

Дәріс № 5.
СКВАЖИНА ГИДРАВЛИКАСЫ.
ЕКПІНДІ ЖӘНЕ ЕКПІНСІЗ
ПЛАСТАР.

СКВАЖИНА ГИДРАВЛИКАСЫ.

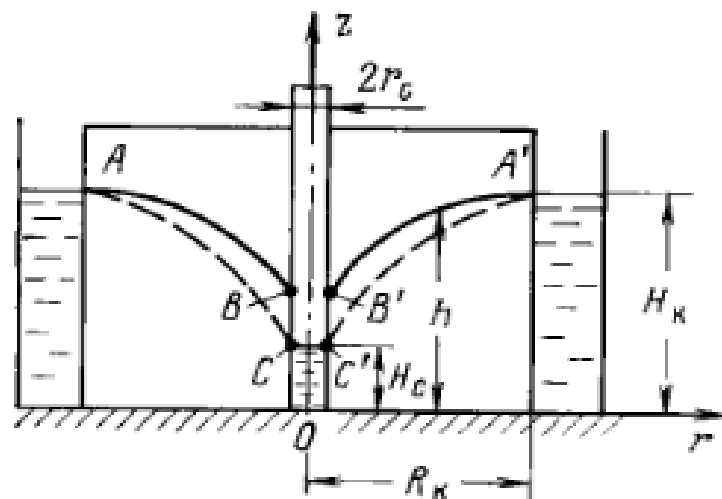
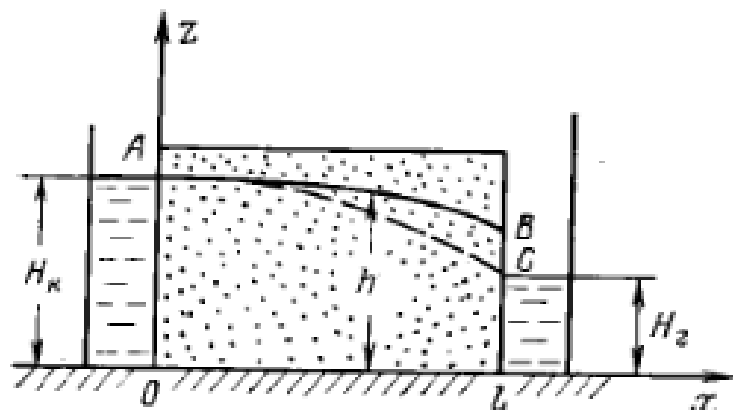
НЕГІЗГІ ТҮСІНІКТЕР

Сулы қабат **екпінсіз**, **екпінді** және **жартылай екпінді** болып бөлінеді.

