

# КЕУЕКТІ ОРТАДАҒЫ СҰЙЫҚТЫҢ ОРНЫҚТАЛҒАН БІРӨЛШЕМДІ АҒЫСЫ

Сұйықтың немесе газдың бір өлшемді фильтрациялық ағысы кезінде фильтрация жылдамдығы, қысым және ағынның басқа сипаттамалары ағын сызығы бойымен есептелетін тек бір координатаның функциялары болып табылады.

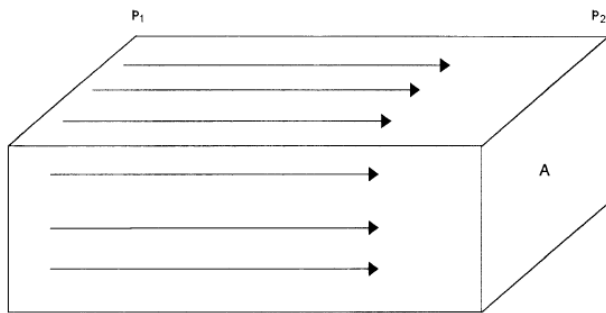
# РЕЗЕРВУАР ГЕОМЕТРИЯСЫ

Резервуар геометриясы ондағы сұйық ағысына айтарлықтай әсер етеді. Көптеген пластардың шекаралары біртекті емес болып келеді. Сонымен қатар, көптеген инженерлік мақсаттарға байланысты негізгі ағыс геометриясы келесі түрде қарастырылады:

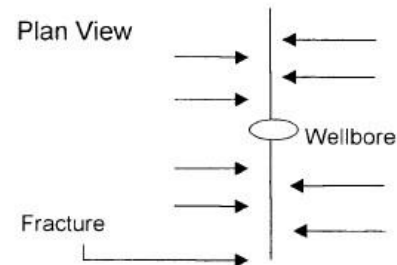
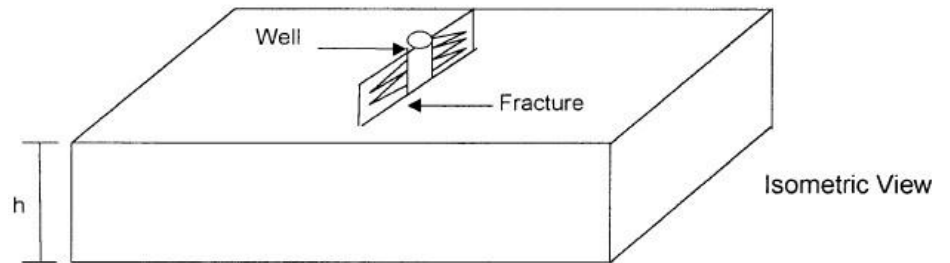
- **Түзу сызықты-параллель ағыс**
- **Жазық-радиалды ағыс**
- **Радиалды- сфералық немесе жартылай сфералық ағыс**

# Түзу сызықты-параллель ағыс

Егер фильтрация жылдамдықтарының векторлары өзара параллель болса, онда бұндай ағысты түзу сызықты-параллель деп атайды.



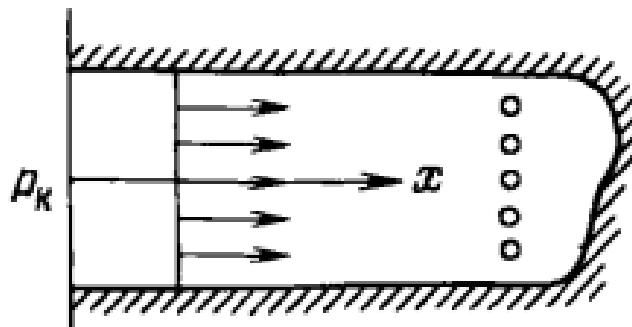
1-сурет. Сызықты ағыс



2-сурет. Вертикальды сызатқа бағытталған түзу сызықты-параллель ағыс.

