

**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ**

**А. Т. Қартабай
Е. С. Орынғожин
А.К. Есімханова**

МҰНАЙ КЕН ОРЫНДАРЫН ИГЕРУ

Оқулық

Алматы, 2013 ж.

ӘОЖ 622.1/2(075.8)
КБЖ 3312 я 73
Қ 42

*Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігінің «Оқулық»
республикалық ғылыми-практикалық орталығы бекіткен*

Пікір жазғандар:

Д.Ж. Абдели – техника ғылымдарының докторы, профессор;
С.З. Кабдулов – техника ғылымдарының докторы, профессор;
А.Н. Нысанғалиев – техника ғылымдарының докторы;
А.К. Касенов – техника ғылымдарының кандидаты, профессор.

Қ 42 **Қартабай А.Т. және т.б.**
Мұнай кен орындарын игеру: Жоғары оқу орындарына арналған оқулық /Авторлар: А.Т. Қартабай, Е.С. Орынғожин, А.К. Есімханова / – Алматы: Экономика. – 2013. – 378 бет.

ISBN 978-601-225-612-3

Мұнай кен орындарын игеру – ғылымның қарқынды дамып келе жатқан саласы. Оның кейінгі дамуы – жер қабатынан мұнайды алудың жаңа технологияларын қолданумен, қабат ішіндегі үдерістердің өту сипатын анықтаудың жаңа әдістерін пайдаланумен байланысты. Мұнда өндіру нысаны және жүйесі, игеру жүйесі, игеру жүйесінің сипаттамасы және классификациясы, қабатқа әсер етудің мақсаты мен жолдары, ұңғылардың аудандық орналасу жүйелері қарастырылған.

Оқулық 5В070800 – «Мұнай-газ ісі» мамандағы бойынша жоғары оқу орындарының студенттеріне және колледж оқушыларына арналған.

ӘОЖ 622.1/2(075.8)
КБЖ 3312 я 73

ISBN 978-601-225-612-3

© ҚР Жоғары оқу орындарының
қауымдастығы, 2013.
© Қартабай А.Т. және т.б., 2013.

КІРІСПЕ

Қазақстанда мұнай көп уақыттан бері өндіріледі және пайдаланылады, дегенмен мұнай кен орындарын қарқынды игеру ХІХ ғасырдың аяғы ХХ ғасырдың басынан басталған. 1899 жылдың 13 қарашасында Қарашұңғылда 40 м тереңдіктен №7 ұңғымадан жеңіл мұнайдың бірінші фонтаны атқылағаны белгілі. Сол күннен Қазақстан Республикасында мұнай өнеркәсібінің дамуы басталады. 1911 жылы Доссор кен орны Қазақстанда бірінші болып өндірістік игеруге енгізілді. Республикадағы мұнай өндіру өнеркәсібі соғысқа дейінгі жылдары қарқынды дамыды. Жаңадан өнеркәсіп объектілері және жаңа мұнай кен орындары ашылды (Байшұнас, Ескене, Шұбар Құдық, Сағыз, Жақсымай). Гурьевте мұнай жабдықтарын шығаратын механикалық зауыт салынды, орталық ғылыми зертхана құрылды. Ұзындығы 847 шақырым Каспий-Орск мұнай құбыры мен Қандыағаш-Гурьев темір жолы іске қосылды.

Құлсары кәсіпшілігіне нұсқа сыртынан су айдау және компрессорсыз газ айдау әдістері енгізілді.

XX ғасырдың 60-жылдарының ортасына дейін республикада мұнай өндіру баяу дамыды. Орта жылдық өнім өндіру 1,5 млн тоннадан аспады. Жалғыз мұнай ауданы Ембі бассейні болды.

Манғышлақ түбегінде 50-жылдардың соңында терең барлау ұңғыларын бұрғылау жұмыстары жүргізіле бастады, соның нәтижесінде Өзен және Жетібай ірі кен орындары ашылды. 1961 жылы Жетібай кен орнынан бірінші фонтанды ұңғымадан мұнай алынды.

Аз уақыт ішінде жаңа кен орындарды игеру басталды. Манғышлақ-Мақат темір жолы салынды. “Манғышлакнефть” кәсіпшілік бірлестігі құрылды, 1965 жылдан бері осы жердегі ашық кен орындарды игеру басталды.

Өзен кен орнындағы ең негізгі құрылымдар мұнай құбырлары мен қабат қысымын ұстауға арналған су айдау құрылымдары, Өзен-Жетібай-Гурьев-Самара мұнай құбырының бірінші тізбегінің ұзындығы 712 шақырым Өзен-Гурьев бөлігі 1969 жылы іске қосылды. Бұл мұнай құбыры парафинді мұнайды алыс арақашықтықтарға тасымалдау мәселесінің бір беткей жаңа шешімі болды. Бозащы түбегіндегі жаңа мұнайлы аймақтарды игеру өнім өндірудің өсуін қамтамасыз етті. Қаражанбас және Қаламқас кен орындары пайдалануға енгізілді. Олардың ерекшелігі өнімді қабаттың терең жатпауы, мұнайының меншікті салмағы және құрамындағы ванадий үлесінің жоғары болуында.

Келесі 10 жылдықтағы Манғышлақ және Каспий маңы ойпатындағы пайдалануға берілген кен орындар: Тенге, Тасболат, Шығыс Жетібай, Қаражанбас, Мартыши, Қамысты және т.б.

1975 жылы республикада мұнай өндіру 23,9 млн тоннаға жетті және 1970 жылымен салыстырғанда 1,8 есеге өсті. 1976 жылы Теңіз құрылы-

мындағы тұзасты шөгінділерінің өнеркәсіптік мұнайлылығы анықталды және 1979 жылы осы кен орны игеруге енгізілді, бұл кен орны мұнай қоры жағынан дүниежүзіндегі ең ірілерінің бірі болып саналады.

Келесі жылдар ішінде Каспий маңы ойпатындағы Жаңажол, Қарашығанақ аймақтарынан тұзасты шөгінділердегі мұнай-газды кен орындар ашылды.

1981-1992 аралығында республикадағы мұнай өндіру жоғары қарқынмен дамыды. 1981 жылғы мұнай өндіру 19,1 млн тоннадан 1992 жылы 25,8 млн тоннаға жетті. Маңызды оқиғалардың бірі Арыскұм майысуындағы Құмкөл ірі мұнайгаз кен орнының ашылуы және Каспий маңы ойпатындағы ірі мұнайгазконденсатты Жаңажол, Қарашығанақ кен орындарының ашылуы болды. Осы кен орындарының ашылуы Қазақстанның мұнай-газ саласындағы шикізат базасын ұлғайтып, оны ірі өнеркәсіптік орталықтар қатарынан ерекшелердің қатарына ығыстырды.

Қазақстан Республикасының экономикасы үшін мұнай-газ өнеркәсібінің орны бөлек және өте маңызды болып табылады. Дүниежүзінде жылдан жылға көмірсутектерді тұтыну өсіп келеді, өз кезегінде Қазақстанда мұнай өндіру жыл сайын өсуде; жақын арада мұнай өндіру мөлшерін 100 млн. тоннаға жеткізу міндеті тұр. Мұнай-газ саласында мыңдаған адамдар жұмыс істеп, өз үлестерін қосуда. Сонымен қатар, салаға ірі жетекші шетелдік компаниялар инвестицияларын тартуда.

Келтірілген маңызды проблеманы шешу салаға заманауи мамандарды дайындауды, оларды технологиялық және техникалық жетістіктермен таныстыру, өндіріске еңгізуді талап етеді.

Мұнай кен орындарын игеру деп құрамында көмірсутектер және олармен қоса жүретін пайдалы қазбалары бар заттарды жер қабатынан алудың ғылыми негізделген үдерісін айтады. Бұл үдеріс кен орнын бұрғылауды және мұнай мен газ қорларын игеруді қамтиды.

Мұнай кен орындарын игеру тау-кен ғылымдарына жатады. Тау-кен ісі – адамзаттың ең ежелгі мамандықтарының бірі. Адамзат пайдалы қазбаларды тауып, оларды қолдануды тас және қола ғасырларда бастаған. Адамзаттың дамуындағы осы кезеңдердің атауы тастан, қоладан жасалған құралдарды табу мен дайындаумен, яғни тау-кен ісімен байланысты.

Аздап кейінірек XIX ғасыр соңында мұнай өндіру үшін ұңғымалар құрыла бастады.

Бірінші ұңғыма 1865 жылы екпінді әдіспен Кубаньдағы Кудакө өзенінде А.Н. Новосильцев тарапынан бұрғыланды. 1871 жылы механикалық әдіспен Бакин ауданында ұңғыма бұрғыланды. XIX ғасырдың 70-80 жылдарынан бастап, әсіресе XX ғасырдың басында ұңғымаларды механикалық әдіспен бұрғылау тез дамыды, және Ресейдегі мұнай өндіру қарқынды түрде көбейді, бірақ барлама және мұнай өндіруші ұңғымалар санының көбеюіне қарамастан, XX ғасырдың басында мұнайды өндірудің табиғи режимдерінде кен орындарын өндіру ретсіз жолмен іске асырылды. Сол жылдары мұнайды өндірудің ғылыми негіздері болған жоқ, десе де мұнай өндірудің түрлі

мәселелерімен: оның туындауы мен геологиясы, сынау мен тасымалдау, қайта өндіру және пайдалану жолында Ресейдегі көптеген атақты ғалымдар мен инженерлер жұмыс жасады, олардың қатарында: Д.И. Менделеев, А.М. Бутлеров, И.М. Губкин, В.Г. Шухов болды.

XX ғасырдың 20-жылдарының басында да мұнай қабаттарының физикасы мен механикасы, олардан мұнай мен газды алу жайлы көптеген негізгі пайымдаулар белгісіз болды және қолданылмады. Соның өзінде фильтрацияның негізгі заңы 1856 жылы француз ғалымы Анри Дарси тарапынан су тазалаушы фильтрлерде судың қозғалысын үйрену кезінде ашылған болатын. Соңынан белгілі болғандай мұнайдың орнатылған және орнатылмаған фильтрациясының теңдеулері XIX ғасырдың басында ашылған Лаплас пен Фурьенің математикалық физика теңдеулерімен ұқсас болып шықты. Бірақ бұл теңдеулер мұнай кен орындарын өндіруде XX ғасырдың 30-жылдарында қолданыла бастады.

Мұнай және газ кен орындарын игеру теориясындағы басты жетістіктердің бірі – мұнай мен газды ұңғыма аузына жылжитатын негізгі күштердің анықталуы, яғни мұнай және газ кен орындары режимдері жайлы ғылым негізінің салынуы болды. Бұл ғылымның пайда болуына И.М. Губкин, Л.С. Лейбензон, И.Н. Стрижов, А.П. Крылов, С.А. Христианович, Ф.А. Требин, Б.Б. Лапук, И.А. Чарный, В.Н. Щелкачев сынды ғалымдар үлкен үлес қосты. 30 жылдардың ортасында мұнай кен орындары режимдерінің теориясы айтарлықтай дамыды. Мұнай қабаттарының серпімді режим теориясының және сұйық газ режимі теориясының негізі салынды. Айтып өтетін жайт, осы ғасырдың 20-жылдарының басында Л.С. Лейбензон газ фильтрациясының дифференциалды теңдеуін тауып, газ кен орындарын өндірудің негізін қалады.

Осы ғасырдың 20-жылдары және 30-жылдарының басында мұнай кен орындарын өндіруді болжау негізінен өндірудің бастапқы кезеңінде алынған уақыттағы өндіру көрсеткіштерінің нақты тәуелділіктерін құру, осы көрсеткіштерді статистикалық тұрғыда өндіру және оларды болашақта экстраполяциялау жолымен жүргізілді.

Фильтрация теориясының математикалық әдістері сол уақытта Н.Е. Жуковский, Н.Н. Павловский тарапынан біршама дамытылды, бірақ мұнай ісінде қолданысын тапқан жоқ. Осы теория әдістерін мұнай кен орындарын өндіруде дамуына және пайдаланылуына американдық ғалым Маскеттің атақты еңбектері біршама әсер етті.

30-жылдардың соңында және 40-жылдардың басында қол жеткізілген мұнай мен газ фильтрация теориясы саласындағы және оны мұнайды өндіруге арналған есептеулерге қолданудағы біршама жетістіктерге қарамастан мұнай кен орындарын өндіру тәуелсіз инженерлік пән ретінде енді ғана қалыптасып келді.

Мұнай кен орындарын игеру теориясының өндірудің ғылыми негізделген жүйелері мен технологияларына қатысты негізгі шарттар 40-

жылдардың басында әлі құрылмаған-ды. Мысалы, АҚШ-та ұңғымалар арақашықтығы сияқты маңызды параметрлерді зерттеу мәліметтерінің, кен орындарының талдануы және жалпы қағидалары негізінде емес, ұңғымалардың дебит нормалары бойынша әкімшілік жолмен бекітіліп жүрді, оларды анықтау құқығы Техас теміржол комиссиясына берілетін.

Мұнай кен орындарын игеру ғылымның тәуелсіз саласы және оқу пәні ретінде қалыптасуында шешуші рөл атқарған орыс ғалымдары А.П. Крыловтың, М.М. Глоговскийдің, М.Ф. Мирчинканың, Н.М. Николаевскийдің және И.А. Чарныйдың 1948 жылы Гостоптезиздатта шыққан «Мұнай кен орындарын игерудің ғылыми негіздері» атты маңызды еңбегі болды. Бұл кітапта игерудің негізгі қағидасының бірінші құрылымы берілді, мұнай кен орындарын өндіруді жобалаудың негізі қаланды, жерасты гидромеханикасының бірнеше маңызды мәселелері шешілді, ал мұнай кен орындарын игеру жайлы ғылым кешенді білімдер саласы ретінде қарастырылды, ол мұнай геологиясы және геофизикасындағы жерасты гидродинамикасын, ұңғымаларды және қолданбалы экономикадағы жетістіктерді пайдаланады.

Аталған еңбектің жарық көруі қабатқа суды айдау жолымен әсер ету арқылы мұнай кен орындарын игерудің біршама дамуына ықпал жасады. 40-жылдардың соңы және 50-жылдардың басында мұнай кен орындарын игеру саласында зерттеулер санының күрт өсуімен, осы саладағы жаңа бағыттарды дамытуымен ерекшеленеді. Аралас-сукернеуіш және сұйық газ режимдерінде мұнай кен орындарын игерудегі мәселелердің шешімдері ұсынылды. Ұңғыларды гидродинамикалық зерттеулерді қолданумен қабаттар параметрлерін анықтау әдістері қарқынды дами бастады. Ықтималды-статистикалық модельдерді қолданумен мұнай кен орындарын игеруді есептеудің әдістемелік негіздері құрылды. Сонымен қатар мұнай қабаттарының фильтрациясы кезінде бірегей еместілікті тікелей есептеу әдістері де дамыды.

50-жылдары мұнай қабаттарының жаңа модельдері (кеуекті және кеуекті-борпылдақ), сонымен қатар мұнай кен орындарын игеруді талдау және бақылау әдістері пайда болып, дами бастады және оларды игеру жүйелері де біршама дамыды. Америка тәжірибесінде белгілі аумақтық жүйелермен қатар, алдымен кен орындарын айдауыш ұңғылар қатарларымен ішкі-нұсқа түрінде бөліп, өндіруші ұңғыларды бөліну сызығымен орналасуы, ал кейіннен заманауи блок-қатарлық жүйе пайда болды.

Мұнай кен орындарын игеруді жобалау, талдау және бақылауының дамуы күрделі математикалық әдістер мен есептеу жабдықтарын талап етті. 30-50-жылдары есептеулер кезінде жерасты гидромеханикасының мәселелерді шешу әдістерінің анық немесе ұқсас түрлері қолданылды, ал 50-шы жылдардың соңы мен 60-шы жылдары фильтрация мәселелерін шешудің есептік әдістері қолданыла бастады.