1) **Екпінсіз қабат** - еркін беті бар қабат

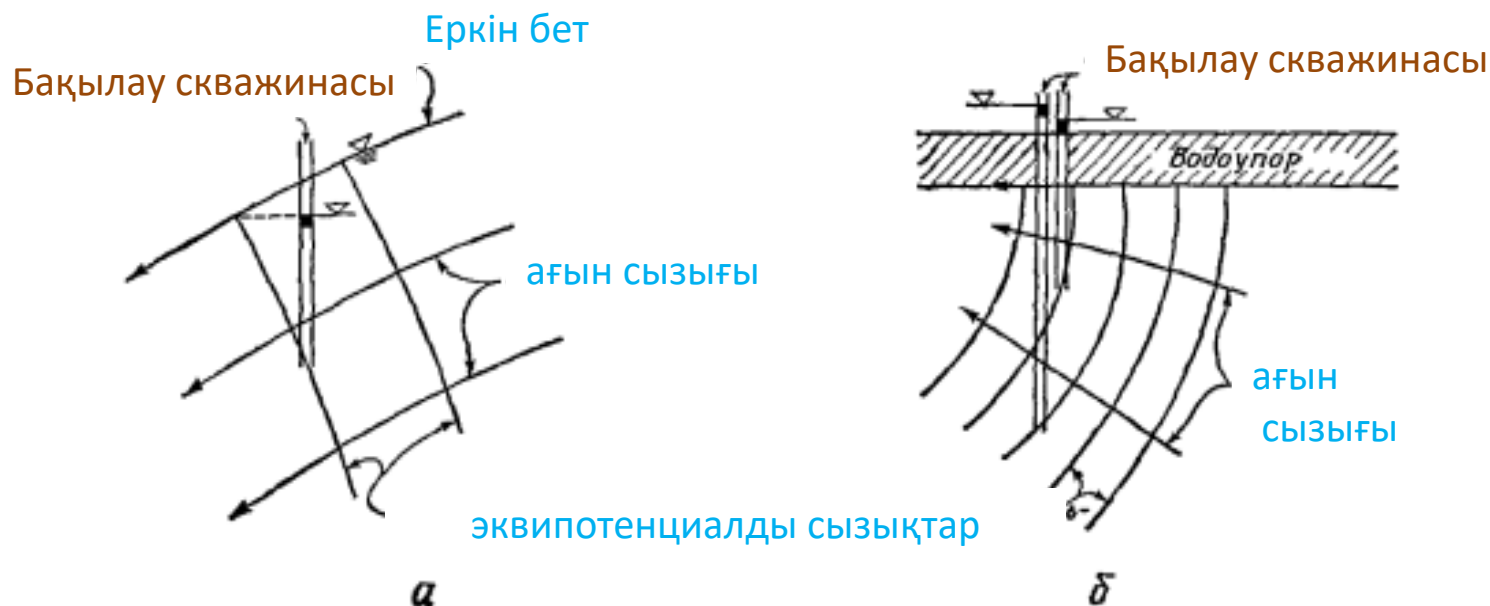
2) **Екпінді қабаттар** салыстырмалы түрде өткізбейтін қабаттармен шектелген

3) **Жартылай екпінді қабаттар** әлсіз өткізгішті қабатпен шектелген.



СКВАЖИНА ГИДРАВЛИКАСЫ. НЕГІЗГІ ТҮСІНІКТЕР.

Екпінсіз сулы қабатта сулы бет толық қаныққан аймақ беті болып табылады. Егер жер асты су ағысы горизонтальды емес болса, бақылау скважинасы не пьезометр пластың берілген нүктесіндегі судың деңгейінің жуық шамасын ғана көрсетеді (сурет 1а). Өйткені скважинадағы су деңгейі пьезометрлік қысымның тек скважинаға су кіретін нүктесіндегі мәнін сипаттайды.



1- сурет. Екпінді және екпінсіз сулы қабаттағы бақылау скважиналары

Салыстырмалы түрде әлсіз шектелген екпінді сулы қабатта пластың үстіндегі судың екпінді қысымы (напор) атмосфералық қысымнан артық болады. Екпінді пластқа енетін скважинадағы су деңгейі жоғарғы әлсіз өткізетін қабаттың табанынан көтеріледі. Бірнеше скважиналардағы судың деңгейінің қосындысы пьезометрлік бетті береді. Егер екпінді су ағысы горизонталь болмаса скважинадағы су деңгейі скважинаның төменгі тесігі орнынан тәуелді болады (сурет - 1.б). Егер скважинадағы су деңгейі жер бетінен жоғары орналасса онда **артезиандық** деп аталады. Ондай скважиналар еркін атқылайды.

Жер асты суының екпінсіз қабатындағы скважинадан суды өндіру кен кеуектеріндегі суды шығарып алуға әкеледі, жер асты су беті (зеркало) бастапқы күйіне қарағанда төмендейді. Соған қоса, жер асты су беті скважинаға қарай көлбейді, ол **гидравликалық градиент** деп аталады.

