардың біразы әлі күнге дейін эксперименттік кезеңде. Алайда, олар мұнай ұңғыларынан өнім шығаруды ұлғайтады және болашақта, егер шикі мұнайдың бір барелліне баға едәуір өсетін болса, өте пайдалы бола алады. Қабаттардың мұнайбергіштігін арттырудың (ҚМА) келешекті әдістері негізгі түш санатқа бөлінеді: қабатқа химиялық ерітінділерді айдау, мұнаймен араластырылатын реагенттерді айдау және жылу әдістерімен шығару. Осы жалпы әдістердің шектерінде өзін тиімді ақтаған клесідегідей технологиялары деп саналады: қабатқа полимерлер ерітінділерін айдау, беткі – белсенді заттар (ББЗ) ерітінділерін айдау сілтілерді айдау, айдау, қабаттық флюидтерді бұмен және от жалынымен шарпу, т.б. ББЗ – нің осы әдістерін қарастырумен олар қалай әсер ететіндігін толығырақ білеміз. Химиялық ерітінділерді қабатқа айдау. Химиялық әдістер – бұл қабатқа полимерлік, ББЗ (мицеллярлық полимерлерді, микроэмульсияларды) және сілтілі ерітінділерді айдау. Осы үрдістердің бәрінде суға химиялық реагенттер қосылады, мұның өзі, мұнайқайтарымы үшін неғұрлым қолайлы болатын кезеңді болу шекарасында осындай жағдайларды құру немесе қабаттық флюидтерге осындай

қасиеттерді беру. 4 – ші әдістеме кеңінен пайдаланылады: қабатқа полимер ерітінділерін, ББЗ ерітінділерін және сілтілердің ерітінділерін айдау.

Сілтілі ерітінділерді айдау үшін натрий гидроксиді, натрий карбонаты немесе натрий оргоселикаттары секілді органикалық емес сілтілері пайдаланады. Мұнаймен араласушы агенттерді айдау, мұнайқайтарымын арттыру үшін мұнаймен араласушы ерітінділер ретінде көміртегінің диоксиді, азот немесе көмірсутектері пайдаланылады. CO_2 элементін айдап кіргізу – біршама жаңа әдістеме, ол болашақта мұнай қайтарымын арттыру әдістеріне үлкен қосады деп күтілуде. (мұнайды сұйықпен араластыру көмегі кезінде), көміртегінің диоксиді мұнайды жылжуы үшін қуатты қозғалтқышы болып табылады. Бастапқы CO_2 мұнаймен араластырылмайды. Алайда, ол коллекторда шикі мұнай мен жанасуға кірісуімен одан кейбір көмірсутекті компоненттерді шығарып, осылайша мұнай еріткіші болып шығады. Мұнайды CO_2 элементімен араластыру кезінде газлифтілі секілді құбылысқа жолығамыз: мұнай едәуір сұйық және жеңіл араласатын болып шығады. Осы әдісті қолдану көмірқышқылдарының әсер етуі нәтижесінде жабдықпен ұңғыларды тот басудан қорғаудан проблемаларын шешудің қажеттілігі түрінде болуы тиіс. Мұнайды жоғары қысымды құрғақ газ арқылы ығыстыру. Бұл әдіс C_2 – C_6 аралық компоненттерінің едәуір қоюлығымен жеңіл мұнайлардың кен орындарын эзірлеу үшін тағайындалады, Мұнайды жоғары қысымды газбен ығыстыруды кен орындарын эзірлеудің бастапқы кезеңінде енгізуге кеңес беріледі. Мұнайды байытылған газбен ығыстыру. Газды байыту этан, пропан, бутанды үстемелеу жолымен жүзеге асырылуы мүмкін. Кейбір жағдайларда ығыстыруға араласатын үрдісі бөлшектері ажыратылған соң қабатқа жолайы газды айдаумен жетуге болады. Байытылған агенті ретінде көбінесе пропан қолданылады. Араластырғыш жағдайын қамтамасыз ету үшін айдалған газдағы байытылған компоненттердің қоюлығы (концентрациясы) мұнайдың құрамы, қабаттың температура мен қысымына тікелей қатысты болады. Пропанды пайдалану кезінде көптеген геологиялық – кәсіпшілік жағдайларда соңғысын қабаттық мұнаймен араласуын қамтамасыз ету үшін оның айдалған газдағы қоюлығы қабаттық қысымы 10 - 21 МПа болуы кезінде жуық мөлшермен 20 – 50 % құрастыруы тиіс. Айдалған газдың қабаттық мұнаймен араласуын қамтамасыз ету үшін қажетті байытылған компонентінің қоюлығы қабаттық температура және қысымның ұлғаюы мен кеми түседі. Мұнайды сұйытылған (сығылған) мұнайлы газбен ығыстыру. Ерітінділер ретінде мұнайды тұрақтандыру және қайта өңдеу кезінде алынатын сығылған көмірсутекті газдар (этан, пропан, бутан), орныксыз бензин, жеңіл көмірсутектерінің кең көлемді бөлшектен керосин, газ конденсаты, алайда, көбінесе, пропан пайдаланылад. Әдетте, қабатта үнемдеу мақсатымен, кейіннен газбен немесе газды сумен итеріліп шығарылатын ерітіндіден жұрыны құралады. Ерітінді жұрыны газбен және сумен жылжытылған жағдайда оларды ығыстыру көлемдерінің арақатынасы су ерітінді газбен ығыстыру шебінен артта қалатындай болуы тиіс. Ерітінді жұрыны, әдетте, қабаттың тесікті 2 – 10 % құрайды. Бұл кезде қабаттың