Осы жылдары мұнай қабаттарына су айдау арқылы әсер етудің негізі болды, бірақ сол кездердің өзінде бұл жолмен мұнайды, әсіресе,

тұтқырлығы жоғары және жоғары-парафиндік мұнайды толықтай өндіру мәселесі әлі де толық шешілмейтіні анықталды. Маңызды зерттеулер жүргізіліп, мұнай кен орындарын жылу арқылы, қабаттарға жылусақтағыштар мен ішкі-қабаттық жануды енгізумен байланысты жүретін игерудің дамуына әсер еткен инженерлік шешімдер берілді. Сол жылдары бүкіл әлемде қабаттан мұнайды алудың көмірсутектік ерітінділермен, полимерлік және мицеллярлы-полимерлік ерітінділер арқылы мұнайды қабаттан ығыстырып шығару секілді физикалық-химиялық әдістерінің дамуына айрықша көңіл бөлінді.

Мұнай кен орындарын игерудің күрделі үдерістерін есептеу тек қана қабаттардағы көп ағымдардың есебін ғана емес, ондағы көп компоненттіліктің, фазалық ауысымдардың, қабаттағы фильтрленіп жатқан заттар қасиеттерінің өзгергіштігін, яғни көп фазалы көп компонентті фильтрация теориясын қолдану есебін де талап етті.

Мұнай кен орындарын игеру – ғылымның қарқынды дамып келе жатқан саласы. Оның кейінгі дамуы қабаттан мұнайды алудың жаңа технологияларын қолданумен, қабат ішіндегі үдерістердің өту сипатын анықтаудың жаңа әдістерін пайдаланумен, ұлттық шаруашылықтың ұқсас салаларының мәліметтерін есепке алумен кен орнын бақылау мен өндіруде заманауи әдістерді қолданумен, пайдалы қазбаларды өндіру үдерістерінде автоматтандырылған басқару жүйесін қолданумен, қуатты ЭЕМ-дерде іске асырылатын, анықтайтын модельдер негізінде қабаттар құрылысының және оларда жүретін үдерістер сипатының бөлшектік есебі әдістерінің дамуымен байланысты болады.

Мұнай кен орындарын игеру адамзаттың табиғатқа елеулі әсер етуімен байланысты және сол үшін жер қойнауын және қоршаған ортаны қорғау бойынша бекітілген заңдарды сөзсіз ұстануды талап етеді.

Мұнай кен орындарын игеру бойынша барлық жобалық құжаттар мұнайды, суды герметикалық жинауды, өндірілетін суды тазалауды және соңынан оны қабатқа айдауда қолдануды, мұнай газын пайдалануды, қабаттардан мұнайды көп өндіру үшін қолданылатын химиялық заттардың регенерациясын және олардың кейінгі қолданылуын қарастыратын тұйық өндірістік циклдерді пайдалану жолымен жерді, суды, ауаны қорғауға байланысты бөлімдерді міндетті түрде қамтуы керек.

Кен орнынан барынша толығымен мұнайды, газды және конденсатты бөліп алу – жер қойнауын тиімді қолданудың негізгі бағыты.

Ұлттық шаруашылықтың барлық кезеңдерінде, сонымен қатар мұнай және газ кен орындарын игерудің барлық технологиялық үдерістерінде қуатты сақтаушы шараларды іске асыру маңызды рөл атқарады. Көмірсутектердің босқа жануының алдын алу үшін өндірілетін мұнай мен газдың тоннасына кететін энергия шығынын азайтатын мұнайды жердің беткі қабатына көтеруді, мұнай мен газды дайындау мен тасымалдауды күндіз жүргізуге тырысу керек.

Мұнай кен орындарын игеру оқу пәні ретінде инженерлік пәндер санатына жатады. Оған мұнай кен орындарын сапалық, сандық жағынан үйрену, сонымен қатар инженерлік шешімдерді сипаттау емес, сандық түрде берілетін жобаларды дайындау да жатады. Сол үшін аталған курстың барлық бөлімдерінде математикалық әдістер қолданылады. Мұнай кен орындарын игеру – математикалық әдістермен барынша толықтырылған инженерлік пән екенін атап өту керек. Бұл инженер-өндірушілер өз іс-әрекеттерінің нысандарына (мұнай қабаттарына) тікелей әсер ете алмайды және кейде оларды тікелей өлшеулермен емес ұңғыны геофизикалық және гидродинамикалық зерттеулерінің мәліметтерін математикалық игеру негізінде зерттеуімен түсіндіріледі. Игеру барысында мұнай қабаттарында өтетін үдерістерді инженер-өндірушілер тек кері математикалық мәселелерді шешу арқылы түсінуі мүмкін.

Мұнай кен орындарын игеру курсына кешенді түрде геологияның, геофизиканың, қабат физикасының, жерасты гидрогазомеханикасының, тау-кен жыныстарының механикасының, ұңғыны пайдалану технологияларының және мұнайды өндіру жүйелерінің, экономиканың және жоспарлаудың көптеген маңызды жағдайлары қолданылады.

Оқулықта курстық және тәжірибелік жұмыстарға әдістемелік нұсқау, тақырыптар бойынша бақылау сұрақтары, өзіндік бақылау үшін тестілік сұрақтары келтірілген.

Оқулық қазақ тілінде бірінші рет шығарылып отырғандықтан авторлар мұнай-газ ісі мамандары тараптарынан туындайтын ұсыныстарды талқылауға және қабылдауға дайын.

I тарау

МҰНАЙ КЕН ОРЫНДАРЫН ИГЕРУ ЖҮЙЕЛЕРІ МЕН ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫ

1.1 Игеру нысаны және жүйесі

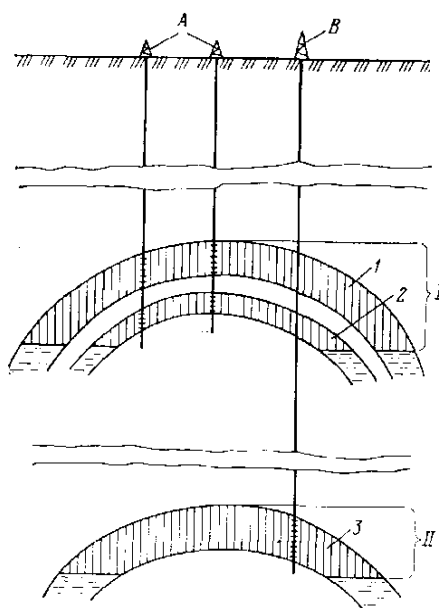
Мұнай және мұнай-газ кен орындары дегеніміз – бұл бір немесе бірнеше оқшауланған, яғни бір географиялық пункттің жанында орналасқан геологиялық құрылымдарда ұштастырылған жер қыртысындағы көмірсутектердің жиынтығы. Кен орнына жататын көмірсутектердің кені қабаттарда немесе тау жыныстарының массивтерінде орналасады, олар жер астында түрліше жайғасады, олардың геологиялық-физикалық қасиеттері әртүрлі келеді. Көп жағдайларда жекелеген мұнай-газды қабаттар, өткізбейтін жыныстармен оқшауланады немесе кен орындарының жеке бөліктерінде ғана орналасады.

Осылайша сипаты бойынша ерекшеліктері бар қабаттар ұңғылардың түрлі топтары арқылы өндіріледі, кейде өндіруде түрлі технологиялар қолданылады.

Кен орнын игеру нысаны жайлы түсінік енгізейік. Игерудің нысаны – бұл өндірілетін кен орнынан алынған геологиялық құрылым (қабат, массив, құрылым, қабаттардың жиынтығы), оның құрамында ұңғылардың белгілі бір тобымен немесе басқа да тау-кен техникасының көмегімен жер қыртысынан алынатын көмірсутектердің өндірістік қорлары болады. Өндірушілер мұнайшыларда кең таралған терминологияны қолдана отырып, әдетте әр нысан «өз ұңғылар торымен» игеріледі деп есептейді. Игеру нысанына кен орнының бір, бірнеше немесе барлық қабаттары біріктірілуі мүмкін.

Игеру нысанының негізі ерекшеліктері – онда мұнайдың өндірістік қорларының және осы нысанға тән белгілі бір ұңғылар тобының болуы. Десек те, осыған кері болуы мүмкін емес, себебі бір ұңғы арқылы бірмезгілдік бөлу пайдалануы үшін техникалық құралдар арқылы түрлі нысандарды игеруге болады.

Игеру нысаны түсінігін жақсы пайымдау үшін мысалдарды қарастырайық. Бізге *1.1-суретте* көрсетілген кен орнының қимасы берілсін. Бұл кен орнында қалыңдығымен, физикалық қасиеттерімен және қаныққан көмірсутектің тарау аумақтарымен ерекшеленетін 3 қабат бар. Кестеде 1, 2, 3-қабаттардың негізгі қасиеттері көрсетілген. 1-қабат 2-қабаттан 15 метр арақашықтықта, ал 2-қабаттың табаны 3-қабаттың төбесімен 1000 м арақашықтықта орналасқан. Қарастырылып жатқан кен орнында екі игеру нысанын бөліп көрсету мақсатқа лайық екенін айтуға болады, 1 және 2-қабаттарды бір нысанға (нысан I деп) біріктірсе, 3 қабат жеке нысан ретінде (нысан II деп) қарастырылады.



1.1-сурет. Көп қабатты мұнай кен орнының қимасы

1.1-кесте

Геологиялық-физикалық қасиеттері

Геолого-физикалық Қасиеттері	Қабаттар		
	1	2	3
Мұнайдың алынатын қоры	200,0	50,0	70,0
Қалыңдық, м	10,0	5,0	15,0
өткізгіштік 10^{-3} мкм^2	100,0	150,0	500,0
Мұнай тұтқырлығы $10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$	50	60	3

1, 2-қабаттардың бір нысанға біріктірілуі өзара бір-бірінен тік жақын орналасқан және олардағы мұнайдың өткізгіштігі, тұтқырлығының көрсеткіштері мәндес болуымен түсіндіріледі. Сонымен қатар 2-қабаттан өндірілетін мұнай мөлшері көп емес. 3-қабаттан өндірілетін мұнай мөлшері 1-қабаттағыдан аз болса да, ондағы мұнайдың тұтқырлығы төмен және өткізгіштігі жоғары болады. Демек, жоғарыда қарастырып отырған мәліметтерге қарап, осы қабатты бұрғылайтын ұңғының өнімділігі жоғары болатынын көреміз. Одан басқа, егер 3-қабаттағы тұтқырлығы төмен мұнайды әдеттегі су айдау әдісімен өндіруге болатын болса, онда тұтқырлығының төмендігімен сипатталатын 1 және 2-қабаттарды игеру үшін өндіру алдында басқа техниканы қолдануға, мысалы, мұнайды бұмен, полиакриламид ерітіндісімен немесе ішкі қабаттық жағу арқылы мұнайды ығыстыруға тура келеді.

Сонымен бірге, есепке алынатын нәрсе 1, 2, 3-қабаттардың арасындағы біршама ерекшеліктерге қарамастан игеру нысандарын бөлудегі соңғы шешім игеру нысандарына қабаттарды біріктіру нұсқаларының түрлі технологиялық және техникалық-экономикалық көрсеткіштерін талдау негізінде жасалады.

Игеру нысандарын кейде келесі түрлерге бөледі: дербес, яғни дәл осы кезде өндіріліп жатқан және кері, яғни қазір басқа нысанды пайдаланып жатқан ұңғы арқылы өндіріледі.

Мұнай кен орнын игеру жүйесі деп өндіру нысандарын анықтайтын өзара байланысқан инженерлік шешімдердің жиынтығын; оларды бұрғылау және орналастыру тізбегін және темпін; қабаттан мұнай мен газды өндіру үшін қабатқа әсер етуді; айдаушы және өндіруші ұңғылардың санын, қатынасын және орналасуын; кен орнын игеруді, жер қойнауын және қоршаған ортаны қорғауды басқаруды айтады.

Кен орнын игеру жүйесін құру – жоғарыда көрсетілген инженерлік шешімдердің жиынтығын білдіреді.

Осындай жүйені құрудың маңызды құрылымдық бөлігі – игеру нысандарын ерекшелеу. Сол үшін осы сұрақты төменде кеңінен қарастырамыз. Алдын ала айтуға болатын нәрсе бір нысанға біріктірілген қабаттардың көптігі – тиімді, себебі, осындай біріктіру кезінде жалпы кен орындарын игеру үшін қажет болатын ұңғылардың саны аз болады. Бірақ қабаттарды бір нысанға шектен тыс мөлшерде біріктіру өндірілетін мұнай мөлшерін төмендетіп, соңғы кезекте техникалық-экономикалық көрсеткіштерді нашарлатуы мүмкін.

Игеру нысандарын бөлуге әсер ететін факторлар:

- Мұнай мен газ коллектор жыныстарының геологиялық-физикалық қасиеттері. Су өткізгіштіктерімен, жалпы және тиімді қалыңдықтарымен, сонымен қатар біртексіздігімен ерекшеленетін қабаттарды әдетте, бір нысан ретінде игеруге болмайды, себебі олар өнімділігімен, қабат қысымымен айрықшаланады.
- Аудандарының біртексіздігі, әртүрлі қабаттар үшін ұңғымалардың әртүрлі торлары тиімді болуы мүмкін, сондықтан мұндай нысандарды біріктіру орынды болмайды. Жеке төмен су өткізгішті қабатшалары бар, жоғары су өткізгішті қабаттармен араласпайтын, тігінен біртексіз қабаттарда горизонттың жарамды қамтылуын қамтамасыз ету қиын болады. Себебі белсенді игерілуге тек жоғары өткізгішті қабатшалар қосылады, ал төмен өткізгішті қабатшалар қабатқа айдалып жатқан агент әсеріне ұшырамайды (судың, газдың). Мұндай қабаттардың қамтылуын игеруді жоғарылату мақсатымен оларды бірнеше нысандарға бөлуге тырысады.
- Мұнай және газдың физикалық-химиялық қасиеттері. Нысандарды бөлу кезінде мұнайдың қасиеттері үлкен мағынаға ие болады. Тұтқырлығы жоғары әртүрлі мұнай қабаттарын бір игеру нысанына

біріктіру орынсыз, себебі оларды жер қойнауынан әртүрлі орналасқан сызба мен ұңғыма торларының тығыздығы арқылы мұнай өндірудің әртүрлі технологияларымен игеру мүмкін болады. Парафиннің, көмірсутектің, көмірсудың қымбат компоненттерінің, т.б. пайдалы қазбалардың өндірістік құрамдардың кездесуі де қабаттарды біріктіріп игерудің мүмкін еместігінің себебі бола алады.

- Көмірсутектердің фазалық жағдайы және қабат режимдері. Бір-біріне вертикаль жақын орналасқан және ұқсас геологиялық-физикалық қасиеттері бар әртүрлі қабаттарды қабат көмірсутектерінің әртүрлі фазалық жағдайы мен қабат режимдерінде бір нысанға біріктіру орынсыз болатын жағдайлар кездеседі. Егер бір қабатта айтарлықтай газ шапқасы кездессе, ал басқасы табиғи серпімді суарынды режимінде игеріліп жатса, оларды бір нысанға біріктіруге болмайды, себебі оларды игеруге ұңғымалардың әртүрлі орналасу сұлбасы мен саны, сонымен қатар мұнай мен газды өндірудің әртүрлі технологиялары қажет болады.
- Мұнай кен орындарын игеру үдерісін басқарудың шарттары. Бір нысанға қаншалықты көп қабаттар мен қабатшалар қосылса, соншалықты мұнай бөлімдерінің жеке қабаттар мен қабатшаларда орын ауыстыруы мен оны қысатын агенттерді бақылау техникалық және технологиялық қиынға соғады (сулы-мұнайлы және газды-мұнайлы бөлімдер). Қабатшаларға жеке әсерлер мен олардан мұнай мен газды алу, қабаттар мен қабатшаларды игеру жылдамдығын өзгерту қиынға соғады. Кен орынды басқарудың қасиеттерінің нашарлауы мұнай бергіштіктің төмендеуіне әкеледі.
- Ұңғымаларды пайдалану техникасы мен технологиясы. Нысандарды ерекшеленудің жеке нұсқаларының қолданылуының орнықтылығына немесе орнықсыздығына әкелетін техникалық және технологиялық себептер көп болуы мүмкін. Мысалы, игеру нысанына бөлінген қабатты немесе қабаттар тобын пайдаланатын ұңғымалардан қазіргі пайдаланатын құралдарға шекті болатын сұйықтың айтарлықтай мөлшердегі шығымын алу шамалы болған жағдайда. Сондықтан нысандарды ірілендіру техникалық себептерге байланысты болмайды. Соңында келтірілген факторлардың әрқайсысының игеру нысандарына әсері алдымен техникалық және техникалық-экономикалық талдауларды жасап, содан кейін оларды бөлу туралы шешім қабылдауға негіз болады.