Пайда болған депрессия шұңқыры скважинадан қашықтағанына байланысты төмендеуін сипаттайды. Су деңгейі скважинадан радиалды түрде таралады да, эффективті кеуектіліктің (водоотдача) депрессия шұңқыры ауданы бойынша төмендеуіне көбейтіндісі су өндіру кезінде алынған су көлемін береді.

Сұйықтың **екпінсіз қозғалысы** деп пьезометриялық беті фильтрацияланатын сұйықтың еркін бетімен сәйкес келетін қозғалысты айтады, **сұйықтықтың еркін бетінде қысым тұрақты болады.**

Сұйықтың қозғалмайтын күйінде оның еркін беті горизонталь болады, қозғалыс кезінде ол қисайып, ағын бойымен төмендейді.

Мұнайшыларға үлкен тереңдіктерде және тиісті қысымдармен жұмыс істеуге тура келеді. Мұнай есептерінде еркін бетінде атмосфералық қысым болатын **екпінсіз қозғалыстар салыстырмалы түрде сирек кездеседі**, мысалы, мұнай кен орындарын **шахталық және карьерлік игеру кезінде.**

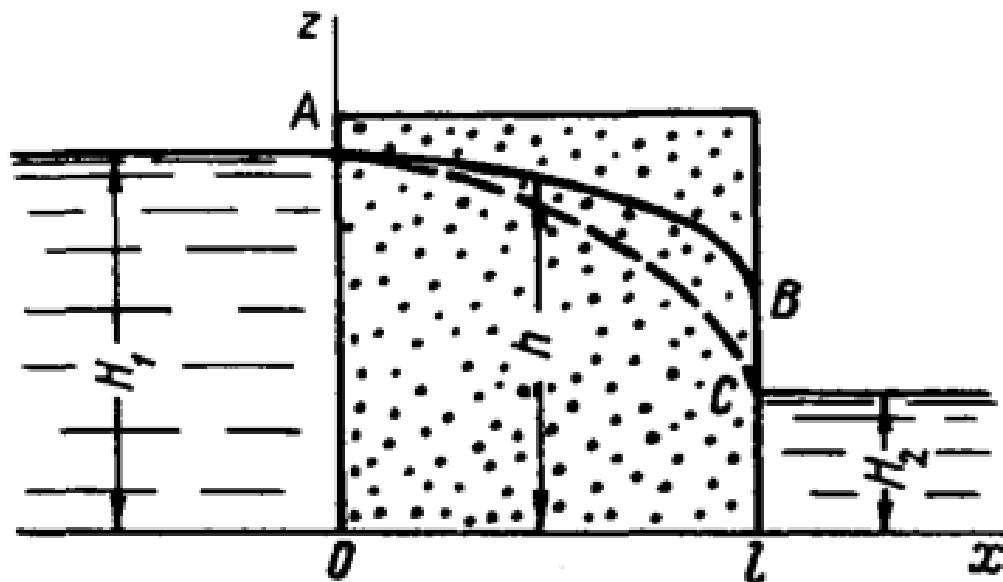
Екпінсіз қозғалыстың есептері гидротехниктерді көбірек қызықтырады, мысалы, топырақ бөгеттері арқылы судың фильтрациялануы, жер асты суларының **ұңғымалар мен құдықтарға** келіп түсуі және т.б.

Сонымен қатар, **екпінсіз фильтрация есептері** үлкен теориялық қызығушылық тудырады. Олар екпінді қозғалыстың оған ұқсас есептеріне қарағанда әлдеқайда қиын.

Екпінсіз фильтрация мәселелерін нақты шешудің негізгі қиындығы — жер асты су ағысының алып жатқан аумағының пішіні белгісіз.

Екпінді фильтрацияда ағыс аймағының пішіні белгілі, себебі қабаттың су өткізбейтін үстіңгі және төменгі бөлігі бекітілген.