эртектілігі ұлғаюымен ерітінді жұрынының қажетті көлемі де өседі. Қабат бойынша жылжушы жұрын алдындағы мұнайды ығыстырады, бұл кезде жұрын мен ығыстырылатын мұнай арасында мұнай мен ерітінді жылжитын өтпелі аймақ құрылады. Егер, ерітінді алдын ала суландырылған қабатқа айдалса, онда ерітінді жұрыны су мен мұнайды ығыстырады. Әдетте, судың қозғалғыштығы мұнайдың қозғалғыштығынан үлкен, сондықтан, су шоғырға қарай тезірек жылжиды. Соның салдарынан мұнай толқыны құрылады. Жылулық әдістері. Осы әдістердің негізінде ығыстырушы агенттер мен ығыстырылушы мұнай қозғалғыштығының арақатынасыны, сонымен қатар, мұнайдың ығыстырылу дәрежесіне температуралық фактордың қолайлы әсер етуі жатады. (Шейман А.В., Мелофеев Г.Е., Сергеев А.И. 1969 ж). Осы әдістердің екі ірі класы белгілі. Солардың 1 – ші класына жылудың қабатқа енгізілуі (мысалы, ыстық газ, су, сулы буды айдау) кезіндегі әдістері кіреді. 2 – ші класына көмірсутектері тотықтануының ішкі қабаттың экзотермиялық реакциялары есебінен тікелей қабатта жылудың құрылуын қамтамасыз ететүші әдістері жатады. Орнықсыз жыныстарда буды айдау өнім шығарушы ұңғыларда құмды бітеп тастаудың қарқынды құрылуына алып келуі мүмкіндігін ескерген абзал. Сондай – ақ, қабатта балшықтардың қабыну мүмкіндігі оны ң өткізгіштігін төмендетіге алып келеді. Сондықтан, булы жылу әсер етуі үшін нысандар талқандалып үгітілуге ұшырамаған және балшықтылығы 10 % аспайтындай үйлесуі тиіс. Үрдісі үшін мономинералдығы кварцты едәуір қолайлы, ал балшықты жыныстары сынықты полимиктілі азырақ қолайлысы болады. Булы жылудың әсер етуі кезінде шоғырларды әзірлеу шоғырлардың 1 – 2 - ден 4 – 8 – ге дейінгі га/тығыз торларымен жүзеге асырылуы тиіс. Буды айдау, әдетте, екі кезеңде өтеді: біріншісі – ысыту және соған сәйкес, өнім шығарушы ұңғының бағанасы маңында мұнайды едәуір сұйық жасау үшін, өнім шығарушы шоғырға буды айдайды, ал екіншісі – бу айдайтын ұңғыға беріліп, алдындағы қозғалушы жылы мұнайды итеру арқылы өнім шығарушы ұңғы бағытында коллектор арқылы жылжиды. Әдіс әзірлеу үрдісінде температураның сәл төмендеуінің өзі қабатта және оның тесіктерін бітеп тастайтын парафиннің құлап түсуіне алып келуі мүмкін шоғырлар үшін жарамды, мұны болдырмас үшін айдалатын су ұңғы бағанында жылу шығынының шамасында қабаттығы көп асып түсетін температурасы болуы тиіс. Өйткені, булы жылумен әсер етуі кезінде ыстық суды айдаумен әсер ету үшін нысандарын таңдау ұңғы мен қабаттағы жылу шығынының шамасын нормаланып өлшенеді. Мұнайқайтарымын арттырудың жылулық әдістері кезінде мұнайдың жабысқақтығын төмендету және (немесе) оны булау үшін коллектор қыздырылады. Екі жағдай да едәуір қозғалмалы және оны өнім шығарушы ұңғыларға тиімді бағаттауға болады. Осы үрдістерде үстемелі жылудан басқа жылжымалы күші құрылады (қысымы). Жеткізілетін жылуды қабатқа айдау жолымен мұнай шығару әдісін жүзеге асыру кезінде негізгі проблеманың бірі жылуды қабатқа дейін аз шығынмен жеткізу және содан кейін жыныстың қоршаған қабаттағы мүмкін болатын аз шығынмен тиімді қабатта осы

жылуды пайдалану болып табылады. Жылу шығыны белгіленген жылуды өндіруде, беткі желілерінде, ұңғының бағандарында және ақыр соңында қоршаған жыныстарды қыздырудағы шығыннан жинақталады. Жылу өндіруші қондырғылардан жылу жылу шығындары пайдалы әсер коэффициентімен анықталады және орташа 80 % құрайды. Беткі жылудың тәуліктік шығындар шамасы жеткізілетін жылу жолының әрбір 100 м, 0,335 млн. – дан -3,352 млн – ға дейін шектерінде ауытқиды. Шоғырдағы жеткізілетін жылу қозғалысы кезіндегі жылу шығынын бағдарлы бағалары ретінде ұңғы бағаның әрбір 100м , 1, 676 кДж/ тәул. тең қабылданады. Ұңғыдағы енгізілген жылудың жалпы мөлшерінен 2 – 5 % дейін баған ұзындығының әрбір 100 метріне, ұңғыдағы жылу шығынын төмендету бойынша шараларын олардың шамасын жеткізуге мүмкіндік береді. Ұңғы бағанындағы жылу шығындары тиімді қабаттардың жатысты тереңдіктерін шектеуде көрсетілетін жеткізілетін жылуды қабатқа айдау көмегімен мұнайлы кен орындарын әзірлеу әдістерін қолданатын маңызды критерияларының бірін анықтайды. Қабаттағы температуралық жағдай мұнайды ығыстыру тетігіне шешуші ықпал етеді. Сонымен, жылудың әсер етуі қамтылмаған аймақта қабаттық температура кезіндегі изотермалық жағдайларда мұнайды сумен ығыстыру тетігі іске қосылады, өтпелі температуралық аймақта (будың сұйыққа айналу аймағында) бастапқы қабаттығына дейін қаныққан будың температурасынан оның өзгеруі кезінде изотермалық емес жағдайларда мұнайдың сумен ығыстырылу тетігі іске қосылады, ақыр соңында , бу аймағында мұнайды бумен ығыстыру тетігі іске қосылады. Жоғарыда көрсетілген аймақтардың әрқайсысында өтуші үрдістер үшін , оқшауланған сипатты емес, өзара ықпал ету аймағынан өтуі атап көрсетілуі тиіс. Мұнайды ыстық сумен ығыстыру тетігі қабаттың мұнай қайтарымында бу секілді ыстық сумен айдалатын жағдайда маңызды роль атқарады, мұнайды қосымша шығару негізгі үш факторының әсер етуімен түсіндіруге болады: 1. мұнайдың жабысқақтығын төмендету мен ығыстырылатын мұнай және ығыстырушы аз қозғалыстығы арақатынасын жақсартуы болып табылады; 2. қабаттағы молекулярлық беткі күштердің пайда болуын жақсартумен, оның ішінде, мүмкін болатын өзгерістерді салыстырмалы байланыстырады: ығыстырушы су мен ығыстырылатын мұнайдың арақатынасын жақсартуға және қабаттағы қалдықты мұнайдың қаныққандығын төмендетуге алып келуші су мен мұнай үшін өткізгіштігі; 3. сұйықтардың, әсіресе, мұнайлардың тесіктерінде болатын тесіктік орта қаңқасын жылулық кеңейтумен қабаттағы қалдықты мұнай қанықтылығын төмендету. Жеткізілетін жылу мен мұнайды ығыстыру әдісінің кемшіліктеріне мыналар кіргізілуі тиіс:

1. ұңғы бағанында және бетіндегі бу өткізгіштіктерінде қабатқа жылуды жеткізу кезінде жылудың өндірілмеген шығындары салдарынан тайыз жатысты нысандармен салыстырғанда әдісті қолдану саласы шектеледі;
2. жеткізілетін жылудың қабатқа айдау қарқынын және қабаттың қуаттылығын кемітумен қабаттағы жылулық әсер ету тиімділігін төмендету

нәтижесінде жыныстарды қоршаушы қабаттарды қыздыруға жұмсалатын жылу шығындардың өсуі салдарынан жоғары өткізгіштігі 3×10^{-13} - 5×10^{-13} м² салыстырғанда 10-15 м жоғары болатын қабаттардың қуаттылығы мен нысандары шектеледі;

3. жоғары температураның болуы кезінде олардың жұмысын есепке алумен ұңғылардың сарқылуы және концентрациясының күрделілігі;

4. ұңғыда құмның шығуын болдырмау жөніндегі шараларды қабылдаудың қажеттілігі;

5. берік сулы мұнай эмульсияларын жасау мүмкіндігі;

6. гравитациялық тиімділіктерінің пайда болу мүмкіндігі және қабатты жылулық әсер етумен қамтуды төмендету;

Мұнайды ішкі қабаттық жануды қолдану мен ығыстыру. Бұл үрдістің мәнісі келесідегідей қорытындыланады. Бастапқыда тұтандырғыш ұңғының забой жаны аймағында жағылатын оттың тұрақты шебі үшін қажетті жағдайлар жасалады, бұл операция үшін забойлық отын горелкалары, электр жылытқыштары, химиялық реагенттер, т.б. пайдаланылады, от жағу шебі құрылған соң қабатқа беткі жағынан от жағу шебін жылжыту және термохимиялық реакцияны ұстап тұру үшін қажетті мөлшерінде тотықтырғыш (ауа, оттегі, - байытылған ауа, немесе құрамында оттегі бар газ қоспасы) жіберіледі. Бұл кезде қабаттық мұнайдың бір бөлігі (15% дейін) жанады, ол бөлігін, қабатқа әсер етуші жылу мұнайды ығыстыруға бейімдейді, үрдіс өнімдері (мұнай, жанатын газ, көмірсутекті газ,су) шығарушы ұңғылар арқылы жылжиды. Ішкі қабаттық жылудың негізгі екі варианты ажыратылады – тура жалындайтын және қарама-қарсы жалындайтын, қабаттың бірінші жағылуында және тотықтандыратын затты беру бір және сол ұңғысы арқылы жүзеге асырылады, тотықтандыру ағысы және жану шебі бір бағытта жылжиды – оталдырғыш (айдаушы) ұңғыдан шығарушыға дейін. Сондай-ақ ішкі қабаттағы жануды басқа да термикалық тәсілдермен қосарландыру варианттары да бар. Ішкі қабаттық жануды забой маңы аймағына әсер ету үшін пайдалануға да болады. Температура жану шебі алдындағы және шебі артында біртіндеп төмендейтін еңкішімен ауа ағысы бағытында тік жарлары арқылы жылу толқыны түрінде ажыратылады. Қабаттағы жану шебінің жылжуы бойынша бірнеше температуралық аймағы қалыптастырылады. Жану аймағындағы температура 400 °С және одан да жоғары болуы мүмкін. Мұндай температурада сұйық толықтай бұға айналады, мұнайдың ауыр бөлшектері түйірлердің бетінде кокстық қалдықтар түрінде жинақталады. Мұнайдың бұл бөлігі отын ретінде қызмет етеді.

Жану оталдырғыш—ұңғыларда жүзеге асырылады. Бұл маңызды операция забойлық электрлі қыздырғыш, газ горелкасы, тұтандырғыш химиялық қоспалар, т.б. көмегімен қабаттың забой маңын бір мезгілде қыздыру кезінде тотықтандырғыш (әдетте ауа) ұңғыға айдауда қорытындыланады. Осының нәтижесінде қабаттың забой маңында жану үрдісіне алып келетін мұнайдың тотықтану (қышқылдануы) экзотермикалық реакциясын шапшаңдатады, кейбір жағдайда қосымша отынды жеткізбей-ақ