1.2 Игеру жүйесінің сипаттамасы және классификациясы

Мұнай кен орнының игеру жүйесінің анықтамасы, жалпы барлық кешен инженерлік шешімдерді қамтитын және оны жер қойнауларынан пайдалы қазбаларды өндіруге арналған тиімді құрастыруды қамтамасыз ету алдыңғы

1.1-бөлімде айтылған. Осы жүйенің анықтамасы – кен орындарын игерудің түрлі жүйелерінің сипаттамасына байланысты параметрлерінің көп мөлшерлерін қолдану. Дегенмен мұнай кен орындарын игеру жүйелерін тәжірибеде екі тән белгілерге:

1) жер қойнауларынан мұнайды өндіру мақсатында қабатқа әсердің болуына немесе жоқтығына;

2) кен орындарда ұңғымалардың орналастырылуына байланысты танып біледі.

Жоғарыда аталып өткен белгілер бойынша кен орындарын игеру жүйесін классификациялайды.

Игеру жүйесін сипаттайтын төрт негізгі параметрлерді көрсетуге болады.

1. S_c ұңғымалар торлары тығыздығының параметрі бір ұңғымаға келетін мұнайлылық ауданына тең, ол айдау ұңғымасына, не өндіру ұңғымасына байланысты емес. Егер кен орнының мұнайлылық ауданы $S_{ұңғ}$ -ға тең болса, ал кен орындарындағы ұңғыма саны n болса, онда:

$$S_c = S/n. \quad (1.1)$$

$[S_{ұңғ}] = m^2/ұңғ.$ өлшемі. Бірқатар жағдайларда бір өндіру ұңғымаға келетін мұнайлылық ауданына тең параметрін қолданады

2. А.П.Крыловтың $N_{кр}$ параметрі кен орындарындағы ұңғымалардың жалпы санының мұнай қорларының сандарының қатынасына тең:

$$N_{кр} = \frac{N}{n}. \quad (1.2)$$

$[N_{кр}] = \text{тонна}/ұңғ.$ параметрдің өлшемі

3. ω параметрі, n_H айдау ұңғымаларының санына өндіру ұңғымаларының санының n_d қатынасына тең:

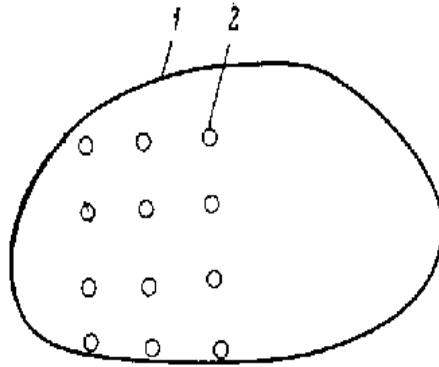
$$\omega = \frac{n_M}{n_{өнд}} \quad (1.3)$$

ω параметрі мөлшерсіз.

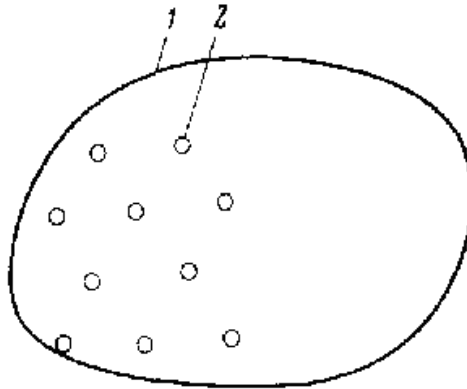
4. ω_p параметрі қосымша (резервтегі) бұрғыланған кен орнындағы ұңғыманың негізгі қорындағы ұңғыма сандары жалпы ұңғыма сандарының қатынасына тең. Қосымша резервтегі ұңғымаларды қабат бөлшектерін игеру мақсатында, әлі бұрғыланбаған, қабаттағы мұнайдың физикалық қасиеттері мен оны құрайтын жыныстары, сонымен қатар бұрыннан белгісіз геологиялық құрылысының ерекшеліктерін (литологиялық біртексіздігі, тектоникалық бұзылымдар, мұнайдың ньютондық емес қасиеттері және т.б.) бұрғылауда пайдалану үдерістер нәтижесінде пайда болған игеруді қамтиды. Егер кен орнындағы негізгі қор ұңғымасының саны n құраса, ал резервтегі ұңғыма саны ω_p , онда

$$\omega_p = n_p / n. \quad (1.4)$$

ω_3 параметрі өлшемсіз.

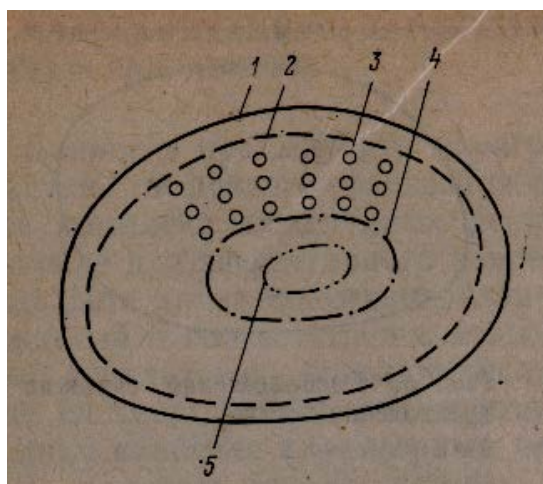


1.2-сурет. Ұңғымалардың төртнүктелі тор бойынша орналастыруы: 1–мұнайлылық шартты, 2–өндіру ұңғылары.



1.3-сурет. Ұңғымалардың үшнүктелі тор бойынша орналастыруы: 1 және 2-суретке қара.

Мұнай кен орындарын игеру жүйесінің ұңғымада орналасуы – геометрия көзқарасындағы ұңғыма батареяларының және қатарлар аралығының арасындағы орналасуы сияқты параметр қатарлары болады. Бұл параметрлер төменде қарастырылған.



1.4-сурет. Сулы және газ-мұнайлы бөлімдерінің есебімен ұңғымалардың орналасуы.
 1 – мұнайлықтың сыртқы нұсқасы; 2 – мұнайлықтың ішкі нұсқасы; 3 – өндіретін ұңғымалар;
 4 – газдылықтың сыртқы нұсқасы; 5 – газдылықтың ішкі нұсқасы

Мұнай кен орындарындағы игеру жүйесінің жоғарыда көрсетілген екі белгілер бойынша классификациясын қолданады.

Игеру жүйесі кезінде қабатқа әсердің болмауы. Егер негізгі кезеңде мұнай кен орны еріген газ режимінде игерілсе, оған байланысты сулы мұнай бөлімнің ауыстырылуы, демек, сыртқы сулардың әлсіз белсенділігі кезінде төрт нүктелі (1.2-сурет) немесе үш нүктелі (1.3-сурет) тордағы бірқалыпты дұрыс геометриялы ұңғымалар орналасуы пайдаланылады. Тура сол жағдайларда су-мұнайлы және газ-мұнайлы бөлімдерінің ауысуы күтіп отырған жағдайда, ұңғымаларды сол бөлімдердің есебімен ауыстырады (1.4-сурет).

$S_{\text{ұңғ}}$ ұңғыма тор тығыздығының параметрі қабаттың әсерінсіз игеру жүйеге байланысты кең ауқымда өзгере алады. Тұтқырлығы жоғары кен орындарды игеру жүйесі кезінде (тұтқырлығы мыңдаған 10^{-3} Па*с) $1-2 \cdot 10^4 \text{ м}^2/\text{ұңғ}$. құрайды. Мұнай кен орындары өткізгіштігі төмен коллекторларымен бірге $S_c = 10-20 \cdot 10^4 \text{ м}^2/\text{ұңғ}$. Тұтқырлығы жоғары мұнай кен орындарын игеруі, сонымен бірге өткізгіштігі төмен коллекторларда көрсетілген S_c қабат қалыңдығы бойынша экономикалық орынды болуы мүмкін, демек, А.П. Крыловтың параметрлері бойынша немесе игерілген қабаттар ұңғыма құны үшін болады. Қарапайым коллекторларды игеру үшін $S_c = 25-64 \cdot 10^4 \text{ м}^2/\text{ұңғ}$.

Жоғары өнімді жарықшақты кен орындарды игеруде S_c мынаған тең болуы мүмкін $70-100 \cdot 10^4 \text{ м}^2/\text{ұңғ}$.

N_{kr} параметрі кеңінен өзгеріп тұрады. Кейбір жағдайларда ұңғымада ол бір немесе бірнеше мыңдаған тонна мұнайға, не миллиондаған тонна мұнайға тең болуы мүмкін. Бірқалыпты ұңғыма торы үшін l орташа аралығы келесі формуламен есептеледі:

$$l = a S_c^{1/2}. \quad (1.5)$$

мұндағы, l – v м; a – пропорционал коэффициенті; S_c – $m^2/ұңғ$.

1.5-теңдеуі арқылы әр орналасу сызбалары бойынша ұңғымалар арасында олардың орташа шартты арақашықтығы есептеуін пайдалануға болады.

ω параметрі қабатқа әсерсіз мұнай кен орындарын игеру жүйесі 0-ге тең, ал W_p 0,1-0,2-ге тең болады, көбінесе, ол мұнай қабаттарына әсер еткен жағдайда болады.

ТМД елдерінде қабатқа әсер етіп мұнай кен орындарын игеру сирек кездеседі, кен орындары суландыру әдістерімен игеруді кеңінен таралмай тұрып-ақ біраз уақыт пайдаланылып келген (50 жыл. кейін); тұтқырлығы жоғары немесе өткізгіштігі төмен сазды коллекторлар құрайтын кен орындар сыртқы сулармен бірге игеріледі. Шет елдерде ТМД-ға қарағанда мұнай қабаттарына әсер етпей мұнай кен орындары игеріледі, әсіресе, ол сыртқы сулардың жоғары қысымдарының әсерінен жарықшақты коллекторлар мен қабаттарда болады.

1.3 Қабаттарға әсер ететін игеру жүйесі

1.3.1 Суландыру жүйесінің әсері

Нұсқа сыртынан су айдау. Бұл жағдайда әсер ету, мұнайлылық нұсқаның сыртында орналасқан айдау ұңғымаларының жүйесі арқылы жүргізіледі. Айдау ұңғымасының қатары мұнайлық нұсқаға әсер етуі үшін, сулану тілшелерінің түзілуінің және судың игеру ұңғымаларына жарып өтуінің алдын алу үшін мұнайлылық нұсқасынан шамамен 300-800 м-де орналасады.

Нұсқаның сыртынан су айдау:

- мұнай қабатының айдау ұңғымаларының орналасу аймағымен жақсы гидродинамикалық байланысуы кезінде;
- мұнай кенішінің салыстырмалы аз көлемі кезінде, яғни кеніш ауданының мұнайлылық нұсқасының периметріне қатынасы 1,5-1,75 км құраған кезде (кен орынды бұл шамалардың басқа да қатынастары кезінде өндіру жағдайлары белгілі);
- қабаттың қалыңдығы және ауданы бойынша коллекторлық қасиеттері жақсы әрі біртекті қабат кезінде мақсатты келеді.

Бұл жағдайларда нұсқа сыртынан су айдау жүйесі қорды толығымен өндіруі және мұнайды қабаттың орталық жоғары бөлігіне қарай, яғни өндіру ұңғымалар қатарына немесе бір ұңғымаға қарай ығыстыруға мүмкіншілік береді.

Нұсқаның сыртынан су айдауда кемшіліктер де бар. Олардың қатарына:

- мұнайды өндіруге энергияның көп шығындалуын (сорапты қондырғылар қуаттылығының қысымына шығыны, өйткені айдалатын су

мұнайлылық нұсқасы және айдау ұңғымалары арасындағы қабат аймағының фильтрациялық кедергісінен өтуі керек);

- айдау қатарының алшақтығынан кенішке баяу әсер етуін;
- судың айдау сызығынан қабатының ішкі аймағына кетуі әсерінен көп шығындалуын жатқызуға болады.

Нұсқа жанынан су айдау. Кенішке әсер етуді үдету үшін айдау ұңғымаларын мұнайлылық нұсқасына тікелей жақын немесе мұнайдың ішкі және сыртқы нұсқалары арасында орналастыру арқылы қол жеткізуге болады.

Нұсқаның жанынан су айдау:

- қабаттың сыртқы аймақпен гидродинамикалық байланысуы нашар болған кезде;
- кеніштің салыстырмалы аз көлемі кезінде (нұсқаның сыртынан су айдауды қара);
- игеру үдерісін қарқындандыруда (өйткені өндіру және айдау сызықтары арасындағы фильтрациялық кедергі олардың жақындауы есебінен азаяды) қолданылады.

Алайда, сулануда тілшелердің түзілуі және судың игеру қатарының басқа ұңғымаларына жарып өту ықтималдығы көбейеді. Сонымен айдау ұңғымалары арасында кең тіректер түзілу есебінен мұнайдың шығындалуы мүмкін болады. Бұл кең тіректерден мұнай тек өндіру үдерісі өте мұқият реттелгенде және ұңғыларды қосымша бұрғылауды реттегенде ғана ығыстырылуы мүмкін.

Энергетикалық көзқарастардан нұсқаның жанынан су айдау айтарлықтай тиімді, бірақ сыртқы аймақтың жақсы гидроөткізгіштігі кезінде айдалатын су шығындалады.

Нұсқаның ішінен су айдау. Бұл жағдайда қабатқа әсер ету мұнайлылық нұсқаның ішінде қандай да бір сызба бойынша айдау ұңғымаларының жүйесі арқылы жүргізіледі. Бұл қорды алу мерзімін қысқартуға және мұнай өндірісін тез ұлғайтуға мүмкіндік беретін, мұнай кенішіне әсер етудің қарқынды жүйесі.

Жалпы нұсқаның ішінен су айдау әдісін кенішті айдау ұңғымаларының сызығымен жолаққа және сақиналарға бөлу, бірнеше көлденең қатарымен орталық бөлу қатарын құру және нұсқа ішінен су айдаумен бірлескен сияқты, бірнеше түрге бөлуге болады.

Айдау ұңғымаларының орналасу сызбасын таңдау нақты геологиялық жағдайлармен, қорды алудың экономикалық мақсатты мерзімімен және негізгі, қажетті күрделі салымдар шамасымен анықталады. Ереже бойынша, айдау ұңғымасының сызығын коллекторлық қасиеттері жақсартылған және линзалар мен өткізгіш құмтастардың басымды созылуына перпендикуляр қабатының аймағына орналастырады, бұл айдалатын судың қоршалуын азайтуға немесе жоюға және қабаттың әсермен қамтылуын жоғарылатуға мүмкіндік береді.

Нұсқаның сыртынан су айдау, нұсқаның ішінен су айдау болған кезде мұнайдың нұсқа сыртының аймағына ығысуына жол бермеу керек, сонымен қатар үдерісті қарқындандыру қажет. Энергетикалық көзқараста нұсқаның ішінен су айдау, нұсқаның сыртынан және жанынан су айдауға қарағанда тиімді, өйткені барлық айдалатын су бұл жағдайда мұнайды бөлетін қатарлардың екі жағы бойынша ығыстыруға қолданылады.