Сұйық фильтрацияланатын төртбұрышты бөгетті қарастырайық (2-сурет). H_1 деңгейі жоғарғы бьеф, H_2 деңгейі төменгі бьеф деп аталады. Бөгет денесі арқылы фильтрацияланатын сұйықтың еркін беті депрессиялық (пьезометриялық) бет (ABC қисығы) деп аталады. Еркін беті әрқашан төменгі бьефтен жоғары оң жаққа өтеді. BC мәні ағу аралығы деп аталады. Осы аралықта сұйықтық атмосфераға өтіп, BC бойымен төменгі бьефке түседі.



2-сурет. Табаны өткізбейтін өткізгіш бөгет арқылы екпінсіз ағыстың схемасы

Фильтрация жылдамдығының бойлық компоненті вертикаль бойымен тұрақты және мынаған тең:

$$v_x = -k_\phi \frac{dh}{dx} \quad (2)$$

мұндағы, k_ϕ – фильтрация коэффициенті.

Фильтрация жылдамдығының көлденең компоненті нөлге тең. Ағыстың бірлік еніне, яғни биіктігі h ені бірге тең тік төртбұрышқа келетін сұйықтың шығыны:

$$Q = v_x h * 1 = -k_\phi \frac{hdh}{dx}. \quad (3)$$

Екпінсіз қозғалыстың гидравликалық теориясы мынадай жорамалдарға негізделеді:

- 1) **фльтрация жылдамдығының горизонталь компоненттері** ағынның кез келген көлденең қимасында **біркелкі таралған**;
- 2) биіктік бойынша қысым **гидростатикалық заң бойынша таралған**, яғни қысым екпіні

$$H = z + \frac{p}{\rho g} = H(x, y) \quad (4)$$

мұндағы p манометрлік қысымды білдіреді.

Сұйықтың еркін беттегі қысымды атмосфералық (яғни манометрлік қысым нөлге тең) деп есептей отырып, (4) теңдеуден, қысым екпіні ағынның тереңдігіне h тең екенін аламыз: $H = h$.

Горизонталь өткізбейтін табаны бар тікбұрышты бөгет арқылы екпінсіз қозғалыс

Ағынның тереңдігі мен шығыны t уақытына тәуелді болмаған кезде жер асты суларының тұрақты қозғалысын қарастырамыз.

(3) формуладан еркін беттің теңдеуін табамыз. Айнымалыларды ажыратып және интегралдау арқылы, аламыз

$$Qdx = -k_{\phi}hdh,$$

$$Qx = -k_{\phi} \frac{h^2}{2} + const.$$

Интегралдау тұрақтысы шекаралық шарттан табылады:

$$x = 0 \text{ болғанда } h = H_1, \quad x = l \text{ болғанда } h = H_2.$$

$$const = -k_{\phi} \frac{H_1^2}{2}.$$

Бұдан еркін беттің теңдеуі келесі түрде жазылады

$$Qx = k_{\phi} \frac{(H_1^2 - h^2)}{2} \quad (4)$$

Осы формуладан кез келген қимадағы ағыстың тереңдігі h -ты оңай табуға болады. Алдымен сұйықтықтың шығыны Q –ды табамыз. Ол үшін кез келген қимадағы, мысалы төменгі бьефтегі қысым екпінін білу керек. Екінші шекаралық шартты $x = l$ болғанда $h = H_2$ пайдаланып, шығынның мәнін есептей аламыз:

$$Q = k_{\phi} \frac{(H_1^2 - H_2^2)}{2l} \quad (5)$$

(4) формуласынан

$$h = \sqrt{H_1^2 - \frac{2Qx}{k_{\phi}}}. \quad (6)$$

Осы формуладағы Q орнына (5) –дегі мәнін қойсақ

$$h = \sqrt{H_1^2 - \frac{(H_1^2 - H_2^2)}{l} x}. \quad (7)$$

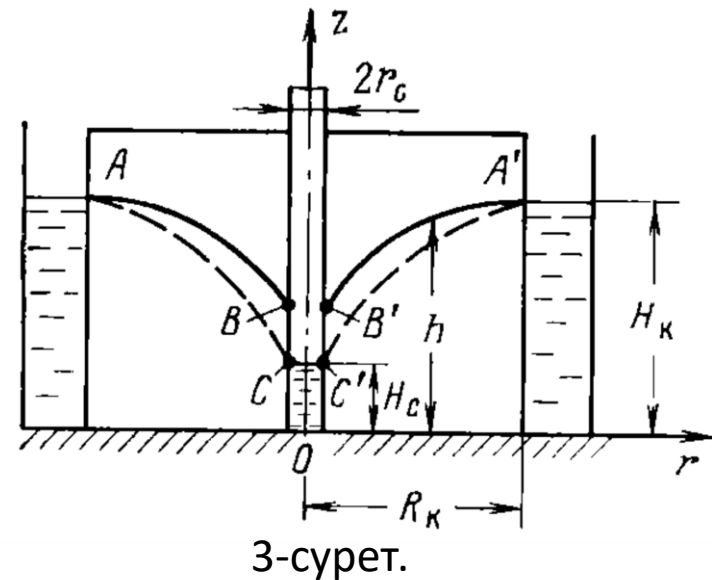
Осылайша, екпінсіз қозғалыстың гидравликалық теориясына сәйкес, АС пьезометриялық сызығы парабола болып табылады, бұл ағыстың нақты көрінісін көрсетпейді. Бұл мынадай пайымдаулардан анық білінеді. (3.122) формуласынан төменгі бьефке ($x = l$) шығу кезінде $H_2 = 0$ болғанда $h = 0$ болатыны шығады және сәкесінше $v_x = Q/h$ фильтрация жылдамдығы шексіз мәнге ие болады, бұл физикалық тұрғыдан мүмкін емес. Демек, шындығында $h_{x=l} \geq H_2$, яғни ВС ағу (высачивания) аралығы бар болуы тиіс және пьезометриялық қисық АС емес, АВС түрінде болады.

Ұңғымаға бағытталған екпінсіз ағыс

Енді су өткізбейтін табаны бар пласта жетілген ұңғымаға немесе құдыққа орнықталған екпінсіз ағыстың келу сызбасын қарастырайық (3-сурет). R_k қашықтықта жер асты суларының деңгейі тұрақты және H_k -ға тең болсын, ұңғымада H_c тұрақты деңгейі орнатылған.

Ұңғыма осінен r қашықтықта фильтрация жылдамдығы:

$$v_r = -k_\phi \frac{dh}{dr}. \quad (8)$$



Цилиндрдің бүйір беті арқылы **сұйықтық шығынын** табамыз. Ұңғыма **өндіруші ұңғыма (ұра)** болған кезде **шығын оң** деп санаймыз:

$$Q = 2\pi r h |v_r| = 2\pi r h k_{\phi} \frac{dh}{dr} \quad (9)$$

Қозғалыс орнықталған деп қарастырамыз. Әрбір көлденең қимада Q және $h(r)$ уақыттан тәуелсіз. (9) теңдеуінде айнымалыларды ажыратып интегралдау арқылы келесі теңдеуді аламыз:

$$Q \frac{dr}{r} = 2\pi k_{\phi} h dh,$$

$$Q \frac{dr}{r} = 2\pi k_{\phi} h dh.$$

$$Q \ln r = \pi k_{\phi} h^2 + const.$$

Интегралдау тұрақтысы шекаралық шарттан анықталады: $r = R_k$ болғанда $H = H_k$. Сонда

$$Q \ln \frac{R_k}{r} = \pi k_\phi (H_k^2 - h^2), \quad (10)$$

Осы теңдеуге екінші шекаралық шартты ($r = r_c$ болғанда $H = H_c$) қою арқылы ұңғымадағы шығынды анықтай аламыз

$$Q = \frac{\pi k_\phi (H_k^2 - H_c^2)}{\ln \frac{R_k}{r_c}} = \frac{\pi k \rho g (H_k^2 - H_c^2)}{\ln \frac{R_k}{r_c}}. \quad (11)$$