мұнайдың өздігінен тұтануы да өтеді. Мұнай тығыздығы және жабысқақтығы ұлғаюымен кокс концентрациясы да ұлғаяды, ал өткізгіштігі ұлғаюымен - кемитіндігі белгіленді. Кокстың жануы кезінде 29-42 МДж/кг мөлшерінде жылу бөлінеді деп саналады. Жылудың газ тәріздес тотықтандырғышын (ауа) ғана қабатқа айдау жолымен ішкіқабаттың жануды қолдау нәтижесінде ауа ағысымен жыныстың жануы оның жылу сыйымдылығы төмен болуы салдарынан жану шебінің жылжуымен жынысты қыздыру кезіндегіге қарағанда баяу өтетіндігі айқындалды, құрғақ ішкіқабаттық жануы кезінде нәтижесінде (жануды қолдау үшін тек ауа ғана үрленетін үрдістегі осылайша атайды) жылудың қабатта өндірілетін негізгі үлесі (жуық мөлшермен 80 % және одан да артық) жану шебінің артқы тұсында қалады, біртіндеп жыныстыңқоршаған қабаттарында бытырайды. Принципінде бұл жылу қабаттың жануымен қамтымаған аралас бөліктерінен ығыстыру үрдісінде белгілі бір оңды ықпал жасайды. Алайда, жылуды жану шебінің алдыңғы тұсына жеткізу мұнайды ығыстыру, осыған орай қабаттан мұнай шығарудың тиімді үрдісін арттыруға болатын, қабаттағы жылу өндірілетін аймақтарға жуықтауға алып келеді. Жылуды жану шебінің алдыңғы тұсына жеткізу айдалатын (үрленетін) ауаға суды қосу салдарынан қабаттағы жылу тасымалын шапшаңдатумен байланысты, осыған байланысты, жану шебінің алдыңғы тұсына жылуды жеткізу және жылу тасымалын шапшаңдатуда қорытындыланатын басты айрықша ерекшелігі ішкі қабаттық жану және суландыруды үйлестіруші әдістерді жасау бойынша қарқынды жұмыс жүргізіледі. Оның ішінде әлемдік тәжірибеде ылғалды жану әдісі көбірек қолдау тауып отыр. Осылайша, ішкі қабаттық жануды жүзеге асыру кезінде қабаттардың мұнай қайтарымын ұлғайтушы үрдістердің қазіргі уақытта белгілілерінен көпшілігі бар және пайда болады. Дәл осымен зертханалық және кәсіпшілік жағдайларда ішкі қабаттық жануы кезінде байқалған мұнайды шығару дәрежесінің жоғары көрсеткіштері түсіндіріледі.

Тақырыпты бекітуге арналған сұрақтар:

1. Мұнай бергіштігін жоғарылатудың термикалық әдістері?
2. Мұнай бергіштігін арттырудың механикалық әдістері?
3. СССР, ББЗ және ПАА өңдеу?
4. Қазақстанның қандай кенорындарында ББЗ қолданылады?
5. Газды айдау?

ҰҢҒЫЛАРДЫҢ ТҮП МАҢЫ АЙМАҒЫНА ӘСЕР ЕТУ ӘДІСТЕРІ

Дәріс жоспары:

1. Ұңғылардың өнімділігін ұлғайту
2. Қабаттардың гидравликалық жарылысы
3. Забой маңы аймағына жылулық әсер ету

Ұңғылардың өнімділігін ұлғайту табиғи төменгі өнімділігін жақсарту секілді, бұрғылау кезінде қабаттың нашарлаған сүзгіштік қасиеттерін қалпына келтіру есебінен қол жеткізіледі. Бұл үшін қабаттың забой маңы аймағына әсер ету жүзеге асырылады. Қабаттың забой маңы аймағына әсер етуді қабаттардың ашылған ұңғылары сүзгіштік немесе оларды қанықтырушы сұйықтардың физикалық – химиялық қасиеттері өзгеруі бойынша ұңғылардың өнімділігін қалпына келтіру немесе жақсарту мақсатымен және қабаттарды әсер етумен қамтылуын жақсарту жұмыстарының кешені ретінде түсінген жөн. Ұңғылардың өнімділігін ұлғайту әдістеріне ұңғының забой маңы аймағын қышқылды өңдеу, гидрожарылыс, ұңғының забой маңы аймағына жылулық әсер етудің басқа да әртүрлі тәсілдері кіреді. Қышқылды өңдеу карбонатты жыныстармен ұсынылатын қабаттар үшін, сонымен қатар, әртүрлі химиялық реагенттердің үстемеленуімен тұзды қышқыл ерітіндісі құйылатын ұңғылардың забой маңы аймағының тиімділігін ұлғайту үшін карбонатты цементі бар құмды тастар қолданылады, тұзды қышқылдың көлемі мен концентрациясы сызатты жыныстың коллекторлық қасиеттеріне қарай анықталады. Әдетте, тұзды қышқылдың 10-15 %-дық ерітінділері қолданылады. Сонымен, қабаттық қысымы төмен, өткізгіштігі жоғары қабаттарды өңдеу үшін 10-12 % концентрациялы, қышқылды ерітінділер, өткізгіштігі төмен, қабаттық қысымы жоғары қабаттар үшін 10-12 %, карбонатты цементті құмды тастармен ұсынылатын қабаттар үшін - 8% дейін қолданылады. Ұңғыларды алғашқы рет өңдеу кезінде қышқылдың көлемі қабаттың бұрғыланған бөлігі 1 метріне 0.4 – 1.5 м³ ауытқиды. Тесікті жыныстарды қайталап өңдеу кезінде ерітінді көлемі алғашқы өңдеумен салыстырғанда 30 40 % ұлғайтылады. Сызатты жыныстарды қайталап өңдеу кезінде ерітінді көлемі ұлғайтылмайды, өйткені, аталған жағдайда коллектордың өткізгіштігі бұрыннан бар сызаттармен анықталады. Термоқышқылды өңдеу өткізгіштігі өте төмен қабаттар үшін тұзды қышқылды өңдеу күтілген нәтижелерді бермеген жағдайда, әк, доломит, доломиттік әк немесе карбонатты цементтік құмды тастармен қабатталған қабаттарда тұзды қышқылдармен реакцияны күшейту үшін жүргізіледі. Қыздырылған тұзды қышқыл ерітіндісі жыныспен белсенді реакцияға түседі. Забой маңы аймағында мұнайдың жабысқақтығы азаяды, мұның өзі, парафиндер мен смолалардың шығарылуына бейімдейді. Тұз қышқылы бұл кезде мұнайдың асфальттық-смолалық қоспаларымен әсер етеді. Смолалар ішінара сульфаттанады, ішінара асфальтқа өтеді. Қышқылдың смола және асфальтпен өзара әсер ету өнімдері қышқылды гудронға өтеді, мұның өзі,