Түзу сызықты-параллель ағыс лаборатория жағдайында цилиндрлік керн арқылы немесе кеуекті ортамен толтырылған диаметрі тұрақты түзу құбыр арқылы сұйықтықтың немесе газдың қозғалысы кезінде болады.

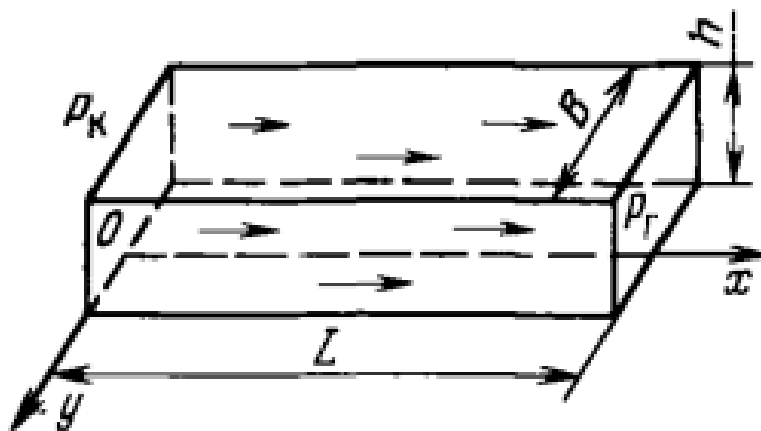
Егер тізбектегі ұңғымаларды тығыз орналастарса (3-сурет) – ұңғымалар тізбегін галереяға ауыстырса, онда галереяға қарай бағытталған қозғалыс қатаң түрде түзу сызықты параллель болады. Айдау және өндіру ұңғымалары арасындағы кейбір аймақта ағынды **түзу сызықты параллель** деп санауға болады.



3-сурет. Ұңғымалар тізбегіне бағытталған түзу сызықты-параллель ағыс.

Түзу сызықты параллель ағыс болатын пласты *биіктігі  $h$*  (қабаттың қалыңдығы), *ені  $B$*  және *ұзындығы  $L$*  болатын тікбұрышты параллелепипед ретінде қарастыру ыңғайлы (4-сурет).

4-сурет.



Пластың сол жағы – қоректендіру тізбегі, мұнда *қысым тұрақты  $p_k$* , ал оң жағы –  *$p_r$  қысымы бар су төгілетін бет (галерея)*. Пластың үстіңгі және астыңғы беті өткізбейтін қабат.  $Ox$  – осін ағын сызығы бойымен бағыттаймыз.

Пласты кеуектілігі мен өткізгіштігі бойынша біртекті деп қарастырамыз. Фильтрация Дарси заңы бойынша орын алады, олай болса пластағы көлемдік шығын:

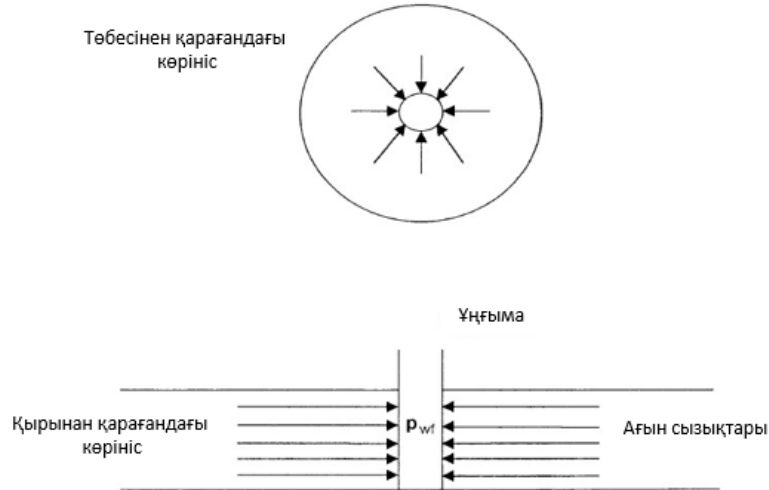
$$Q = \frac{k}{\mu} \frac{p_k - p_r}{L} S$$