Нұсқаның ішінен су айдау кезінде берілетін қатарлардың ұңғымалары ығысу фронтын, яғни қабаттың суға қаныққан бөліктерінің жолағын құру үшін мұнайды «біреуден кейін» игереді.

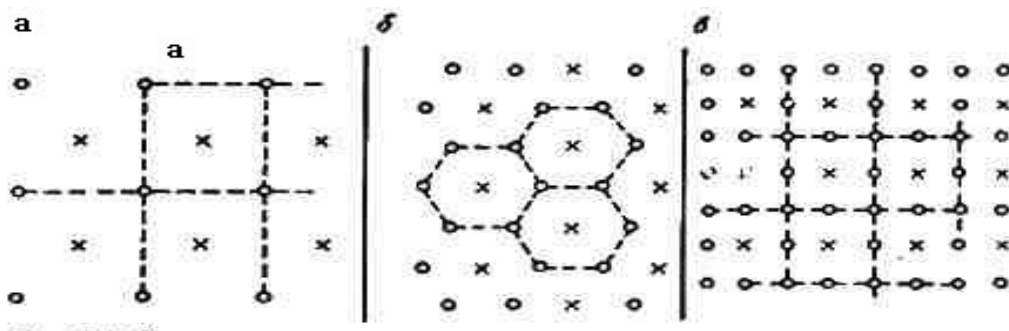
Суландырудың аталған жүйелері ережеге сай, үлкен нұсқаланған, шектері анықталған және қабат сипаттамалары туралы нақты мәліметтері бар кен орындарында қолданылады.

Блокты су айдауды үлкен нұсқаланбаған кен орындарда барлау ұңғымасының мәліметтері бойынша, оларды орналастыру ауданында өндірістік мұнайлылық бар болған кезде қолдану керек. Бұл жағдайда кен орындары соңғы барлауға және мұнайлылық нұсқасын анықтауға дейін кен орнының айдау ұңғымалар қатарымен игеру ұңғымалар қоры бар жеке блоктарға бөлу арқылы объектіні игеруге жылдам енгізу мүмкін болады. Сонда әрбір блоктың ішінде қатарлар түрінде өндіру ұңғымаларын бұрғылайды. Қатарлардың санын және тығыздығын блок ауданында гидродинамикалық және техника-экономикалық есептеулермен анықтайды. Ошақтап су айдауды қабаттың ығыстыруы мен жақсы қамтылуы, сонымен қатар қорды бөлек линзалардан немесе жақын жердегі қатарлары әсер етпейтін қабат аймақтарынан алу үшін су айдаудың кез келген басқа жүйесімен бірлестіріп қолданады. Ережеге сай, ошақтап су айдау қоршаған өндіру ұңғымаларына қатысты тиімді және өткізгіштігі жоғары қабат аймағында орналасқан өндіру ұңғымаларының біреуін пайдаланады. Бірақ ошақтап су айдау, қабаттың үлкен көлемдегі мұнайлық бөлігін және оны өткізгішті нашар аймақтарды әсермен қамтуды ұлғайту үшін арнайы ұңғыны немесе ұңғылар тобы бұрғылануы мүмкін.

Өндіру объектісінің қажетті бөлшектік геологиялық зерттелуі кезінде ошақтап су айдау кен орынды игерудің және қайта игерудің барлық сатыларында қолданыла алады және белгілі мағынада ығыстыру үдерісін реттейтін құрал болып табылады. Су айдаудың таңдау жүйесін ошақтап су айдау сияқты, қалыңдығы және созылуы бойынша, көп жағдайда біртексіз коллекторлардан мұнай қорын алу кезінде қолданады. Бұл жүйеде, мұнайдың сумен максималды қарқынды ығыстырылуын қамтамасыз ететіндей және қабаттың біртексіздігі линза көрінісін толық өндіруге және мұнай алудың соңғы коэффициентіне әсерін минимумға жеткізетіндей етіп, өнімді қабаттарының таралуының және оның жақын жердегі өндіру мен айдау ұңғымасының бұрғылау нүктелерін, ұңғымалардың түптерімен байланысының иондық шарттарын бөлшекті геологиялық зерттеу есебімен анықтайды. Осының әсерінен айдау ұңғымалары коллектордың табиғи біртексіздігін көрсетіп, ауданда бірқалыпсыз орналасады.

Бұл айдау ұңғымасының сумен жабдықталу жүйесін қиындатады. Игерудің бірінші сатысында, яғни геологиялық ақпараттар шектеулі немесе жеткіліксіз болған кезде бұл жүйе қолданыла алмайды. Ол тек келесі сатыларда, қабаттың құрылымдық бөлшектері және ұңғымаларға негізгі су айдау жүйесінің нәтижелері белгілі болғанда ғана тиімді.

Алаңда су айдау – бұл кен орынды игерудің ең жоғары қарқынын қаматамасыз ететін, қабатқа әсер етудің қарқынды жүйесі. Бұл жүйе кезінде өндіру және айдау ұңғымалары бес, жеті және тоғыз нүктелік тор түріндегі дұрыс геометриялық блоктарымен орналасады, ондағы айдау және өндіру ұңғымалары кезектесіп тұрады (3.1-сурет).



1.5-сурет. Алаңда су айдау кезінде ұңғымалардың орналасу сұлбасы:
а – 5 нүктелік; б – 7 нүктелік жүйе; в – 9 нүктелік жүйе;

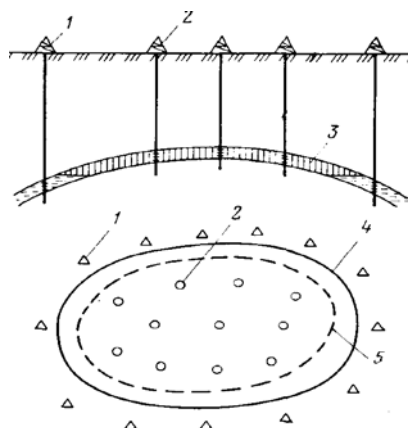
симметриялық элементтер пунктiмен белгiленген

Ұңғымалардың мұндай бiрқалыпты торлары бойынша аудандарды бұрғылау кезiнде, бес нүктелiк сұлбада әрбiр айдау ұңғымасына бiр өндiру, жетi нүктелiк сұлбада екi өндiру, ал тоғыз нүктелiкте үш өндiру ұңғымалары келедi. Айдау ұңғымаларының өнiм бермейтiнi ескерiле отырып, тоғыз нүктелiк сұлба экономикалық тиiмдi екенiн көреміз, бiрақ бұл кезде кенiшке әсер етудiң қарқындылығы аз болады және судың өндiру ұңғымаларына жарып өтуi кезiнде кентiректердiң бар болу ықтималдылығы жоғары болады. Бұрыннан, алаңдап су айдау өндiрудiң соңғы сатыларында мұнай өндiрудiң екiншi әдiсi ретiнде қолданылып келедi. Бiрақ алаңда су айдау жүйесiнiң өзiндiк мәнi бар, ол қабаттың жақсы зерттелген кезiнде, өндiрудiң бастапқы сатыларында тиiмдi қолданылуы мүмкiн.

Қорытындылай келе, ұңғымалардың орналасуының аталған сұлбалары тек су айдауда ғана емес, газ айдауда немесе газбен және сумен жиектеу түрiндегi әртүрлi ерiткiштердi ығыстыру кезiнде де қолданыла алатыны көрiнедi. Бiрақ әсер етудiң басқа әдiстерiнiң қолданылу ауқымы, су айдаумен салыстырғанда аз болғаны соншалық, ұңғымаларды су айдау кезiнде орналастыру туралы айту қажет болады.

1.6-суретте жоспарда және кескiнде сыртқы суландыру қолданысымен айдау және өнiмдi ұңғылардың мұнай кен орындарында игеру орналасуы

көрсетілген. Бұл жерде мұнайлылық контуры ішінен өндіру ұңғысының екі қатары бұрғыланған. Сонымен қатар өндіру ұңғысының бір орталық қатары орналасқан.



1.6-сурет. Нұсқаның сыртынан су айдаудағы ұңғымалардың орналасуы:

1 – айдау ұңғымалары; 2 – өндіру ұңғымалары; 3 – мұнай қабаты; 4 – мұнайлықтың сыртқы нұсқасы; 5 – мұнайлықтың ішкі нұсқасы.

S_c параметрінен басқа сыртқы суландыру жүйесін сипаттауға қосымша параметрлерді қолдануға болады, мұнайлылық контуры мен өндіру ұңғысының бірінші реттегі аралықтағы l_{01} , ал бірінші және екінші реттегі аралық l_{12} , және т.б. өндіру ұңғылар арасындағы арақашықтық $2\sigma_c$. Айдау ұңғылары мұнайлылық контурдың сыртында орналасқан (1.5-суретте). Өндіру ұңғыларының үш қатары бойынша орналасуы кішігірім кен орындарға лайық болады. Осындай қатарлар арасындағы қашықтық және контурға жақын мұнайлылық қатарлар арасы 500-600 м-ге, ал b кен орнының ені 2-2,5 км-ге тең. Кен орнының үлкен еніндегі мұнайлылық ауданында өндіру ұңғыларының бес қатарын енгізуге болады. Алайда ұңғылар қатарлары сандарының өсуі мұнай кен орындарын игергендегі теориясы мен тәжірибесі көрсеткендей орынсыз.

Нұсқаның сыртынан суландыру әдісін қолдану кен орындардың игеру жүйесі кезінде қабатқа тиімді және тиімсіз әсер етуде айырмашылық болатынын көрсетеді. Қабатқа әсер еткендегі бұл ерекшелік, біріншіден, қабатқа әсер етпей игеруге қарағанда ұңғымадан жоғары шығым алумен байланысты, бұл кен орындардан аз ұңғымалар саны көмегімен жоғары өнімділікті алуды қамтамасыз етеді. Екіншіден, қабатқа әсер етіп жоғары өнімділікке қол жеткізумен түсіндіріледі, демек, бір ұңғымаға келетін мұнайдың көп мөлшерін өндіруге мүмкіндік береді.

ω параметрі 1-ден 1/5 және одан аз сыртқы суландыру жүйелерінде кеңінен тербеледі.

өр параметрі қабатқа әсер еткенде мұнай кен орындарында игеру жүйесі 0,1-0,3 аралығында тербеліп тұрады.

ТМД елдерінде нұсқа ішінен су айдау әдісі арқылы қабатқа әсер етпейді, бірақ та игерудің белгілі басқа әдістері де қабаттың мұнайбергіштігін көтеру мақсатында қолданылады.

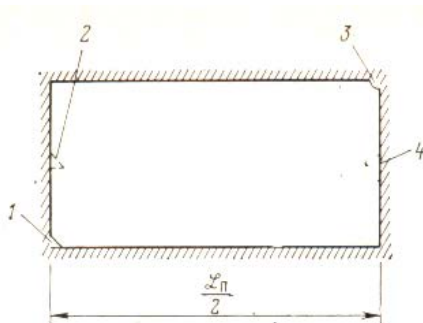
Бұл жүйелер қатарлы, аралас (қатарлы және батарейлі жүйенің байланысы, бір мезгілдегі нұсқаның сыртынан және нұсқаның ішінен суландыру қолданысы) болады.

1.3.2 Қатарлы игеру жүйесі

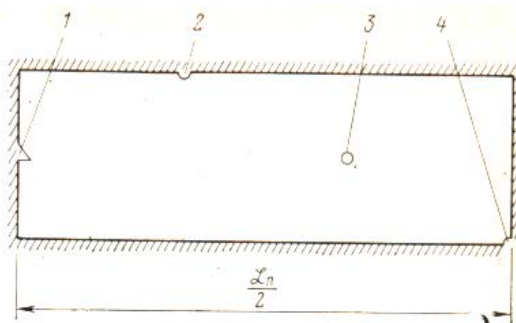
Олардың түрлері – блоктық жүйелер. Кен орындарда бұл жүйелер кезінде, әдетте олардың созылып жатуына көлденең бағытта орналасқан өндіру және айдау ұңғылары орын алады. Тәжірибеде бірқатарлы, үшқатарлы және бесқатарлы ұңғымалардың орналасу сызбасын қолданады. Өндіру ұңғылардың бір қатарының айдау ұңғылардың бір қатарымен, өндіру ұңғыларының үш қатарының, айдау ұңғылардың бір қатарының, өндіру ұңғыларының бес қатарының, айдау ұңғыларының бір қатарының кезектесуін ұсынатын ұңғылардың орналасу құрылымы қолданылады.

Қатарлы жүйелердегі қатарлар саны орталық ұңғыма қатардың жүргізуі болғандықтан, қабат игеру үдерісінде су-мұнай бөлігінің ауыстырылғандағы топтау жүргізіледі. Сондықтан осы жүйелердегі ұңғыманың орталық қатарын топтық қатар деп те атайды.

Игерудің бірқатарлы жүйесі. Мұндай жүйеге сәйкес ұңғылардың орналасуы 1.7-суретте көрсетілген. Игерудің қатарлы жүйелерін енді басқа параметрлермен мінездеу қажет. Айдау ұңғыларымен $2\sigma_H$ өндіру ұңғылары $2\sigma_C$ арасындағы арақашықтықтан басқа блоктың немесе түзудің енін ескеру қажет (1.7-суретті қара).



1.7-сурет. Игерудің бірқатарлы жүйесі көрсетілген: 1 – мұнайлылықтың шартты нұсқасы; 2 – айдау ұңғымалары; 3 – өндіру ұңғымалары.



1.8-сурет. Игерудің бірқатарлы жүйесінің элементі көрсетілген: 1 – $\frac{1}{4}$ ұңғымалардың шахматты түрде орналасу кезіндегі айдау ұңғымалары; 2 – бір сызық бойында орналасқан ұңғымалардың орналасу кезіндегі айдау ұңғымалары жартысы; 3-4 – өндіру ұңғымаларының $\frac{1}{4}$ бөлігімен жартысы.

Ұңғы торының тығыздығының параметрі S_c және бірқатарлы, үшқатарлы және бесқатарлы жүйелер үшін параметрі сыртқы сулану жүйелері үшін тәрізді, үлкен мәндер қабылдайды. ω_p параметрінің өлшемі жөнінде алдында айтылған болатын. ω параметрі сыртқы сулану жүйелерге қарағанда, қатарлы жүйелер үшін нақты көрсетілген. Бірақ ол шектер арасында толқу мүмкін. Мысалы, қарастырылып жатқан бірқатарлы жүйе үшін $\omega \approx 1$. демек, тығыздаушы ұңғылардың саны шамамен (бірақ дәл емес) өндіру ұңғылардың санына тең, себебі қатарларда осы ұңғылардың саны және $2\sigma_n$, арақашықтықтары әртүрлі болуы мүмкін. Сулануды қолдану кезде түзуінің ені 1-1.5км-ді құрау мүмкін, ал мұнай беруді көбейту әдістерін қолдану кезінде одан төмен мәндер болады.

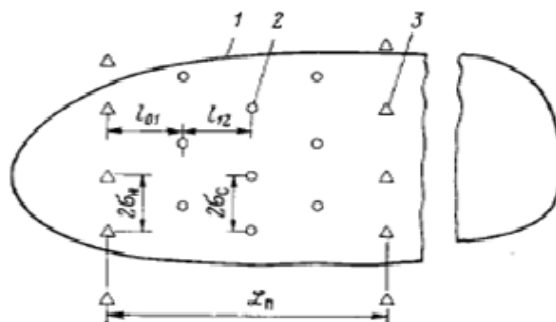
Бірқатарлы жүйеде өндіру ұңғыларының саны тығыздаушы ұңғыларының санына тең болғандықтан, бұл жүйе өте интенсивті. Қатты суарынды режимі кезінде өндіру ұңғыларының сұйықтық шығыны айдау ұңғыларға бітіп жатқан агенттің шығынына тең.