ұңғыдағы сорғылы-компрессорлық құбырлар мен сүзгішті тазартуға бейімдейді. Ұңғыларды тұзды қышқылды ерітіндіге қалқымалы (?) қышқылды қосумен (3 % аспайтын) өңдеу, егер, коллектор балшықты-карбонатты цементті бар құмды тастармен ұсынылған жағдайда жүргізіледі. Қалқымалы қышқыл балшықты минералдармен өзара әсер ету арқылы тесікті арналардың құрылуына, олардың көлемінің ұлғаюына және ұңғы забой маңы аймағының сүзгіштік сипаттамалары сәйкесті өсуіне бейімдейді. Тұзды қышқылдың ұңғы жабдығына тот басу әсерін азайту үшін және қабатта темір тотығының түсіп қалуын болдырмас үшін ерітіндіге әртүрлі химиялық индикаторлар мен тұрақтандырғыштар енгізіледі. Қабаттың тиімділігін арттыруда үлкен тиімділігіне жету үшін қышқылды өңдеулер кезінде жарманың тиімді бөлігіне басымды әсер еткен жақсы. Сондықтан, қышқылды өңдеулердің ықпал етуінен суы бар бөліктерін мүмкіндігінше берік оқшаулау жөніндегі шараларды қабылдау керек. Кейбір жағдайда қышқылды ерітіндіге бланкеттерді қосумен осы техникалық күрделі міндетті шешудің реті келеді.

Толанкаттар – бұл қабаттық суларда ерітілген химиялық қоспалармен белсенді реакцияға түсетін химиялық реагенттер. Осы реакцияның нәтижесінде қабаттың суы бар бөлігінде сүзгіш арналарын бітеп тастайтын және айдалатын агенттің кіруіне кедергі жасайтын қатты шөгінділер түсіріледі. Толанкаттар ретінде, мысалы, хлорлы кальций ерітіндісі қолданылады. Қабаттардың гидравликалық жарылысы – ұңғылар забойы маңының аймағына әсер ететін тиімдірек құралдардың бірі. Бұл әдіс мұнай және газ кен орындарының тиімділігін арттыруға айналған ұңғыларды меңгеру үшін және қабаттық суларды оқшауландыру кезінде айдағыш ұңғылардың сіңіргіштік қабілетін арттыруға қолданылады. Қабаттардың гидрожарылыс үрдісі ұңғыларға айдалатын сұйықтық жоғарылатылған қысымдарының әсер етуімен забой маңы аймағының жыныстарында болатын құрылғыларды кеңейту және жасандыларын құрумен қорытындыланады. Қабат жыныстың жыныстарындағы қысымды арттыру кезінде бұрыннан бар сызаттар кеңейеді немесе жаңасы ашылады. Сызаттардың барлық осы жүйесі ұңғыны қабаттық забойдан қашықтау сенімді бөліктерімен байланстырады, қысым төмендетілген соң сызаттардың тұтасуын болдырмау үшін оларға сұйыққа үстемеленіп, ұңғыға айдалатын ірі түйірлі құмдар енгізіледі. Сызаттардың радиусы бірнеше ондаған метрге жетуі мүмкін. Әдістің гидродинамикалық тиімділігі және ұңғының бір мерзімдік мөлшерін барынша ұлғайту нәтижесінде қабаттардың гидрожарылысын келесідегідей тұжырымдардан шығару арқылы бағалауға болады. Сызаттар мұнайлы коллекторлардың тесікті ортасымен салыстырғанда , неғұрлым жоғары өткізу қабілеттілігін иемденген, сондықтан, забой маңы аймағының өткізгіштігі жарылыстан кейін сызаттардың радиусында шексіз үлкен болатындықтан рұқсат етіледі, олай болса, мұндай ұңғыдағы құйылысын ұңғы радиусы сызаттығымен тең деп қабылдаумен есептеп шығаруға болады. Кәсіпшілік тәжірибесі көрсеткендей, мұның өзі, ұңғылардың бір мерзімдік мөлшерлері гидрожарылыстан кейін кейде бірнеше ондаған метрге ұлғаяды. Бұл құрылған

сызаттар, сірә, бұрыннан барларымен жалғасып, құйылысы бұрыннан оқшауланған жоғарғы тиімді аймақтарынан өтетіндігін дәлелдейді. Сұйықты сүзуші қабаттың жарылысы кезінде сызаттардың құрылу тетігі келесідегідей. Сорғылы агрегаттармен ұңғыда құрылатын қысым бойынша жарылыс сұйығы бірінші кезекте неғұрлым үлкен өткізгіштігі бар аймақта енгізіледі. Бұл кезде қабатшалардың арасында тігінен қысым айырмашылығы пайда болады, өйткені, өткізгіштігі жоғары қабатшалардағы қысымы аз өткізетін немесе іс жүзінде өткізбейтіндеріне қарағанда үлкен болады. Нәтижесінде, өткізетін қабаттың төбесі мен табанына кейбір күштер әсер ете бастайды, жоғарырақ жатқан жыныстар пішін өзгерістеріне ұшырап, қабатшалардың шекараларында көлбеу сызаттар пайда болады. Гидравликалық жарылысты (қабаттың) шығарушы секілді айдаушы ұңғыларда қолданады. Гидрожарылысты жүргізудің технологиясын дұрыс сақтау ұңғы тиімділігін едәуір ұлғайтуға мүмкіндік береді. Сол уақытта гидрожарылыс кезінде тік сызаттардың құрылуы ұңғыларды дер кезінде суландыруға бейімдейді. Сондықтан, қабаттың гидрожарылысын жүргізудің мүмкіндігі туралы мәселені шешу үшін оның литологиясын, кеңістіктегі сызаттардың бөлінуін мұқият зерделеп, шараны жүргізудің қолайлы интервалын анықтау қажет. Жылулық әдістер. Қабаттың забой маңы аймағына жылулық әсер ету – мұнайлы ұңғылардың өнімділігін арттырудың ең тиімді әдісі. Забой маңы аймағында температураны жоғарлату қабаттық мұнайдың жабысқақтығын едәуір төмендетіп, беткі созылуын кемітеді және содан түскен қатты компоненттерінің мұнайда еріп кетуін бейімдейді. Забой маңы аймағына жылулық әсер ету келесідегідей тәсілдермен жүзеге асырылады:

а) забой маңы аймағын жылытқыштармен қыздыру;

б) забой маңы аймағын бумен өңдеу;

Забой маңы аймағын қыздыру забойға түсірілетін электр жылытқыштарымен жүргізіледі. Ұңғыны он және одан да көп тәулік жауып тастайды, Содан кейін ғана пайдалануға береді. Бумен өңдеу көп жағдайда, забой маңы аймағын типтері әртүрлі жылытқыштармен өңдеуге қарағанда, ұңғының өнімділігін ұлғайтуда неғұрлым жоғары және тұрақты тиімділіктерді береді. Бумен өңдеу кезінде жылулық әсер ету ұңғының забойынан аздаған қашықтықтарда қабаттарында да сезіледі. Ұңғыны жерасты жөндеу. Өзірлеу үрдісінде ұңғыларда жөндеу жұмыстарын жүргізудің әртүрлі күрделі мәселелері туындайды. Ұңғы жабдығының бұзылуы немесе жұмыстың нашарлауымен байланысты техникалық тәртібінің негізгі күрделену санына кіретіндері: пайдаланылатын колоннаның мыжылуы, қазынақты жалғамалардың бұзылуы, сорғының істен шығуы, т.б. Геологиялық қызмет жөндеушілер бригадаларын күрделі жағдай қай жерде орын алғанын, жарма интервалының геологиялық-кәсіпшілік сипаттамалары туралы қажетті деректерді қамтамасыз етіп, атқарылған жөндеу жұмыстарының сапасын тексереді. Забой маңы аймағының бұзылуымен күресетін сол немесе басқа тәсілін таңдау ұңғыдағы күрделене түскен интервалдың геологиялық-кәсіпшілік ерекшеліктеріне тікелей қатысты

болады. Литологиялық құрамы, жыныстық қаттылығы, қабаттың қысымы, сұйық пен газдың қабаттық іріктелуі, суландырылуы, газ факторы – міне, забой маңы аймағының бұзылуымен күресетін тиімді шараларын таңдау кезінде геологиялық қызмет баға беруге тиісті негізгі геологиялық-технологиялық шарттары.

Тақырыпты бекітуге арналған сұрақтар:

1. Термокышқылдық өңдеу
2. Қабаттың гидрожарылысы
3. Гидроқұмағыстық тесу
4. ССБ дегеніміз не?

ГЛОССАРИЙ

АБСОЛЮТТІ ӨТКІЗГІШТІК - қуысты ортаның газбен физикалық-химиялық өзара әсерлесуі болмаған, қуысты ортаның газбен толық толуы жағдайындағы газды өткізу қабілеті.

АҒЫМДАҒЫ МҰНАЙҚАЙТАРЫМЫНЫҢ КОЭФФИЦИЕНТІ – Қабаттан (кен қабаты, жасау объектісі) белгілі бір күнге оның бастапқы балансты қорына жиналған мұнайды алу қатынасы.

АК-4 АППАРАТУРАСЫ- жыныстардың карбонаттылығын анықтауға қолданылатын әйнек аспап.

АНИЗОТРОПИЯ – бөлек бағыт бойынша әртүрлі өзгертулер.

АШЫҚ ҚУЫСТЫЛЫҚ - тау жынысының бойындағы әртүрлі конфигурациялы өзара байланысты бос каналдардың көлемінің жалпы жыныс көлеміне қатынасын болып келеді.

БЮРЕТКА - жыныстың тұз қышқылымен әсерлесу кезінде бөлінетін газдың мөлшерін анықтауға мүмкіндік беретін қырлы ыдыс.

ВАКУУМ-СОРАП- ашық қуыстылықты анықтауда ауа шығаруға қолданылатын аспап.

ВАКУУМ-СОРАП- минералдық тығыздықты анықтауда ауа шығаруға қолданылатын аспап.

ГАЗ БАЛЛОНЫ - үлгі тастың абсолютті өткізгіштігін анықтауда газ беретін ыдыс.

ГЕОТЕРМИЯЛЫҚ БАСПАЛДАҚ – Температураның 1С өзгеруіне сәйкес, жер қойнауының тереңдігінің метр саны.

ГЕОТЕРМИЯЛЫҚ ГРАДИЕНТ - Әрбір 100 м тереңдіктегі С жер қойнауындағы температураның өзгеруі.

ДЕПРЕССИЯ ВОРОНКАСЫ – Ұңғылар тобы немесе таңдау зонасында тұтасымен, қазіргі істеп тұрған ұңғылар төңірегіндегі қабаттағы қысымның бірден төмендеу зонасы.

ЖЫЛУ КӨЛЕМІНІҢ ҰЛҒАЮ КОЭФФИЦИЕНТІ - 1С температура кезінде мұнайдың көлемі өзінің көлемі бастапқы көлеміне өзгеретінін көрсететін, коэффициент.

ИДЕАЛДЫ ГРУНТ – ромб бұрыштарында төрт құбыршадан тұратын бірдей орналастырылған, бір өлшемді құбыршалардан тұратын орта.

ИДИЕАЛДЫ ГАЗДАР – Бұл газдар Бойля-Мариотта және Гей-Люссака заңдарына азды-көпті дәлме-дәл бағынады, яғни газды жеткілікті түрде сұйылту кезінде ғана толығымен дұрыс, оның бөлшектері бір-бірінен бөлінгені сонша, олардың ара-қатынасы мен оның алып тұрған көлемінің бөлігін күшпен ескермеуге болады.

ИЗОТРОПИЯ – бағытқа тәуелсіз физикалық параметрлерінің өзгеруі.

КӘСПКЕРШІЛІК ГАЗДЫ ФАКТОР - Мұнайды сепарациялық алу кезіндегі газ көлемінің, газдалмаған мұнайдың алынған көлеміне қатынасы.