мұндағы  $S=B \cdot h$  - пластың көлденең қимасының ауданы. Пластың кез-келген қимасындағы қысымы келесі түрде анықталады

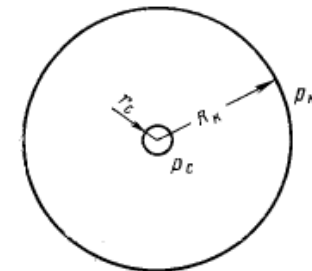
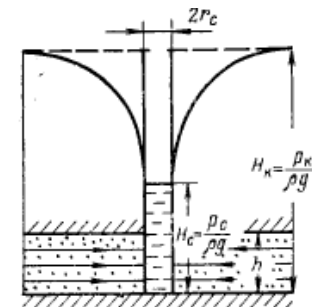
$$p = p_k - \frac{p_k - p_r}{L} x$$

# Жазық-радиалды ағыс.

Радиалды ағыс кезінде фильтрация жылдамдығы векторы радиус бойымен скважина осіне қарай бағытталады. Сондықтан қысым мен фильтрация жылдамдығы  $r$  координатасынан тәуелді болады. Осындай ағыстың мысалы ретінде пласты толық ашатын гидродинамикалық жетілген скважинаға қарай бағытталған ағысты қарастырамыз. Бұл жағдайда скважина цилиндрінің бүйір беті толық ашық болуы керек.



5- сурет. Ұңғымаға бағытталған радиалды ағыс.



6- сурет. Қысымның депрессиялық қисығы

6-суретте жазық-радиалды фильтрация ағысының схемасы көрсетілген. Пласт радиусы  $R_k$  цилиндрлік бетпен шектелген, онда қысым тұрақты және  $p_k$  – ға тең; пласт қалыңдығы  $h$ , радиусы  $r_c$  болатын ұңғыманың цилиндрлік бетінде қысым  $p_c$  –ға тең. Қабаттың төбесі мен түбі су өткізбейді. Егер пластың кеуектілігі мен өткізгіштілігі біртекті және қозғалыс Дарси заңы бойынша жүретін болса, онда ұңғыманың көлемдік шығыны **Дюпюи формуласымен** анықталады:

$$Q = \frac{2\pi kh p_k - p_c}{\mu \ln \frac{R_k}{r_c}}$$

мұндағы  $\mu$  - динамикалық тұтқырлық коэффициенті.



Пластағы қысымдардың таралуы келесі формулалардың бірімен анықталады:

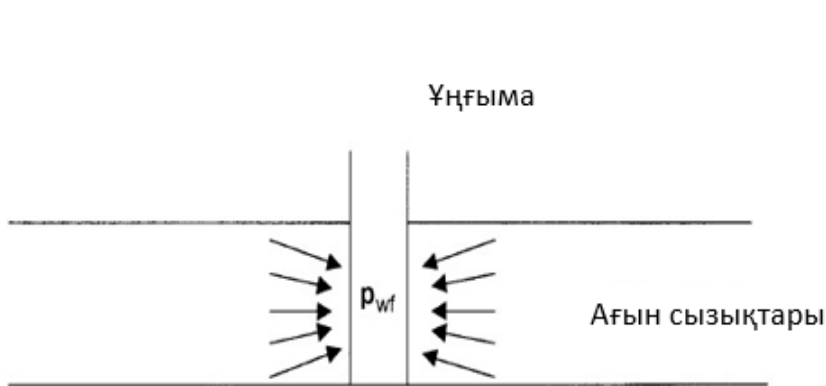
$$p = p_k - \frac{p_k - p_c}{\ln \frac{R_k}{r_c}} \ln \frac{R_k}{r}$$