Қатарлы жүйелерде өндіру және өндіру қатарларда ұңғылар саны әртүрлі болғандықтан, ұңғылардың орналасуын шартты геометриялық реттелген деп есептеуге болады.

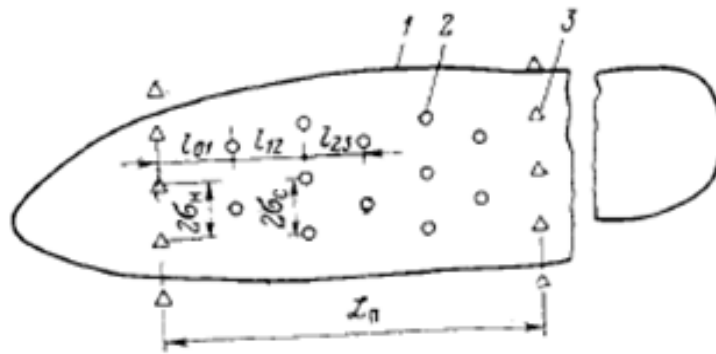
Кен орынды игерудің техникалық көрсеткіштерін болжауда, бір элементтің мәліметтерін есептеу жеткілікті, кейін оларды жүйенің барлық элементтері бойынша қосуға жеткілікті.

1.3.3 Үшқатарлы және бесқатарлы жүйелер

Игерудің үшқатарлы және бесқатарлы жүйелері үшін L_n түзудің ені ғана емес, айдау және өндіру ұңғыларының бірінші қатармен арасындағы арақашықтық (*1.8-сурет*), бесқатарлы жүйе үшін өндіру ұңғыларының екінші және үшінші қатарлар арасындағы арақашықтықтарға мән беріледі. L_p түзуінің ені өндіру ұңғыларының қатар саны мен олардың арасындағы арақашықтыққа байланысты. Мысалы, $l_0 = l_1 = l_2 = l_3 = 700$ м, то $L_n = 4,2$ км.



1.9-сурет. Ұңғымалардың үшқатарлы жүйе кезіндегі орналасуы: 1 – мұнайлылықтың шартты нұсқасы; 2 – өндіру ұңғымалары; 3 – айдау ұңғымалары.



1.10-сурет. Ұңғымалардың үшқатарлы жүйе кезіндегі орналасуы: 1 – мұнайлылықтың шартты нұсқасы; 2 – өндіру ұңғымалары; 3 – айдау ұңғымалары.

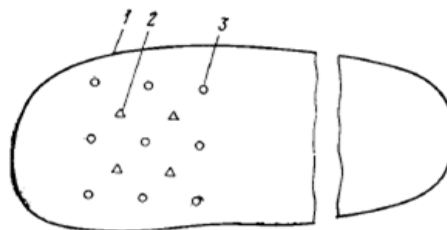
ω параметрі үшқатарлы жүйе үшін шамамен $1/3$, ал бесқатарлы жүйе үшін $1/5$ -ке тең.

Үшқатарлы және бесқатарлы жүйелерді қолдану кезінде кен орны бойынша жоғары шығымға ие болады. Әрине, үшқатарлы жүйе бесқатарлы жүйеге қарағанда интенсивтілеу болады.

Ұңғылардың аудандық орналасу жүйелері.

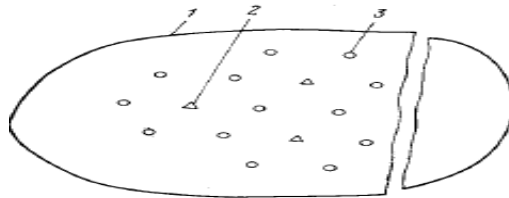
Тәжірибеде кеңінен қолданылатын мұнайлы кен орындарын игеру жүйелерін қарастырайық: беснүктелі, жетінүктелі және тоғызнүктелі.

Бұл жүйе элементі бұрыштарында өндіруші ұңғысы бар, ал ортасында айдау ұңғысы бар квадратты сомдайды. Бұл жүйе үшін айдаушы және өндіруші ұңғылардың қатынасы $1:1$ -ді құрайды, $\omega=1$.



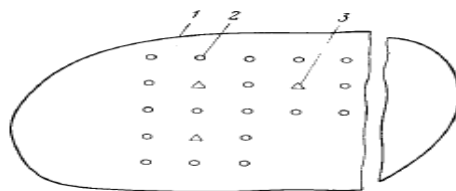
1.11-сурет. Беснүктелі жүйе кезіндегі ұңғымалардың орналасуы көрсетілген: 1 – мұнайлылықтың шартты нұсқасы; 2 – өндіру ұңғымалары; 3 – айдау ұңғымалары.

Жетінүктелі жүйе (1.11-сурет). Жүйе элементі өзімен бұрыштарында өндіруші ұңғылар, ортасында – айдау ұңғылары бар алтыбұрышты ұсынады. Өндіруші ұңғылар алтыбұрыштың бұрыштарында, ал айдау ұңғылар ортасында орналасқан. $\omega=1/2$, яғни бір айдау ұңғыға екі өндіруші ұңғы келеді.



1.12-сурет. Жетінүктелі жүйе кезіндегі ұңғымалардың көрсетілген: 1 – мұнайлылықтың шартты нұсқасы; 2 – өндіру ұңғымалары; 3 – айдау ұңғымалары.

Тоғызнүктелі жүйе *1.13-сурет*. Айдау және өндіруші ұңғылар қатынасы 1:3, содан $\omega = 1/3$.



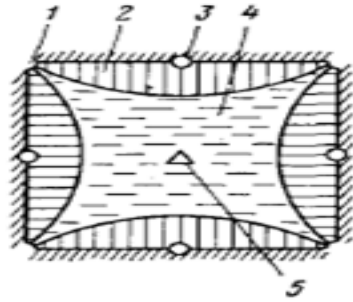
1.13-сурет. Тоғызнүктелі жүйе кезіндегі ұңғымалардың көрсетілген: 1 – мұнайлылықтың шартты нұсқасы; 2 – өндіру ұңғымалары; 3 – айдау ұңғымалары.

Қарастырылған ұңғылардың аудандық орналасу жүйелерінен интенсивтілігі ең жоғарысы беснүктелі, ал ең төмені тоғызнүктелі. Барлық аудандық жүйелер «қатты» болып есептеледі

Ұңғылардың аудандық орналасу жүйесін қолдану қатарлы жүйеге қарағанда маңызды артықшылыққа ие болады, бұл кезде қабатқа толығымен әсер ету мүмкіншілігіне ие болады. Қатты біртекті қабаттарды игеру кезінде қатарлы жүйесін қолданып, су немесе басқа агенттерді айдағанда, бөлек қатарларға тұйықталады. Ал, егер ұңғылардың аудандық орналасу жүйесінің бір элементінің айдау ұңғысы қабатқа толтырылатын агентті қабылдамаса немесе реттен шықса, онда элементтің басқа нүктесінде сондай сияқты ұңғыны бұрғылау немесе көрші элементтердің айдау ұңғыларына жұмыс агентінің интенсивті толтыру есебі арқылы қабаттан мұнайды итеруді орындау қажет болады.

Жоғарыда айтылғандай, қатарлы жүйелер үлкен иілгіштігіне байланысты ұңғылардың аудандық орналасу жүйелеріне қарағанда тігінен қабатты қамту әсерін өсіруде артықшылыққа ие. Сөйтіп, қатарлы жүйелер тік қималардағы біртекті қабаттарды игеруде жақсырақ болады.

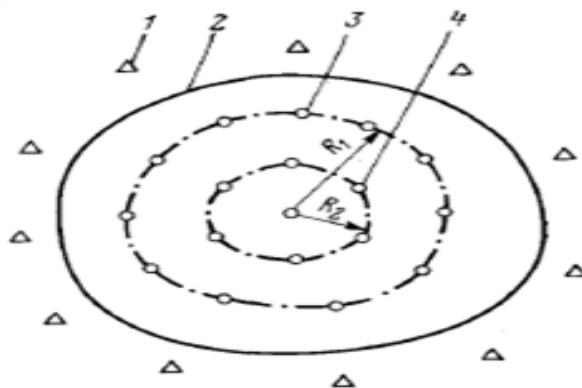
Игерудің соңғы кезегінде қабат өзінің бөлігінде мұнайды ығыстырғыш затымен толып қалады (мысалы, су). Бірақ су айдаушы ұңғылардан өндіру ұңғыларына жылжығанда, кейбір аудандарда жоғары мұнайға қанығушылыққа ие болады.



1.14-сурет. Беснүктелі жүйе элементінің игерудің тоғызнүктелі жүйесіне ауысуы

Бұлардан мұнайды шығару үшін резервті қатарлардағы ұңғыларды алып, бұрғылауға болады. Осының нәтижесінде, тоғызнүктелі жүйені алуға болады.

Қарастырылғандардан игеру жүйелерінің келесі түрлері белгілі: кейбір жағдайларда жоспарда дөңгелектенген шоғырларда қолдануға болатын ұңғылардың батарейлі орналасу жүйесі (1.14-сурет); мұнай-газды шоғырларды игеруде қолданатын барьерлі сулану кезіндегі жүйе; аралас жүйелер суреттелген игеру жүйелер комбинациясы, кейде ұңғылардың арнайы орналасуымен, оларды ірі кен орындарын игеруде және қиын геолого-физикалық қасиетті кен орындарда қолданады.



1.15-сурет. Ұңғылардың батарейлі орналасу жүйесі

Бұдан басқа бұрын болған жүйенің бөлікті өзгерісі бар, мұнайлы кен орындарын игеруді реттеу үшін ошақты және сайлауды сулануды қолданады.

1.4 Мұнай кен орнын игеруге енгізу

Мұнай кен орнын игеру бірнеше сатыдан өтеді: бастапқы сатысы, оны бірнеше бұрғылап және тұрғызу; ортаңғы сатысы немесе негізгісі, игерудің жобалау көрсеткішіне өтуі; мұнай өндірудің күрт төмендеу сатысы, мұнда тұрақты және жоғарылаған сұйықты игеру кезінде мұнай өндіру төмендейді және айдау әсерінен өнімнің сулануы өседі; соңғы аяқталу сатысы, мұнайды өндіру төмендеген сайын өнімнің сулануы тұрақты өседі. Соған сәйкес мұнай кен орнын игерудің жүйесі жобаға сай болмайды. Бұл кезде кен орнын игеруге енгізу темпі оның көрсеткішіне айтарлықтай әсер етеді. Темп әсерін сандық бағалау үшін Δt уақыт аралығында игеруге жүйенің кейбір элемент сандары Δn_3 ендіріледі деп есептейік. Егер элементке алынатын мұнай қоры N_3 -ге тең болса, ал ұңғыма саны n_3 -ге тең болса, онда А.П. Крылов параметрі бар элемент үшін:

$$N_{\text{экp}} = N_3 / \bar{n}_3 \quad (1.6)$$

Элемент игеруге енгізу темпін немесе жылдамдығын $\omega(\tau)$ деп белгілейік. Шығатыны:

$$\omega(\tau) = \frac{\Delta n_3}{\Delta \tau} \quad (1.7)$$

(1.6) және (1.7) алатынымыз:

$$\Delta N_3 = N_{\text{экp}} \Delta n_3 = N_{\text{экp}} \omega(\tau) \Delta \tau \quad (1.8)$$

Элементті игеру темпі $z_3(\tau)$ туралы түсінік енгізейік, ұңғыма элементінен өндірілген ағымдағы мұнайдың сол элемент мұнай қорына қатынасына тең, яғни:

$$z_3(\tau) = \frac{q_{\text{нз}}(\tau)}{N_3} \quad (1.9)$$

Элементті игеру темпі уақыт бойынша өзгереді.

$$\Delta q_{\text{н}} = \Delta N_3 z_3(t-\tau) = N_{\text{экp}} \omega(\tau) z_3(t-\tau) \Delta \tau \quad (1.10)$$

Жүйе элементін игеруге енгізгенде жылдамдықты және жеке элементтегі игеру темпінің кен орнындағы мұнайды өндіруінің өзгеруін сандық бағалау үшін келесі мысалдарды қарастырамыз:

$$q_M(t) = \int_0^t N_{\text{экр}} \omega(\tau) z_3(t-\tau) d\tau = N_{\text{экр}} \int_0^t \omega(\tau) z_3(t-\tau) d\tau. \quad (1.11)$$

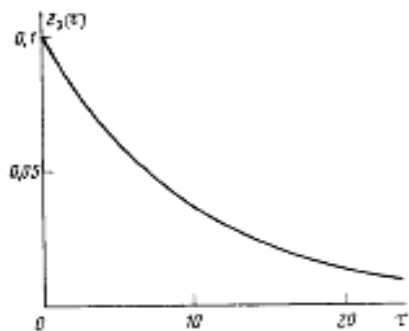
1-мысал. Кейбір игеру жүйесінің элементінің игеру темпі уақыт бойынша мына заңмен өзгереді делік, ол теңдеу мынадай:

$$z_3(\tau) = z_0 e^{-a\tau} \quad (1.12)$$

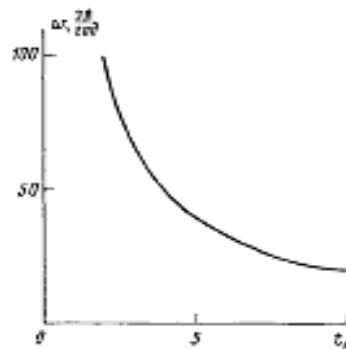
Игеру элементінің темпі дегеніміз – ұңғымадан ағымдағы мұнай өндірудің алынып отырған мұнайдың қорына қатынасын айтамыз.

Шартты түрде, элементті игеру уақыты үлкен деп санайық, яғни ол математикалық шексіздікке ұшырайды. Онда:

$$\int_0^{\infty} z_3(\tau) d\tau = 1 \quad (1.13)$$



1.16-сурет. Z_0 кезіндегі $z_3(\tau)$ және τ байланысы



1.17-сурет. $C=200$ кезіндегі w және t^* байланысы

(1.12)-ні (1.13)-ге қоя отырып, $a=z_0$ аламыз (*1.18-суретте*) $z_3(\tau)$ -ның (1.12) сәйкес өзгеруі көрсетілген. $\tau=0$ уақытта элементті игеру \max , z_0 -ге тең, ал $\tau \rightarrow \infty$ кезінде $z \rightarrow 0$. Айта кететіні, (1.12) теңдеуі басқа, $z_3(\tau)$ басқа көрсетілім болуы мүмкін. u жүйесінің енгізу уақыттарын қарастырамыз. Бұл кезде, егер тек қана бір жүйені қарастырсақ, онда ондағы жалпы элемент саны тұрақты болады. Оларды тұрақты жылдамдықпен ω пайдалануға енгізу барлық кен орны бұрғыланып және тұрғызылған уақыт сәтіне t^* дейін жалғаса береді. Себебі жүйенің жалпы элемент саны өзгермейді, онда:

$$\Omega t^* = c = \text{const}, \quad (1.14)$$

мұнда, c – жүйедегі элемент саны.