КАРБОНАТТЫЛЫҚ - тау жыныстарының карбонаттылығы деп олардың құрамында көміртек қышқылының тұздарының болуын айтады.

КЕРН ҰСТАҒЫШ - үлгі тастың газды сиғызу қабілетін анықтайтын қондырғы.

КЕРОСИН - тау жыныстарының ашық қуыстылығын анықтауда жұмысшы сұйықтығы ретінде қолданылатын өнім.

КЕУЕКТІЛІК - өз бойынан сұйықтық пен газды немесе олардың қоспасын сіңіру қасиеті.

КОЛЛЕКТОР – сұйықтық пен газды өзінен өткізе алатын және олар үшін қойма бола алтын кеуекті және жарықшақты тау жыныстар.

КОНДЕНСАТ – Көмірсутегі С және С + жоғары, газконденсаты шоғырлардағы газ түріндегі және шоғырларды қайта өңдеу процессінде қабаттың қысымын конденсацияның бастапқы және оданда төменгі қысымына дейін төмендету кезіндегі сұйық түрінде түседі.

ҚАБАТ МҰНАЙЫ – Мұнай қабатында болатын сұйық және газ түріндегі көмірсутегінің қосындысы, оның бірфазалы сұйықтық ретінде немесе сұйық және газ фазасына ыдырауына байланысты, өзіне тән қабат қысымы мен температурасы жағдайында болады.

ҚАБАТҚА ТЕРМОХИМИЯЛЫҚ ӘДІСТІҢ ӘСЕРІ – Тотықтырғыштардың әсер етуімен мұнайдың мейлінше ауыр компоненттерін тікелей қабатта жағу жолымен жылуды генерирлеу негізінде, активті термохимиялық процесстер зонасын алмастыру есебінен, қабаттан мұнайды ығыстыру әдісі.

ҚАБАТТАҒЫ МҰНАЙДЫҢ ҚАСИЕТІ – Сипатталатын мұнайдың қасиеті, қабат қысымы мен температурасы жағдайында: тығыздық, үлес көлемі, тұтқырлық, үстіңгі созылу, газдылығы, қанығу қысымы, көлемдік коэффициент, көлемдік кеңею және т.б.

ҚАБАТТАҒЫ МҰНАЙДЫҢ ТЫҒЫЗДЫҒЫ – Қабат жағдайын сақтап терең кен қойнауынан алынған мұнайдың массасы, көлем бірлігі (кг/м) 400800 кг/м мәнімен және мұнайдағы газдың, температураның

жоғарылауынан сепарирланған мұнайдың тығыздығына қарама-қайшы 20-40 % және оданда көп мөлшерге азаяды

ҚАБАТТАҒЫ СУДЫҢ КӨЛЕМДІК КОЭФФИЦИЕНТІ – Газдың судағы біршама ерігіштігімен байланысты мен қысым мен температураның қарамақарсы әсерінен тар шегінде өзгереді (0,99 – 1,06), қабат жағдайындағы судың үлес көлемінің үстіңгі беттегі көлеміне қатынасы.

ҚАБАТТАН МҰНАЙДЫ (ГАЗДЫ) ЫҒЫСТЫРУ – Коллекторда болатын, қабат суымен (газбен) немесе қабатқа жұмысшы агентімен (кен қабатын жасау кезінде) енгізілетін мұнайды, газды ауыстыру.

МИНЕРАЛДАР- тау жыныстарын құрайтын бір немесе бірнеше минералдар жиынтығы

МҰНАЙДЫ ТӨМЕНДЕТУ КОЭФФИЦИЕНТІ - 1 МПА-дағы қысымды өзгерту кезіндегі қабаттағы мұнайдың көлем бірлігінің өзгеру көрсеткіші.

МҰНАЙДЫҢ ЖОҒАРҒЫ-АКТИВТІ ЗАТТАРЫ – Мұнай құрамында болатын нафтенді қышқылдар, смола, асфальтендер және басқа да заттар, оның сумен шекарасындағы үстірт сазылуын азайтады және осы заттардың бос қуыстар қабырғаларында адсорбациялық қабаттардың қалыптасуына көмектеседі.

МҰНАЙДЫҢ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯСЫ – Мұнайдың ультрафиолетті жарықтарда люминесценциялану қабілеті, люминесценцияның түрі мен ашық қаныққандығы мұнайдың топты құрамына байланысты.

МҰНАЙДЫҢ ОРНЫҚТЫРЫЛУЫ - Қабаттағы мұнайды жоғарыға көтергеннен кейінгі газсыздандыру және оның температурасын төмендету нәтижесінде, қабаттағы мұнайдың үлес көлемін азайту (%) көрсеткіші.

НАҒЫЗ ГАЗДАР – Бұл газдар Бойля-Мариотта және Гей-Люссаканың газ заңдарынан ауытқиды, газдың идеалды қалпынан ауытқуынан, газдың тығыздығы арта түседі (қысымнан жоғары, температурадан төмен). Оның бөлшектері бір-біріне жақын болған сайын олардың өзара қатынасы мықтырақ болады.

ӨТКІЗГІШТІК – шөгінді тау жыныстарының қысыммен сұйық пен газ өткізу қасиеті.

ПИКНОМЕТР- жыныстардың минералдық тығыздығын анықтауда қолданылатын қондырғы.

СМОЛАЛАР МЕН АСФАЛЬТЕНДЕР – Құрамында көміртегі, сутегі, азот, күкірт бар, мұнайдағы көлемі 2 – 45 % , өнімді қабаттардағы мұнайдың көптігінен оны сүзу жағдайының қиындауы салдарынан және жоғарғы үстірт активті, күрделі мұнай компоненттерінің – жағарғымолекулалы қоспа.

СОКСЛЕТ АППАРАТЫ - үлгі тастарды органикалық заттардан тазартуға арналған аппарат.

СТАЦИОНАРЛЫҚ ЕМЕС – игеру кезінде мұнай газ қабаттарында өтетін, уақытқа байланысты параметрлердің өзгеруі.