(10) теңдеуін h -қа қатысты шешу арқылы АС депрессия қисығының теңдеуін аламыз:

$$h = \sqrt{H_k^2 - \frac{Q \ln \frac{R_k}{r}}{\pi k \phi}} = \sqrt{H_k^2 - \frac{(H_k^2 - H_c^2)}{\ln \frac{R_k}{r_c}} \ln \frac{R_k}{r}}.$$

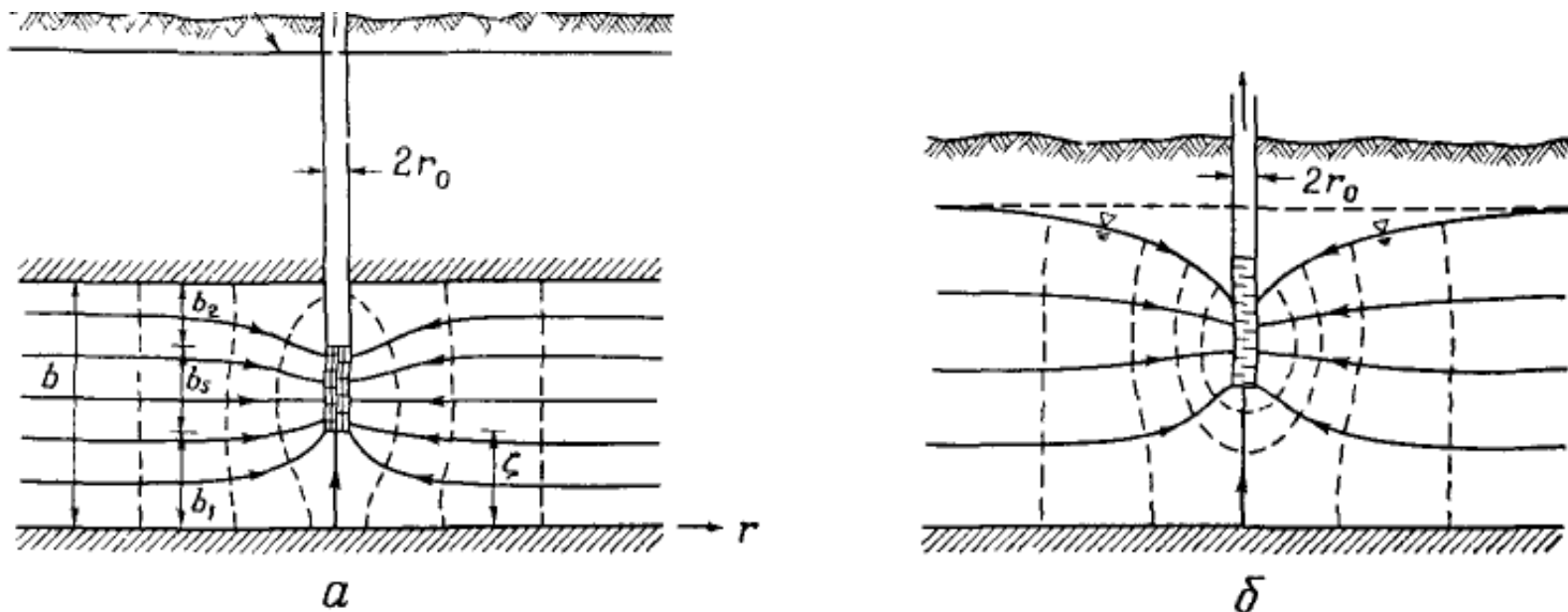
(11) формуласы **Дюпюи формуласы** деп аталады.

ГИДРОДИНАМИКАЛЫҚ ЖЕТІЛМЕГЕН СКВАЖИНАЛАР

Жоғарыда талқыланған мысалдарда пластың толық қалыңдығына енгізілген ашық ұңғымаларға ағыстың келуі қарастырылған. Ұңғыма өнімді пластың толық қалыңдығына дейін еніп, ұңғыманың бүйір беті ашық болса, яғни скважина маңының барлық ашылған беті фильтрацияланатын болса, ол **гидродинамикалық жетілдірілген ұңғыма** деп аталады.