$$p = p_c + \frac{p_k - p_c}{\ln \frac{R_k}{r_c}} \ln \frac{r}{r_c}$$

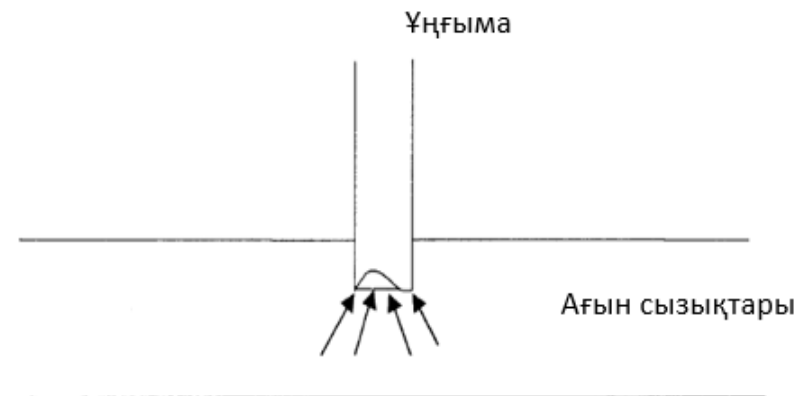
$$p = p_k - \frac{Q\mu}{2\pi kh} \ln \frac{R_k}{r}$$

# Сфералық және жартылай сфералық ағыс

Скважинаның орналасу конфигурациясына байланысты скважина маңында сфералық не жартылай сфералық ағыс орын алады. Перфорациясы шектеулі скважина маңында *сфералық ағыс* пайда болады. Ал, егер гидродинамикалық жетілмеген болса онда *жартылай сфералық ағыс* болады.



7- сурет. Шектеулі перфорация себебінен сфералық ағыс



8- сурет. Гидродинамикалық жетілмеген скважина себебінен жартылай сфералық ағыс

Сфералық ағыстың мысалы ретінде үстіңгі қабаты су өткізбейтін шексіз қалыңдықтағы пластағы гидродинамикалық жетілмеген ұңғымаға бағытталған ағысты қарастыруға болады. Мұндай ағынды ұңғыманың түбіне жақын жерде жүзеге асыруға болады, бұл кезде ұңғыма тек қабаттың ең жоғарғы жағына енгенде немесе ену тереңдігі  $h$  қабат қалыңдығынан әлдеқайда аз болғанда орын алады.

Егер радиусы  $r_c$  болатын ұңғыма маңында қысым  $p_c^*$  болса, ал ұңғымадан алыс қашықтықта радиусы  $R_k$  болатын жартылай сфераның бетінде тұрақты  $p_k$  қысым сақталса және біртекті пластағы фильтрация Дарси заңы бойынша жүрсе, онда ұңғыманың көлемдік шығыны мына түрде анықталады

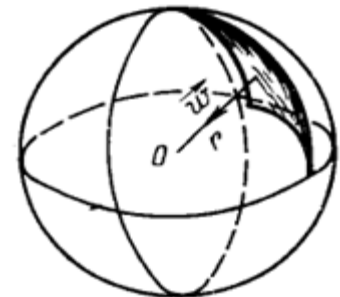
$$Q = \frac{2\pi r_c k}{\mu} (p_k^* - p_c^*)$$

Пластың кез-келген нүктесіндегі келтірілген қысым келесі формуламен анықталады

$$p^* = p_k^* - \frac{p_k^* - p_c^*}{\frac{1}{r_c} - \frac{1}{R_k}} \left( \frac{1}{r} - \frac{1}{R_k} \right)$$

Ағын сызығы бойымен бөлшектің координатасы  $r_0$  болатын нүктеден координатасы  $r$  болатын нүктеге дейінгі қозғалыс заңы келесі теңдеумен сипатталады