СТАЦИОНАРЛЫҚ АҒЫС - сұйықтықтардың уақытқа тәуелсіз үрдістерді сипаттайтын модельдер

СУДЫ ЖАЛПЫ МИНЕРАЛДАУ – Судағы минералды заттардың жалпы көлемі (г/л, г/кг, г/100 г және т.б.), әдетте келесі көрсеткіштердің біреуімен белгіленеді: экспериментті белгілі құрғақ (тығыз) қалдық; иондар соммасы; минералды заттар соммасы; есептелген құрғақ қалдық.

СУДЫҚ МҰНАЙДЫ ЖУЫП ТАЗАРТАТЫН ҚАСИЕТІ - Өнімді қабаттарға кіріп, минералдардан көмірсутегіні жуып тазарту қасиеті, шылануын жақсарту, мұнай мен басқа да үстіңгі бетпен шекарасындағы үстіңгі созылуының азайту, суспензиялар мен эмульсиялардың ыдыратудағы судың қасиеті.

ТАБИҒИ РЕЗЕРВУАРЛАР – жер қойнауында мұнай, газ және су орналасқан коллекторлардың үстіңгі және астыңғы жағы сұйықтық пен газды өткізбейтін жыныстармен қоршалған қоймалар.

ТАУ ЖЫНЫСТАРЫНЫҢ ҚҰРЫЛЫМЫ – минералдық түйірлердің пішіндері, өлшемдері, кристалдану дәрежесі және құрылысының өзіндік ерекшеліктері.

ТАУ ЖЫНЫСТАРЫНЫҢ СУ ӨТКІЗГІШТІГІ - тау жыныстарының өз массасы арқылы су өткізу мақсаты.

ТҮЗ ҚЫШҚЫЛЫ - жыныс құрамындағы көмірқышқыл газдарын ығыстыруға қолданылатын химиялық реагент.

ҰҢҒЫДАҒЫ ҚАБАТ ҚЫСЫМЫН ҚАЛПЫНА КЕЛТІРУ Динамикалық қабаттық қысым мәніне дейінгі сұйықты немесе газды алуды тоқтатудан кейін ұңғылар үңгуіндегі қысымның өзгеруі.

ҮЛГІ ТАС - ұңғыларды бұрғылауда өнімді қабаттың жыныстық құрылымын, мұнайгаздылығын, тиімді қалыңдығын анықтау үшін алынатын жыныс үлгісі.

ФЛЮИД - қабатта қуысты жыныстарда жиналатын сұйықтық, немесе мұнай, газ, су.

ЭКСТРАКТОР - жыныс қуысындағы заттардың бөлінуін қамтамассыз ететін бөлік.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ:

1. Сарыбаев М.А. Жерасты гидромеханикасы: Оқу құралы. Алматы: ҚазҰТУ, 2014. – 174 б.
2. Щелкачев В.Н., Лапук Б.Б. Жерасты гидравлика. – М.: Недра, 2001
3. Басниев К.С., Кочина И.Н., Максимов В.М. Жерасты гидравлика.– М.: Недра, 1999.
4. Абайылданова К.Ж., Тен В.А. Жерасты гидромеханикасынан практикалық есептері. – ҚазҰТУ, 2003.
5. Пыхачев Г.Б., Исаев Р.Г. Жерасты гидравлика. – М., Недра, 1973.
6. Евдокимова В.А., Кочина И.Н. Жерасты гидромеханикасынан есептер жинағы. – М., Недра, 1976.
7. Гиматулинов Ш.К., Ширковский А.И, Физика нефтяного и газового пласта. М:Недра, 1982г.
8. Иванова М.М., Чоловский И.П., Брагин Ю.И. Нефтегазопромысловая геология. М.: Недра, 2000.
9. Общая нефтяная и нефтепромысловая геология, М.: Недра, 1990
10. Габриэлянц Г.А. Геология, поиски и разведка нефтяных и газовых месторождений. М.: Недра, 2000
11. Справочник месторождений нефти и газа Казахстана. Под ред. А.А. Абдулина и Э.С.Воцалевского, Алматы, 1999

МАЗМҰНЫ

1	Кіріспе	5
2	Жерасты гидромеханикасы пәні және жалпы түсінік	6
3	Фiltrация теориясының элементтері	12
4	Жарықшақты және жарықшақты - кеукті қабаттардағы сүзілу ерекшеліктері	20
5	Кеукті ортадағы бір мөлшерлі арынның қарапайым есебі	29
6	Өткізбейтін табанды қабатта бос бетті сығылмайтын сұйықтықтың қалыптасқан қозғалысының дифференциалды тендеуі	37
7	Еркін беті бар сұйықтың сүзілу ағыны	47
8	Кеукті қабаттағы сұйықтың немесе газдың жазық қалыптасқан радиалды емес ағыны	61
9	Жерасты гидравликасының жалпы дифференциалдық тендеулері	73
10	Гидродинамикалық жетілдірілмеген ұңғы және қабатта табан суы мен «жоғарғы» газы бар кезде оны пайдаланудың ерекшеліктері	83
11	Қалыптаспаған сүзілу ағыны, сұйықтардың бір-бірін ығыстыруы	88
12	Серпімді режимде мұнайлы, сулы кеукті қабаттағы қалыптаспаған сұйықтың қозғалысы	100
13	Газдың қалыптаспаған сүзілуі	113
14	Жарықшақты және жарықшақты-кеукті қабаттардағы сұйықтықтардың қалыптаспаған сүзілуі	121
15	Қабаттардың мұнайбергіштігін арттыру жолдары	127
16	Ұңғылардың түп маңы аймағына әсер ету әдістері	133
17	Глоссарий	136
18	Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	140

Казбекова Гульзия Куанышовна
Айтикеев Нұржигит Тагибергенович
Ескалина Құралай Төлегенқызы

ЖЕРАСТЫ ГИДРОМЕХАНИКАСЫ

дәрістер жинағы

Редактор:

Сундетова А.Р.

Компьютерде беттеген:

Ескалина Қ.Т.

С.Бәйішев ат. АУ 030000 Ақтөбе,
Ағайынды Жұбановтар к-сі, 302А, тел. 87132974081