Көп жағдайда мұнай немесе су қабаттарының қалыңдығы толық емес, белгілі бір тереңдікке дейін ашылады. Ұңғыманың жетілмегендігінің екі түрі бар - **ашу дәрежесі бойынша жетілмеген** және **ашу сипаты бойынша жетілмеген**.

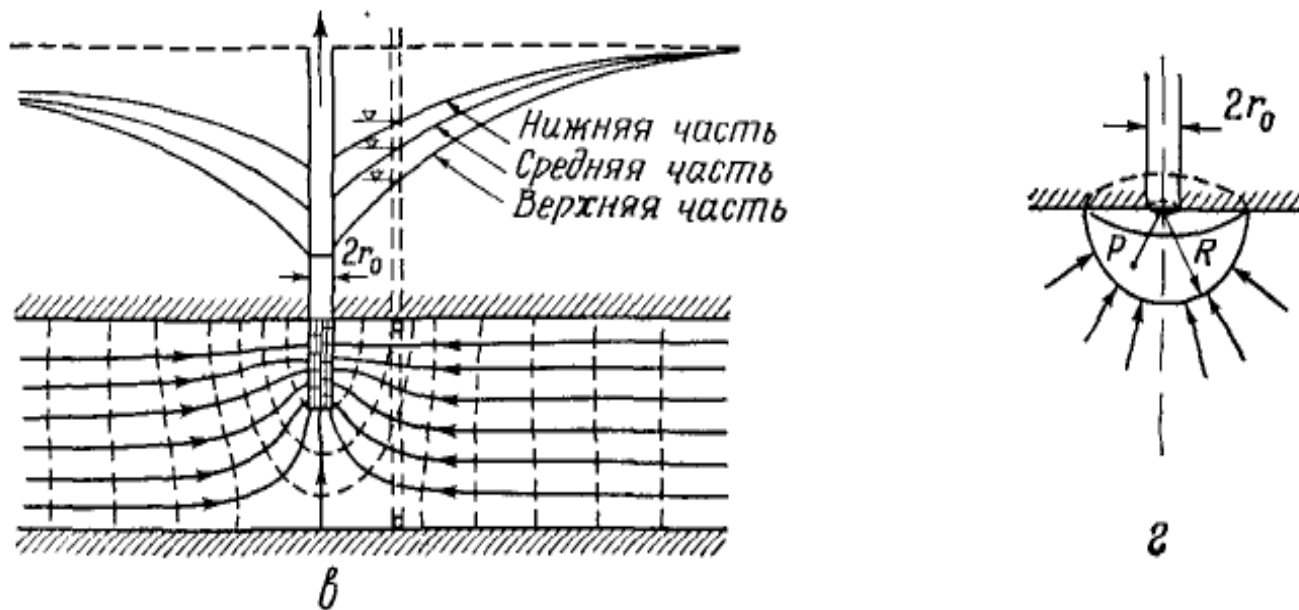
ГИДРОДИНАМИКАЛЫҚ ЖЕТІЛМЕГЕН СКВАЖИНАЛАР



6-сурет.

- а) екпінді пластағы гидродинамикалық жетілмеген скважина,
б) екпінсіз сулы горизонттағы гидродинамикалық жетілмеген скважина