1.18-суретте t^* -ге қатысты ω өзгерісі көрсетілген. Егер элементтер $\omega_1 > \omega_2$ жылдамдығымен енгізілсе, уақыт $t^*_1 < t^*_2$. (1.12) және (1.14)-ті (1.11)-ге қойып алатынымыз:

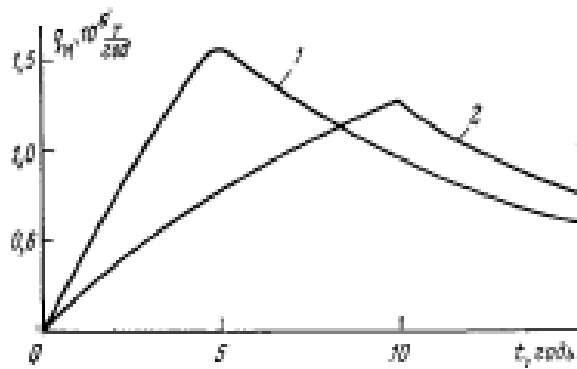
$$q_H(t) = N_{\text{экр}} \int_0^t \omega z_0 e^{-z_0(t-\tau)} d\tau = N_{\text{экр}} \omega (1 - e^{-z_0 t}). \quad (1.15)$$

(1.14) теңдеу $0 \leq t \leq t^*$ кезінде дұрыс. $t \geq t^*$ кезіндегі кен орнынан мұнай игеру өзгерісін алу үшін кезінде $t \geq t^*$ шартты түрде пайдаланудан тура сондай жылдамдықтағы ω (іске теріс жылдамдықпен $-\omega$ қосылатын элементтер) элементтер өшіріледі деп есептеу керек. Сонда (1.11) кезінде алатынымыз $t \geq t^*$ кезінде

$$q_H(t) = N_{\text{экр}} \omega [e^{-z_0(t-t^*)} - e^{-z_0 t}]. \quad (1.16)$$

(1.15)-дан көрінетіні, $t \rightarrow \infty$ кезінде $q_M \rightarrow \infty$. (1.14) және (1.15) қолдана отырып кен орынның максималды мұнай игеру $q_{M \max}$ кезінде болатын қорытынды аламыз (1.13) және (1.14) тең:

$$q_{M \max} = N_{\text{экр}} \frac{c}{t^*} (l - l^{-z_0 t^*}) \quad (1.17)$$



1.18-сурет. Q_M және t байланысы

(1.17) теңдеуінің сараптамасы көрсететіні, t^* төмендеген сайын, яғни іске қосу игеру жүйесі элементін енгізу жылдамдығы ω артқан сайын кен орнын максималды мұнай игеру $q_{M \max}$ артады. Барлық игеру элементтерін пайдалануға бір сәттік іске қосқанда, кен орнынан максималды мұнай игеру үшін:

$$q_{H \max} = N_{\text{экр}} c z_0 = N z_0. \quad (1.18)$$

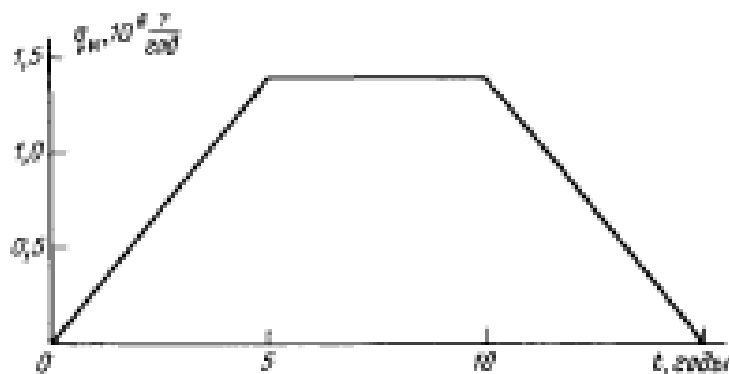
Қарастырылған мысалдан көрінетіні, кен орнынан мұнай игеруді болжау үшін жалпы уақыт бойынша игеру темпі кезінде бір жүйе элементінің өзгерісін, одан игерілетін мұнай қорын және элементті пайдалануға енгізу жылдамдығын білу өте маңызды. Кен орнынан толық мұнай игеруіне әсер ететін элемент игеру темпін қабаттың физикалық-геологиялық қасиетімен, оның жүйесімен және технологиясымен аяқтайды. Сонымен қоса мұнай игеру дәрежесіне айтарлықтай әсер ету бұрғылау, тұрғызу және кен орынды пайдалануға енгізу жылдамдығы болады.

2-мысал. Элементті игеру темпі мына тендеуде көрсетілген заң бойынша өзгереді:

$$z_{\text{э}} = \begin{cases} z_{\text{э}0} = \text{const} & \text{кезінде } 0 \leq \tau \leq t_* \\ 0 & \text{кезінде } \tau > t_* \end{cases} \quad (1.19)$$

Элементтерді игеруге енгізу жылдамдығы келесідей өзгереді:

$$\omega(\tau) = \begin{cases} \omega_0 & \text{кезінде } 0 \leq \tau \leq t_1 \\ 0 & \text{кезінде } \tau > t_1 \end{cases} \quad (1.20)$$



1.19-сурет. q_M t тәуелділігі

$$N_{\text{экр}} = 10^5 \frac{\text{Т}}{\text{элемент}}, \quad t_* = 5 \text{жыл}, \quad z_{\text{э}0} = 0,056; \quad \omega_0 = 50 \frac{\text{элемент/жыл}}, \quad t_1 = 10 \text{жыл}$$

Уақыт өткен сайын кен орнынан мұнай игеру қалай өзгередінін анықтайық.

$$q_M(t) = N_{\text{экр}} \int_0^t z_{\text{э}0} \omega_0 dt = N_{\text{экр}} z_{\text{э}0} \omega_0 t \quad \text{кезінде } 0 \leq t \leq t_*;$$

$$q_M(t) = N_{\text{экр}} z_{\text{э}0} \omega_0 t = \int_{t_*}^t N_{\text{экр}} z_{\text{э}0} \omega_0 dt = N_{\text{экр}} z_{\text{э}0} \omega_0 t_* \quad \text{кезінде } t_* \leq t \leq t_1;$$

$$q_M(t) = N_{\text{экр}} Z_{\text{эо}} \omega_0 t^* - \int_1^t N_{\text{экр}} Z_{\text{эо}} \omega_0 dt = N_{\text{экр}} Z_{\text{эо}} \omega_0 (t^* + t_1 - t)$$

кезінде $t_1 \leq t \leq t_1 + t^*$. (1.21)

Көрсетілген мысал үшін $q_M(t)$ тәуелділігі *1.19-суретте* көрсетілген. Ол «классикалық трапеция» құрайды. Онда уақыт бойынша мұнай кен орнынан мұнайды игеру тәуелділігі көрсетілген.

1.5 Қабат режимдері технологиясы және игеру көрсеткіштері

Қабатқа әсер ету әдістері дамымастан бұрын, кен орынды игеру кезінде одан мұнайды игеру мақсатында мұнай қабаттарына табиғи энергияны көп шығындау арқылы жүргізілген. Сол кезде, мұнай *қабат режимдері* туралы маңызды түсініктер пайда болды, ол мұнайды қозғалтатын күш сипаттарына қарай бөлінген.

Пайдалану және айдау ұңғымаларының жүйесімен дренаждау барысында кеуекті ортаның үдерістерін анықтайтын барлық табиғи және жасанды факторлардың қосындысы **қабат режимі** деп аталады.

Бес режим:

- серпімді режим
- суарынды режим
- газарынды (газ шапқасының режимі)
- еріген газ режимі
- гравитациялық режим деп айрықша бөледі.

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 өндірудің көлемін анықтау, ұңғымалардың сулану үдерісін есебі, сонымен қатар игеру кезінде максималды мүмкін болатын соңғы мұнай бергіштік коэффициентіне жетуге қажет болатын шоғырға әсер ету шаралары тәуелді болады.

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

Мұнай кен орнын игеру тәжірибесінде: серпімді, еріген газ, газарынды немесе газды телпек ең көп таралған.

Серпімді режим деп мұнайды кеуекті ортадан сұйықтардың (мұнай және газ) серпімді кенею арқасында болатын, сонымен бірге табиғи жыныстардың деформациясынан қысым төмендеп кеуекті көлемнің азаюын айтады.

Бұл режим кезінде 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 керек.

Орта серпімділігінің көлемдік коэффициенті осы ортаның алғашқы көлемінің үлесі болып анықталады, оған қысымның бірлікке өзгерісі кезінде, осы көлем өзгереді, яғни:

$$\beta = - \frac{\Delta V}{V * \Delta P}, \quad (1.22)$$

мұнда, ΔV – көлемінің өсуі (серпімді режим есебінен);

ΔP – қысымның өсуі (қысымның төмендеуі);

V – ортаның алғашқы көлемі.

Теріс қысымның өсуіне, кең көлемнің өсуі сәйкес болғандықтан, алдына 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:

$$\text{су үшін: } \beta_c = (2.7 \div 5) * 10^{-10} \frac{1}{\text{Па}}$$

$$\text{мұнай үшін: } \beta_M = (7 \div 30) * 10^{-10} \frac{1}{\text{Па}}$$

$$\text{жыныс үшін: } \beta_{\text{ж}} = (0.3 \div 2) * 10^{-10} \frac{1}{\text{Па}} \quad (1.23)$$

Әдетте, қабат ығысуын бағалау үшін ығысудың келтірілген коэффициентін пайдаланады, оны қабаттың серпімділік коэффициенті деп те атайды.

Анықтамаға сәйкес, қабат көлемінің бірлік элементіне судың, мұнайдың және жыныстың көлемінің серпімді өсуін табуға болады:

$$\beta^* * \Delta V * \Delta P = \beta_e * V_e * \Delta P + \beta_n * V_n * \Delta P + \beta_n * V_n * \Delta P \quad (1.24)$$

мұнда, V – қабаттың қатты қаңқасының, мұнайдың және судың көлемінің қосындысына тең фиктивті ортаның көлемі;

V_n, V_e, V_n - қабаттың, жалпы қатты қаңқасының және оны қанықтыратын судың және мұнайдың көлемдері;

β^* – қабат серпімділігінің келтірілген коэффициенті.

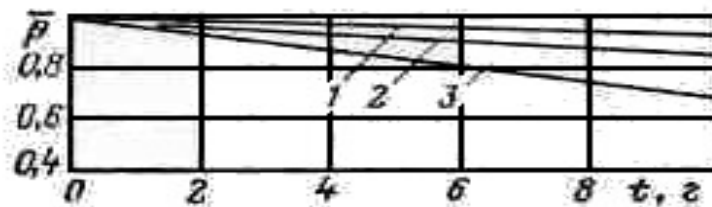
$$\beta^* * V * \Delta P = \beta_e * V * m * \alpha_e * \Delta P + \beta_n * V * m * \alpha_n * \Delta P + \beta_n * V * (1 - m) * \Delta P$$

немесе

$$\beta^* = m * (\beta_e * \alpha_e + \beta_n * \alpha_n) + \beta_n * (1 - m). \quad (1.25)$$

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 түтікше 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.



1.20-сурет. Серпімді режим кезіндегі уақыт аралығында өлшемсіз орташа интегралды қабат қысымының өзгеруі

Серпімді режимге қолайлы жағдай туғыздыратын геологиялық шарттар:

- 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 геологиялық шарттар болып табылады.

Шоғырды серпімді режим кезінде кен орынды 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 үдерістер мұнай өндіру кезінде елеусіз рөл атқарады деп ойлаудың қажеті жоқ. Белгілі бір қолайлы шарттарда мұнай қорының барлығы серпімді режим арқылы да алынуы мүмкін (үлкен серпімді - суарынды жүйе болса).

1.5.1 Серпімді режимде игерілетін шексіз қабаттың кез келген нүктесіндегі қысымды анықтау

Ірі кен орындарының $P_{\text{бас}}$ бастапқы қысымы жоғары болатын және ауқымды тұтыну көзі бар кен орнын игеру кезінде қысымның өзара тарау үдерісі ұзаққа созылады. Бұл үдерістер қабаттың және оны қанықтыратын сұйықтардың серпімді қасиеттерінің әсерінен болады. Игеру аймағындағы қысымның төмендеуі сәйкесінше, сұйықтың ұлғаюын 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:

$$\Delta V_z = \beta_{\text{жс}} V_{\text{ожс}} \cdot \Delta P + \beta_c V_{\text{ос}} \cdot \Delta P = (m\beta_{\text{жс}} + \beta_c) V_0 \Delta P = \beta^* V_0 \Delta P \quad (1.26)$$

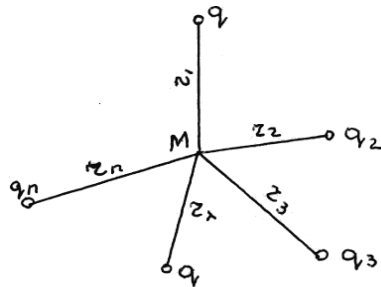
мұнда: β^* – серпімді сыйымдылық коэффициенті.

Серпімді режим үшін негізгі бөлігі – қабат қысымының қанығу қысымынан жоғары болуы $P_{\text{қаб}} > P_{\text{қан}}$, 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 үдерісі айтарлықтай ұзақ уақытқа созылады. Қабаттың өткізгіштігі аз болған сайын, оны қанықтыратын сұйықтың тұтқырлығы жоғары және қабат пен сұйықтың көлемді серпімді коэффициенті үлкен болған сайын, бұл үдеріс соғұрлым жай жүреді. Қысымның өзара таралу үдерісінің негізгі сипаттамасы – бұл қабаттың пьезоөткізгіштік коэффициенті (яғни, қысымды өткізгіштік коэффициенті).

$$\chi = \frac{k}{\mu(m\beta_{\text{жс}} + \beta_c)} = \frac{k}{\mu\beta^*}, \quad \frac{m^2}{\text{сек}},$$

$$\Delta P_m = P_{\text{нл}} - P_m = -\frac{\mu}{4\pi kh} \sum_{\lambda=1}^n q_{\lambda} E_i \left[-\frac{r\tau_{\lambda}^2}{4\chi(t - \tau_{\lambda})} \right], \quad (1.27)$$



1.21-сурет. Қысымның өзара таралу үдерісі

$\Delta P_m - (t)$ уақыт сәтіндегі М нүктесіндегі депрессия;
 q_λ – М нүктесіндегі r_λ қашықтығында тұрған ұңғының шығымы;
 r_λ – игеру барысынан бастап λ -ұңғымасын іске қосу сәтіне дейін өткен уақыт;
 t – игеру барысынан бастап өткен уақыт;

Егер М-нүктесінің орнына q_0 шығымы бар ұңғы орналасқан болса, онда 1-теңдеуге тағы да бір қосынды $\Delta P_{\text{түп}}$ қосамыз.

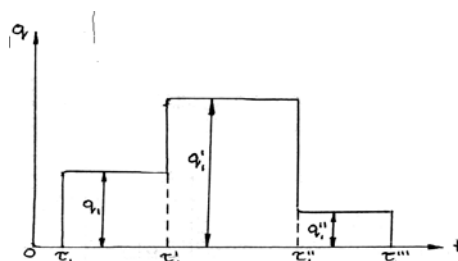
$$P_{\text{түп}} = -\frac{q_0 \mu}{4\pi k h} E_i \left[-\frac{r_c^2}{4\chi(t - \tau_2)} \right]; \quad (1.28)$$

Егер кен орындағы ұңғылардың арасында айдау ұңғысы бар болса, онда осы ұңғылардың шығымының алдына (-) таңбасын қоюмыз қажет. Бұл функцияның мәні кесте арқылы немесе келесі қатар арқылы есептеледі:

$$E_i(-x) = 0,5772 + \ln x + \frac{x^2}{2 \cdot 2!} + \dots + \frac{x^n}{n \cdot n!} \text{ немесе}$$

$$E_i \left(-\frac{r_c^2}{4\chi t} \right) \approx \ln \frac{2 \cdot 25 \cdot \chi \cdot t}{r_c^2}. \quad (1.29)$$

Кенішті игеру барысында ұңғылар шығымының өзгеруі

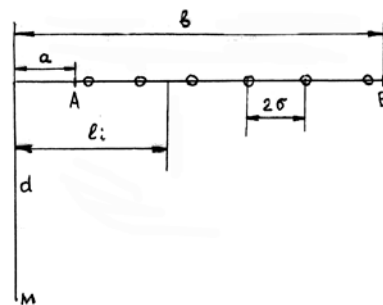


1.22-сурет. Кенішті игеру барысында ұңғылар шығымының өзгерісі

τ_i – қі 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.