$$t = \frac{2\pi m (r_0^3 - r^3)}{3Q}$$



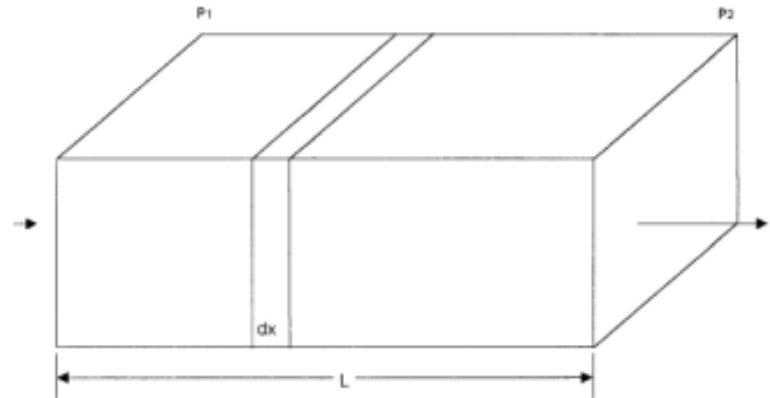
# СЫҒЫЛМАЙТЫН СҰЙЫҚТЫҢ СЫЗЫҚТЫ АҒЫСЫ

Ағыстың сызықты жүйесінде сұйық  $S$  – тұрақты көлденең қима арқылы өтеді. Сондай-ақ, ағыс тек солдан оңға қарай орын алады, басқа бағыттарда ағыс жоқ деп қарастырылады. Егер сығылмайтын сұйық  $dx$  элементі арқылы ағып өтсе, онда жылдамдық пен шығын барлық жерде тұрақты болады. Сұйық ағысы Дарси заңымен өрнектеледі.

$$\frac{Q}{S} \int_0^L dx = -\frac{k}{\mu} \int_{p_1}^{p_2} dp$$

$$Q = \frac{k S (p_1 - p_2)}{\mu L}$$

Мұндағы  $k$  - өткізгіштік,  $Q$  – сұйық шығыны,  $p$  - қысым,  $L$  - пластың ұзындығы,  $S$  — көлденең қима ауданы.



# Сығылмайтын сұйықтың радиалды ағысы

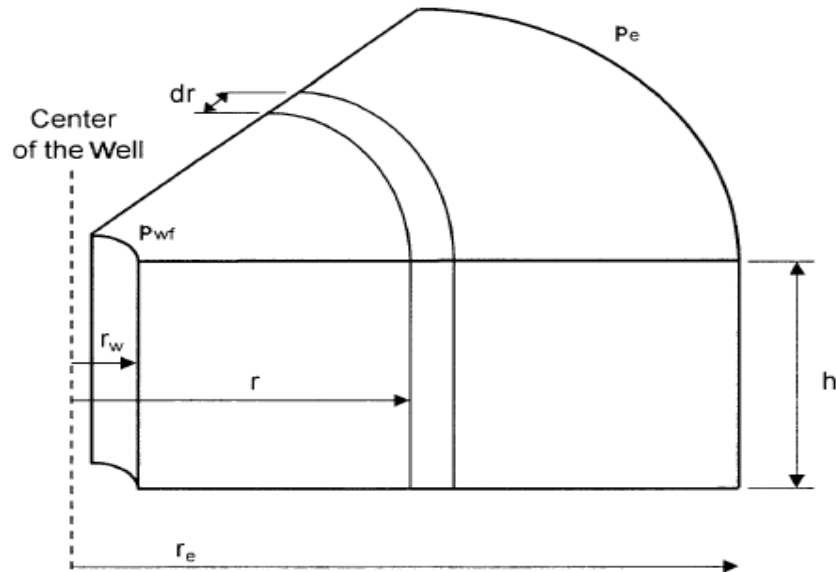
Радиал ағысты қарастырайық.  $r_w$  – ұңғыма (скважина) радиусы,  $p_w$  – скважина маңындағы қысым,  $r_e$  – сыртқы радиус,  $p_e$  – скважинанадан  $r_e$  қашықтықтағы қысым, цилиндр бетінің ауданы  $2\pi r h$ . Дарси заңы бойынша кез-келген  $r$  радиусындағы жылдамдық