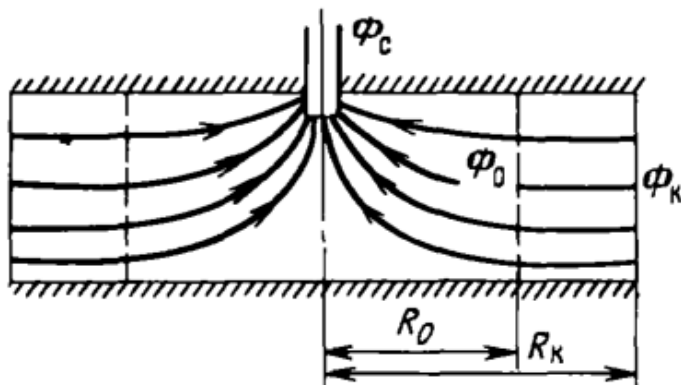
ГИДРОДИНАМИКАЛЫҚ ЖЕТІЛМЕГЕН СКВАЖИНАЛАР



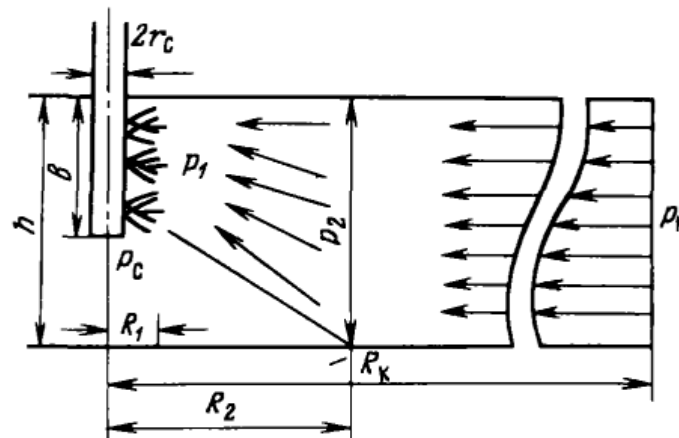
б-сурет.

- в) пластағы ағын сызықтары мен депрессия қисықтары,
- г) қалыңдығы шексіз пластағы скважинаның нөлдік ену тереңдігі

Егер ашық кенжары бар ұңғыма пластың бүкіл қалыңдығын емес, тек b тереңдігіне дейін ашса, онда ұңғыма пласты **ашу дәрежесі бойынша гидродинамикалық жетілмеген** деп аталады. Бұл жағдайда $K = b/h$ қабаттың салыстырмалы ашылуы деп аталады.



4-сурет. Пласты ашу дәрежесі бойынша гидродинамикалық жетілмеген скважина



5-сурет. Пласты ашу дәрежесі және ашу сипаты бойынша гидродинамикалық жетілмеген скважина

Егер ұңғыма пласты табанына дейін ашса, бірақ пластпен байланыс тек қаптама құбырдағы (шегендеу бағаны) және цемент тастағы арнайы саңылаулар (тесіктер, перфорациялар) арқылы немесе арнайы фильтрлер арқылы жүрсе, онда мұндай ұңғыманы **пласты ашу сипаты бойынша гидродинамикалық жетілмеген** деп атайды.

Пласты ашу дәрежесі бойынша да, ашу сипаты бойынша да жетілмеген ұңғымалар жиі кездеседі (5-сурет).

Мұнай мен газ кен орындарын игеру кезінде пласты ашу дәрежесі мен сипаты өте маңызды, өйткені олар ұңғыманың қапталы аймағында пайда болатын фильтрациялық кедергілерді және сайып келгенде ұңғымалардың өнімділігін анықтайды.

Пластың ашу дәрежесі мен сипатын таңдау қабаттардың физикалық қасиеттеріне, олардың қалыңдығына, біртектілік дәрежесіне, өңдеу тәсіліне (способ разработки) және т.б. байланысты жүзеге асырылады. Ұңғымалардың ашу дәрежесі мен сипаты бойынша жетілмеуі ағын сызықтарының деформациясына әкеледі, ал ол өзкезегінде ұңғыманың қапталындағы аймақта күрделі бірөлшемді емес ағыстардың пайда болуына әкеп соғады. Осыған байланысты гидродинамикалық жетілмеген ұңғымаларға ағынның келу ерекшеліктерін қараудың практикалық маңызы зор.