Игеру барысынан бастап, t уақыт сәтінің M нүктесіндегі депрессия.

$$\Delta P_M = -\frac{\mu}{4\pi kh} \left\{ q_i E_j \left[-\frac{r_i^2}{4\chi(t-\tau_i)} \right] + (q'_i - q_i) E_j \left[-\frac{r_i^2}{4\chi(t-\tau'_i)} \right] - (q'_i - q''_i) E_j \left[-\frac{r_i^2}{4\chi(t-\tau''_i)} \right] - q''_i \cdot \left\{ E_j \left[\frac{r_i^2}{4\chi(t-\tau'''_i)} \right] \right\} \right. \quad (1.30)$$



1.23-сурет. Ұңғылардың сызықтық орналасу кезі

1.5.2 Суарынды режим

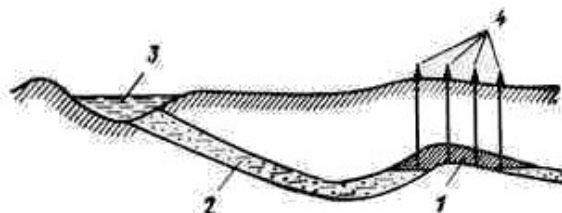
Бұл режим кезінде мұнайдың фильтрациясы жер бетіне жанбырдың немесе айдау ұңғымалар жүйесі арқылы үздіксіз айдалатын немесе қоректеніп тұратын шектік немесе нұсқа сыртындағы сулардың әсерінен жүреді.

Суарынды режимнің болу шарты

$R_{\text{каб}} > R_{\text{кан}}$, мұндағы $R_{\text{каб}}$ – орташа қабаттық қысым, $R_{\text{кан}}$ – қанығу қысымы.

Бұл шарт кезінде қабатта еркін газ жоқ, мұнай өзімен немесе мұнай сумен фильтрацияланады.

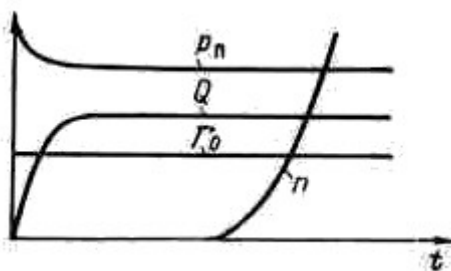
1.24-суретте көрсетіліп тұрғандай 2 өткізгішті қабат мұнай алу аймағы 1 мен қоректену аймағы 3 арасындағы гидродинамикалық байланысты қамтамасыз етеді, бұған табиғи суат – өзен арнасы мысал бола алады.



1.24-сурет. Қатпарлардың түзілу үдерісі.

Қатпарлардың түзілу үдерісі барысында, мысалы, өзен арнасының 3 аймағындағы орналасқан кеуекті және өткізгіш қабаттар беттік жаққа шығуға мүмкіншілік алады, осы өзен арнасынан ұңғыма 4 арқылы мұнайды алу кезінде, қабаттың сумен үздіксіз қоректенуі жүреді. Қабат – коллектор, шоғырдан бастап беттік суларды жұту орнына дейін созылу бойымен жетерліктей өткізгіштікке ие болуға тиісті. Бұл нұсқа сыртындағы судың қарқындылығын шарттайды. Әдетте, мұндай шоғырларда қабаттық қысым, суды бағанасының биіктігі қабаттың шоғырлану тереңдігімен бірдей гидростатикалық қысымға тең болады. Игерудің бастапқы сатысында төмендеген қысым, алдыңғы уақытта сұйықты алудың орнатылған жылдамдығында (жылына алынатын қордан 2-8 %) тұрақты болып қалады.

Суарынды режим кезінде мұнайды алу орны нұсқа сырты немесе айдалатын сумен толтырылады, ол уақыт аралығында ұңғы шығымының қабат қысымының және газ факторының тұрақтылығымен түсіндіріледі. Газ факторының тұрақтылығы келесі жағдайлармен шартталады, $P_{каб} > P_{кан}$ кезде қабаттан газ бөлінуі жүрмейді, сондықтан әр тонна мұнайдан, қабаттық шарттарда (1.25-сурет) мұнайда еріген газ мөлшері ғана өндіріледі. Алайда қабаттың қатты қатпарлы біртексіздігінде ұңғымалардың сулануы уақыт ішінде созылуы мүмкін, өйткені жақсы өтімді қатпарлардан қабаттық су ұңғы түбіне тез, ал нашар өтімді қабаттардан баяу жетеді. Суарынды режим кезінде мұнайдың жетерліктей тиімді ығысуы жүреді және мұнай бергіштіктің жоғары коэффициенті іске асады.



1.25-сурет. Уақыт аралығында суарынды режим негізгі сипаттамаларының өзгерісі

Табиғи суарынды режимге қарағанда, жасанды режимде мұнайды ығыстыратын судың үздіксіз арыны жер бетінен айдау ұңғымаларының жүйесі арқылы іске асады.

Суарынды режим кезінде шоғырдан алынған сұйық (мұнай, су) үнемі қабаттық термодинамикалық шарттарда шоғырға деген нұсқа сыртындағы су мөлшеріне тең. Ұңғымадан сұйықты алу кезінде жүретін қысымның қайта реттелуі бұл режим кезінде тез жүруі тиіс (теориялық жағынан жедел), сондықтан бұл режимді тағы да қатты деп атайды. Бұл режим теориялық тұрғыдан толық зерттелген. Қазіргі кезде өндірілетін мұнайдың 80% жоғарысы кен орнынан суарынды режим шарттарында (басты түрде жасанды) өндіріледі.

1.5.3 Газды телпекті режимі

Бұл режим қабаттың энергия көзі геологиялық жағдайда серпімділігі аз болғанда пайда болады (газды шапка болғанда). Бұл режим үшін кеніш өткізгішті жыныстармен бітелген немесе тектоникалық бұзылыстармен бітелген болуы керек, нұсқа сыртындағы су белсенді болмауы тиіс, сондай-ақ мұнайлы кеніш газды шапкамен қатынаста болуы керек. Осы жағдайларда бастапқы қабат қысымы қанығу қысымына тең болады. Орташа қабат қысымының өзгеру қарқыны игеру кезінде кеніште әртүрлі болып өзгеріп отыруы мүмкін, олар игеру қарқынына байланысты және газды шапка көлемі мен кеніштің мұнайға қанығушылығы қатынасына байланысты келеді.

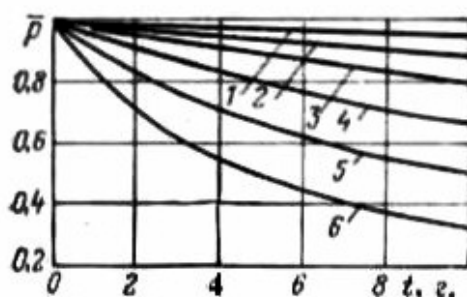
Мұнай кен орындарын газарынды режиммен игеру кезінде қабат қысымының құлап отыруы бірге жүріп отырады, бұл дебиттің төмендеуіне, фонтандау кезеңінің аздығына, мұнай ұңғыларының газ ұңғыларына ауысуына әкеліп соқтырады. Осы кезде, мұнай кен орныды игеруде аралас режим жағдайларын енгізу мүмкіндігі туады, олар жасанды жолдар, яғни қабат қысымын ұстау, сыртқы ауданына су айдау немесе газ шапкасына газ айдау, т.с.с. соңында газарынды режимді қолданған уақытта мұнай бергіштік керекті көлемге жете алмайды.

Бұл режимда газ факторының заңды өсуі және ұнғы тек таза газ өндіруге (мұнай өнімімен салыстырғанда) және газ шапкасын өсіруге мінезделген. Газ арынды режим, жалпы алғанда бағынышты белгіде орындалады және салыстырмалы түрде көп қолданылмайды, өнімі жағынан ұңғылары көбіне суланбайды.

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 дренажалуы газ шапкасының үздіксіз ұлғаюының есебімен жүреді және мұнай үнемі газбен әсерлесуде болады.

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

Мұндай шоғырды сұйық және газы бар сауыт ретінде қарастыруға болады, бұл кезде сұйықты алу газдың ұлғаюымен жүреді. 7.1-суретте газарынды режиммен игеру кезіндегі қабат қысымының уақытқа байланысты өзгерісі келтірілген.



1.26-сурет. Мұнай жиегінің газ шапқасы көлемдерінің әртүрлі қатынастарында өлшемсіз орташа интегралды қабаттық қысымның уақыт аралығында өзгеруі.
1-n=0.25; 2-n=0.5; 3-n=1; 4-n=2; 5-n=4; 6-n=8.

Суреттен қабат қысымының қисық сызықтық заңмен өзгертінін және газды телпек көлемінің шоғырдағы мұнайлы бөлігінің көлеміне қатынасы (n – көп болған сайын) аз болған сайын қабат қысымының түсу темпі жоғары болатынын көреміз. Шоғырдағы мұнай көлемі газ телпегінің алғашқы көлемінен төрт есе жоғары болу кезінде, он жылдан кейін қабат қысымы 50% ($P=0.5$) төмендейді.

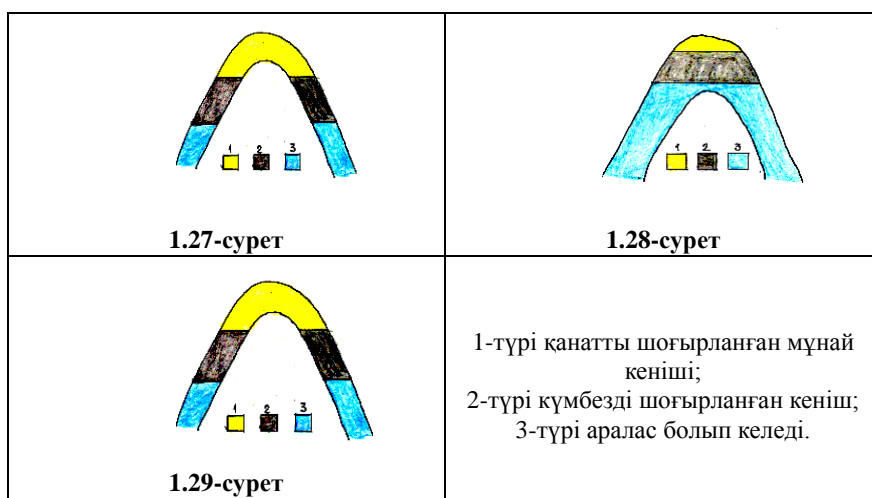
Газ телпегінің көлемінен мұнай көлемінің 0,25 құрған кезде қысым 5,8% төмендейді. Осылайша, кен орнының газ телпегінің режимінде игеру кезінде қабаттық қысым төмендейді және оның салдарынан (шығым төмендейді, фонтандау уақыты қысқарады, мұнай ұңғымасы газға және т.б. ауысады). Нақты шарттарда бұндай кен орынды игеру тек аралас режим шарттарында, қабаттық қысымды жасанды түрде, яғни нұсқа сыртына су айдау немесе газ шапқасына газ айдау көмегімен мүмкін болады. 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 заңды. Бұл режимде ұңғы өнімі суланбаған болады.

1.5.4 Мұнай-газ кеніштерін газарынды режимінде игеру

Мұнай-газ кеніштерінде мұнай мен газдың жату жағдайы бойынша және мұнайлылық бөлігі мен газ шапқасы көлемдерінің қатынасы бойынша үлкен айырмашылықтарымен ерекшеленеді.

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

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



Игеру жүйесін таңдауға, сондай-ақ мұнай шоғырлары мен газ шапқасы көлемдерінің арақатынасы, мұнай шоғырының биіктігі мен ені, таза мұнай және газ асты аймағының ені, мұнайдың қозғалу коэффициенті және кенішті қоршаған судың белсенділігі де әсер етеді.

Серпімді энергияда мұнайдан бөлінетін газ энергиясы сарқылған кезде мұнай гравитация әсерінен ұңғыма түбіне келіп түседі, содан соң оны өндіреді. Бұл режим *гравитациялық деп аталады*.

Алайда ТМД елдерінің заманауи мұнай өнеркәсібінде қабатқа әсер ету арқылы мұнай кен орнын игеруге көп көңіл бөлінген. Бұл жағдайда «қабат режимі» түсінігі қабаттан мұнайды игеру үдерісін толық сипаттай алмайды. Мысалы, кейбір кен орындарды игеру барысында белгілі бір уақыт аралығында қабатқа көміртегі қос тотығын, одан соң сол көміртегі қос тотығын игеру үшін артынан су айдау арқылы жүргізілуі үдерісін айтсақ болады. Бұл жағдайда қабат режимін жасанды суарынды деп айтуға болады. Алайда, бұл мұнайды өндіру үдерісінің сипаттамасы үшін өте аз. Тек қана режимді ғана емес, оны игерумен байланысты қабаттан мұнайды өндіру механизмін де ескеру керек. Мұнай кен орындарын игеруді орындау үшін негіздеп немесе тек игеру жүйесін ғана емес, игеру технологиясында таңдау керек.

Мұнай кен орнының игеру технологиясы дегеніміз – қабаттан мұнайды өндіру кезінде пайдаланылатын барлық әдістер жоғарыда берілген игеру жүйесі түсінігінде оны анықтайтын факторларының бірі ретінде қабат әсер

етудің болуы немесе болмауы. Осы факторға байланысты айдау ұңғымасын бұрғылау керектігі шешіледі. Қабатты игеру технологиясы игеру жүйесін анықтауға кірмейді. Осы бір жүйеде әртүрлі кен орнын игеру технологиясын қолдануға болады. Әрине, кен орнын игеруді жобалағанда таңдаған технологияға қандай жүйе лайықты және игерудің қандай жүйесінде берілген көрсеткіштер жеңіл алынуы керек екендігі есептелінеді.

1.5.5 Еріген газ режимі

Мұнайлы кенішті пайдаланғанда, одан шыққан мұнайдан үзіліссіз газдың бөлініп отырылуы және оның бос күйге ауысып отыруы, соның салдарынан мұнайлы-газ қоспасының көлемі және осы қоспаның фильтрациясы төмендеген қысым нүктелеріне және ұңғы түбіне әсер етіп отырса, онда ол **еріген газ режимі** деп аталады. Бұл режимді қабат қысымының энергия көзі газды мұнайлы қоспаның серпінділігі болып табылады.

Осы жағдайларда қабат энергиясы мұнайға қаныққан қабат бөліктерінде біртекті таралған болады. Бұл режимде аудан бойынша ұңғыларды араластыруда біттекті принциппен орындалады.

Еріген газ режимінде қабат қысымының қанығуы қысымынан төмен болғанда болады, мұнай онда еріген газдың көпіршік түрінде және оның кеңею кезінде игеріледі.

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.

Мұндай шарттарда қабаттың мұнай қаныққан бөлігінің барлық көлемінде, қабаттық энергия біртекті таралған. Мұндай 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 $P_{\text{орт}} = P_{\text{кан}}$, дейін қысымның өзгеруі кезінде еріген газдың Генридің түзу сызықты заңмен өзгеруі заңдылықты болады, бұл кезде қысымның төмендеуі кезінде мұнай көлемінен V_m бөлінген газдың көлемінен анықтауға болады.

$$V = \alpha * (P_{\text{алғ}} - P) * V_m \quad (1.31)$$

α – стандартты шарттарға келтірілген ерудің коэффициенті; V – стандартты шарттарға келтірілген кездегі бөлінген газдың көлемі. Бұл көлемді ағымдағы қабаттық қысымға $P_{каб}$ 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, $V_{кеу} = V_m$ (байланысқан су соңғы нәтижелерді ауыстырмайды). Қабаттың жалпы кеуектерінің көлемінен $V_{кеу}$ қысымның төмендеуі кезінде қоспа бөлінуі тиіс, оның көлемі V_{bc} келесі айырмашылыққа тең болады.

$$V_{bc} = V_{cm} - V_{пор} = V_m * \left[\frac{1 + \alpha * (Paал - P) * P_o * T * 7 p}{P * T_o} \right] - V_m \quad (1.32)$$

Бұл көлем мұнайдан және газдан тұрады. Қабаттағы барлық мұнай көлемінің, барлық құрылған қоспаның көлеміне қатысты қатынас ретінде, қоспадағы мұнайдың үлесін анықтайық, яғни

$$\alpha_m = \frac{V_m}{V_{cm}} \quad (1.33)$$

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 да, келесідей бөлінеді:

1. Газдың тұтқырлығы мұнай тұтқырлығынан елеулі аз болады, сондықтан ол көбірек қозғалуға бейімді және ұңғы түбіне тез жетеді.