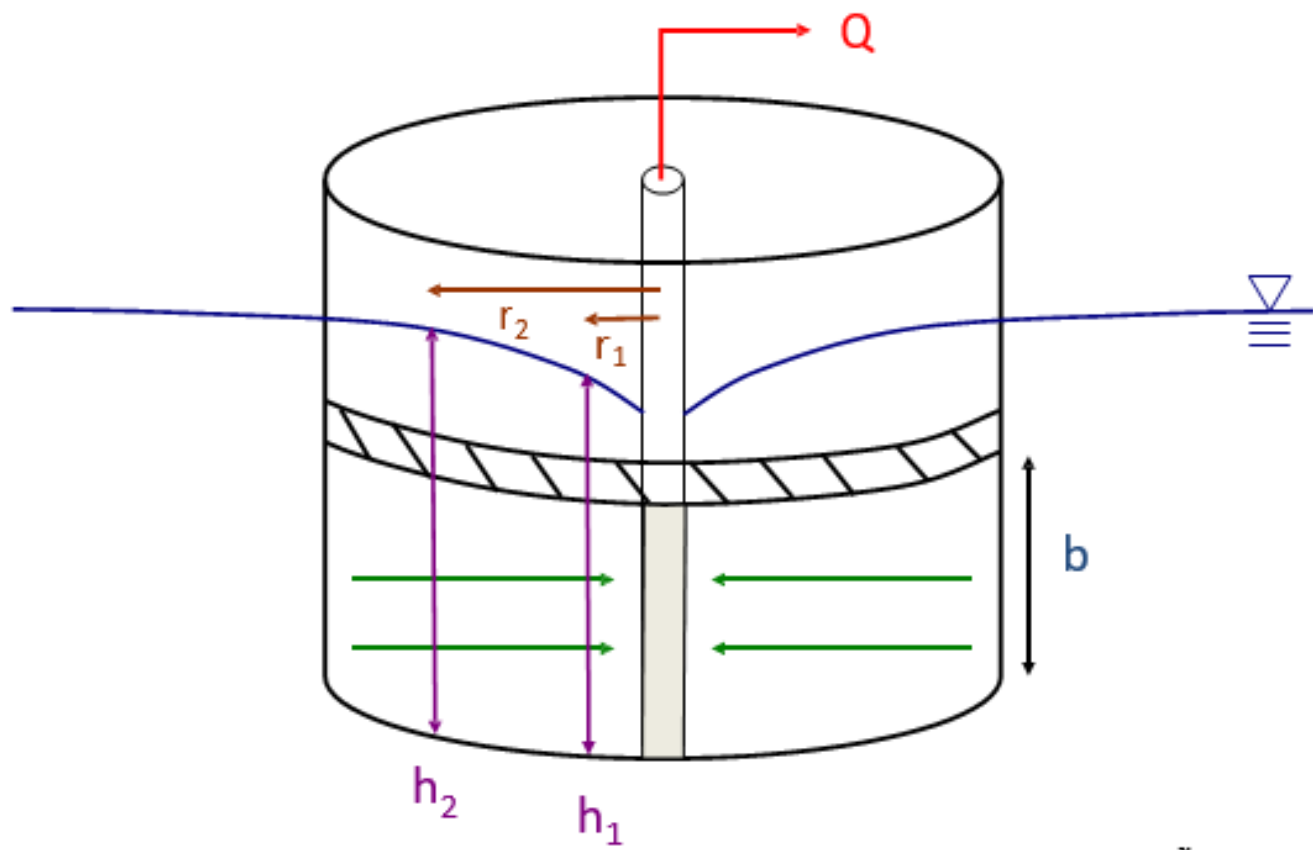
$$v = \frac{q}{S} = \frac{q}{2\pi r h} = \frac{k dp}{\mu dr}$$

$$\int_{r_w}^{r_e} \frac{q}{2\pi h} \frac{dr}{r} = \int_{p_w}^{p_e} \frac{k}{\mu} dp$$

Дюпьюи формуласы:

$$q = \frac{2\pi k h}{\mu} \frac{p_e - p_w}{\ln \frac{r_e}{r_w}}$$





$$\frac{Q_w}{2\pi T} \int_{r_1}^{r_2} \frac{dr}{r} = \int_{h_1}^{h_2} dh$$

Бір өлшемді фильтрациялық ағындардың жоғарыда сипатталған схемалары мұнай және газ кен орындарын игеру кезінде пайда болатын нақты ағындардың қарапайым үлгілерін жасауға және практикалық мәселелерді шешуге мүмкіндік береді.