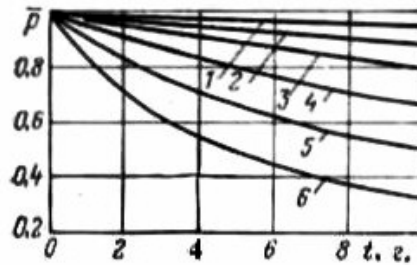
2. Мұнайдың газдану нәтижесінде оның тұтқырлығы жоғарылайды, яғни қозғалу қабілеті төмендейді.

3. Кеуекті ортаның газ қанығуының жоғарылауымен газ үшін фазалық өтімділік жоғарылайды, ал мұнай үшін төмендейді (қисық фазаларға немесе өтімділікке қатысты).

Аталған факторлар газ сұйық қоспасының кеуегінен бөлінген сұйық фазаның төмендеуіне, яғни газ факторларының жоғарылауына әкеледі. Еріген газ режимінде кен орынды пайдалану кезінде уақыт ішінде орташа интегралды қабаттық қысымның өзгеруін сипаттайтын теңдеуін алуға болады.

$$\bar{P} = \frac{P}{P_{алз}} = \frac{2 * P_o * T * Z_p * (1 - k\eta\delta t)}{T_o * k\eta\delta t + \alpha * P_o * T * Z_p * (1 - k\eta\delta t)} \quad (1.34)$$

Бұл бойынша өлшемсіз қабаттық қысымның $P_{каб}$ және оның уақыт ішінде өзгеруінің сандық бағалауын жүргізейік, есептеудің нәтижелері 9.1-суретте келтірілген.



1.30-сурет. Еріген газ режимінде өлшемсіз орташа интегралды қабаттық қысымның уақыт аралығында өзгеруі:

Газдалған сұйықтың (мұнай) қуысты ортадағы қозғалысы екі фаза үшін екінші реттегі жеке туындының екі сызықсыз дифференциалды теңдеу жүйесімен сипатталады.

$$\nabla \left[\left(\frac{\rho_{\Gamma}(P)F_{\Gamma}(S_H)}{\mu_{\Gamma}(P)} + \frac{S_1(P)F_H(S_H)}{\mu_H(P)\epsilon_H(P)} \right) \Delta P \right] = \frac{m}{k} \frac{\partial}{\partial t} \left[\rho_{\Gamma}(P)(1 - S_H) + \frac{S_1(P)}{\epsilon_H(P)} S_H \right]$$

$$\nabla \left[\frac{F_H(S_H)}{\mu_H(P)\epsilon_H(P)} \Delta P \right] = \frac{m}{k} \frac{\partial}{\partial t} \left[\frac{(S_H)}{\epsilon_H(P)} \right]$$

- мұнай мен газ үшін сәйкесті қабаттың салыстырмалы өткізгіштігі S_H - қуысты кеңістіктің мұнаймен қанығуы;

мұндағы:

$$F_H(S_H) = \frac{k_H}{k}, \quad F_{\Gamma}(S_H) = \frac{k_{\Gamma}}{k}$$

$\rho_{\Gamma}(P)$ – еркін газдың салыстырмалы тығыздығы;

$\epsilon_H(P)$ – мұнайдың көлемдік коэффициенті;

$S_1(P)$ – қалыпты жағдай кезіндегі газдың мұнайда еруі.

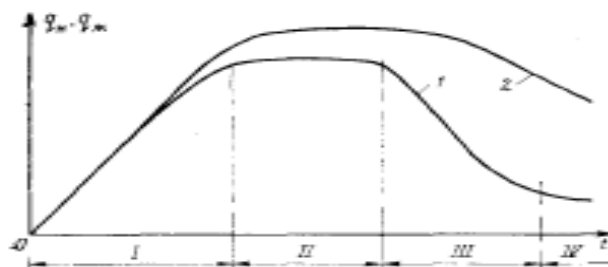
1.5.6 Гравитациялық режим

Гравитациялық режим – мұнай кенішін игергенде, ұңғы түбіне сұйық фильтрациясы бос үстімен келуі. Бос үстімен деген фильтрациялаушы сұйық үсті немесе фильтрацияның динамикалық жағдайларында құрылатын мұнай газды қатынас, бұларда қысым барлық нүктелерде тұрақты болып қалады. Бұл режимді кейде қарқынсыз деп те атайды. Гравитациялық режим кез келген кеніште игерудің соңғы деңгейі еріген газ режимінің табиғи жалғасы болып кездесуі мүмкін. Гравитациялық режимде ұңғыда мұнай жиналу үшін және сорап түсіру үшін тереңдетілген түп болады.

Гравитациялық режим мұнайды шахталы жолмен өндіргенде шешуші рөл атқаруы мүмкін. Ұңғылары өте төмен, бірақ тұрақты шығыммен ерекшеленеді. Тік құлама қабаттарда гравитациялық режимнің эффектісі жоғарылайды. Бұл режим мұнайды өндіру үдерістерінде тәжірибелік тұрғыдан қолданылмайды және ол тек режим үдерісін түсіну үшін ғана маңызды.

Әрбір кен орнын игеру белгілі бір көрсеткіштермен сипатталады. Барлық технологияда болатын көрсеткіштерді қарастырайық. Оларға төмендегілерді жатқызуға болады:

1. Кен орнын игеру үдерісінде одан өндірілетін мұнай. Атап көрсетілген мұнай кен орнын игеру үдерісін шартты түрде бірнеше сатыға бөлуге болады.



1.31-сурет. q_m , $q_{сүйі}$ t -ға байланысты өзгерісі

1-сатыда (1.31-сурет), кен орнын тұрғызу, ұңғыма және өндіріс құрылысын (игеру жүйесі элементін енгізу) пайдалануға енгізу кезінде мұнайды игеру өседі, ол бұрғылау жылдамдығына және кен орнын тұрғызуға байланысты, ал ол өз кезегінде бұрғылау және өндіріс-құрылыс бөлім жұмыстарына байланысты.

2. $z(t)$ кен орнын игеру темпі t уақыт бойынша өзгередетін, ағымдағы мұнай игерудің $q_m(t)$ кен орнынан алынатын мұнай қорына қатынасы:

$$z(t) = q_m(t)/N. \quad (1.35)$$

Егер кен орнынан игерілетін қор оны игеру үдерісі кезінде өзгермейтін болса, онда кен орынды игеру темпі кезіндегі өзгеріс мұнайды өндіру өзгерісі іспеттес болады және сол сияқты барлық сатылардан өтеді.

Кен орынды игеру $t=0$ уақытында басталып, t_c уақытында бітеді, осы уақытта одан алынатын мұнай қоры N .

онда:

$$\int_0^{t_k} z(t)dt = 1. \quad (1.36)$$

Мұнайды өндіруді $z(t)$ есептеген кезде оны аналитикалық функциямен де көрсетуге болады. Сондықтан интегралдау оңай болу үшін:

$$\int_0^{\infty} z(t)dt = 1 \quad (1.37)$$

$t_k \leq t < \infty$ кезінде, $z(t)=0$.

Жалпы кен орынды игеру N э.к.р. параметрі мен жүйе элементінің игеру темпі $z(\tau)$ және пайдалану жүйесіне элементтерді енгізу жылдамдығы $\omega(t)$ арасындағы байланысты алуға болады. (1.11) және (1.21) пайдалана отырып алатынымыз:

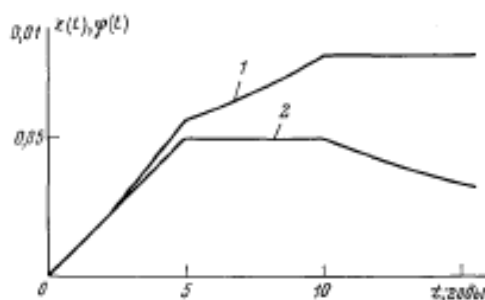
$$z(t) = \frac{N_{\text{экр}}}{N} \int_0^1 \omega(\tau) z(t - \tau) d\tau. \quad (1.38)$$

Мұнай кен орнының игеру темпін ағымдағы мұнай игерудің $qn(t)$ кен орнының геологиялық қорына G қатынасы ретінде де көрсетуге болады. Келесі игерілетін және геологиялық мұнай қорының арасында байланыс бар:

$$N = \eta_k G$$

мұнда, η_k – соңғы мұнайбергiштiк.

(1.25) пайдалана отырып, кен орынды игеру темпін табуға болады, ол былай анықталады:



1.32-сурет. Кен орынды игеру темптері $z(t)$ және $q(t)$ -нің уақытпен байланысы

J және 2 – қалдық мұнай қоры $\varphi(t)$ және бастапқы мұнай қорына $z(t)$ сәйкес игеру темптері.

(1.21), (1.25) және (1.26) пайдалана отырып, алатынымыз:

$$\overline{z(t)} = \eta_k z(t). \quad (1.39)$$

Ақыры игеру темпі туралы түсінік бар, ол ағымдағы мұнай игерудің кен орынының қалдық (игерілетін) мұнай қорына қатынасымен анықталады, яғни:

$$\varphi(t) = \frac{qM(t)}{N_{\text{кал}}(t)} \quad (1.40)$$

үшін келесі мән бар:

$$N_{\text{кал}}(t) = N - \int_0^t q_M(t) dt. \quad (1.41)$$

(1.40)-ды ескере отырып (1.41) дифференциалдағанда:

$$\frac{d\varphi}{dt} N_{\text{кал}} + \frac{dN_{\text{кал}}}{dt} = \frac{dq_M}{dt}. \quad (1.30)$$

$N_{\text{кал}} = q_M / \varphi$, $d N_{\text{кал}} / dt = - q_M / \varphi^2$ ескере отырып, соңында кен орындарының темптері арасындағы дифференциалды байланысы шығады:

$$\frac{d\varphi}{dt} - \frac{z}{\varphi} - dz = \frac{dz}{dt}. \quad (1.42)$$

$z = z(t)$ байланысы ұқсас болса, онда оны (1.31) қойсақ, $\varphi = \varphi(t)$.

1.1-есеп. Мұнай кен орындары темпі 1.22-суретте көрсетілгендей уақыт бойынша өзгереді делік, кен орынды игерудің бірінші сатысында сызықтық заң бойынша өзгереді.

$$Z(t) = at \quad 0 \leq t \leq t_1$$

Екінші сатыда игеру темпі алғашқы игерілетін мұнай қорымен есептелетін тұрақты боп қалады, ол z_{max} максималдыға тең.

$$z(t) = z_{\text{max}} = \text{const}; \quad t_1 \leq t \leq t_2$$

Үшінші және төртінші сатыларда кен орынды игеру темпі $z(t)$:

$$z(t) = z_{\text{max}} e^{-c(t-t_2)}; \quad t < t_2.$$

тендеуі бойынша төмендейді.

Көрсетілген сатыларда игеру темпі $\varphi(t)$ есептелген кен орнының қалдық мұнай қорына байланысты өзгеруін анықтау керек.

Ол үшін біріншіден, егер a, t_1, t_2 және z_{max} параметрлері берілсе, онда c параметрі, үшінші және төртінші сатыларда игеру темпінің төмендеу жылдамдығын сипаттайтын, берілетін параметрлерге байланысты және (1.23) теңдеу негізінде анықталады.

Кен орынды әртүрлі игеру сатыларына $\varphi(t)$ тәуелділігін анықтау үшін $z(t)$ (1.31) келтірілген дифференциалдық қатынасқа қоюға болады. Алайда бірінші саты үшін $\varphi(t)$ -ны (1.28) және (1.29) теңдеуіне қою оңай болады.

Сонда алатынымыз:

$$q_H = aNt; \int_0^t q_H(t)dt = \frac{aNt^2}{2}; \varphi = \frac{at}{1 - \frac{at^2}{2}} \quad (1.43)$$

$z(t)$ және $\varphi(t)$ мәндерінің сандық өлшеуін жасайық. Егер, мысалы, $t_1=5$ жыл мәнінде $z=z_{max}=0,05$ 1/жыл болса, онда $a=0,01$ 1/жыл², ал $\varphi=0,057$ (1.32) көрсетілгендей, $\varphi(t)$ сызықтық ұлғайғанда $q_H(t)$ сызықтық емес ұлғаяды. 1.22-суретте игерудің әртүрлі сатыларында $\varphi(t)$ өзгерісі көрсетілген.

Екінші сатыда $\varphi(t)$ анықтау үшін $z=z_{max}=\text{const}$ осы сатыға сай қоямыз. Дифференциалды теңдеу аламыз:

$$d\varphi/dt = \varphi^2 \quad (1.44)$$

оның шешімі болып:

$$\varphi = 1/(C - t), \quad (1.34)$$

мұнда, C – тұрақты, ол мына шарттармен анықталады:

$$\varphi = \frac{at_1}{1 - \frac{at_1^2}{2}} = \frac{1}{C - t_1}, \quad t=t_1 \text{ кезінде} \quad (1.45)$$

(1.35)-тен алатынымыз:

$$C = t_1 + \frac{1 - \frac{at_1^2}{2}}{at_1} \quad (1.46)$$

Осылайша, $z_{max}=at$, (I.34) және (I.36)-дан соңында алатынымыз:

$$\varphi = \frac{z_{max}}{1 - z_{max}(t - \frac{t_1}{2})}; \quad t_1 \leq t \leq t_2 \quad (1.47)$$

$t_2=10$ жыл болсын, яғни мұнайды максималды игеру деңгейі кен орнының жұмысқа кіргеннен соң әлі 5 жыл ұстап тұрады. Онда $t=t_2$ кезінде $\varphi=0,08$ $\varphi(t)$ тең болады. (1.37) теңдеуден екінші сатыда $\varphi(t)$ артатыны көрсетіледі. Үшінші және төртінші сатыларда:

$$\varphi = const; \quad t > t_2. \quad (1.38)$$

Шын мәнінде, (1.37)-ні (1.31) қойып, келесі дифференциалдық теңдеу аламыз:

$$\frac{dz}{dt} = -cz. \quad (1.48)$$

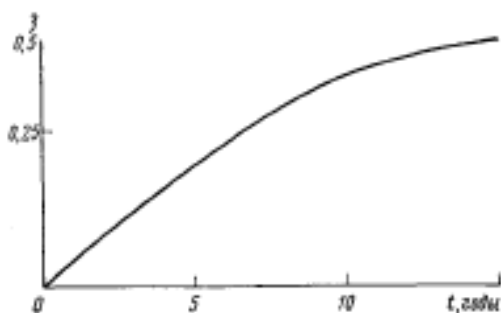
Оның шешімі:

$$z = z_{max} e^{-c(t-t_2)} \quad (1.49)$$

(1.49) теңдеуі үшінші және төртінші сатыдағы $z(t)$ өзгеру заңымен сәйкес келеді. Осылайша, осы сатыларда игеру темпі $z(t)$ алғашқы игерілетін қордан қарастырылған жағдайда, төмендейді, ал $\varphi(t)$ қалдық игерілетін қор игерудің соңына дейін тұрақты қалады. Келесіні мақұлдауға болады: кен орындағы мұнай игерудің төмендеуі жалпы айтқанда игерудің тұрақты темпінде есептелген игеру қорына байлынысты.

Мұнай кен орнын игерген кезде қабаттан мұнай және газбен қоса су шығады. Бұл кезде мұнайды оның құрамында еріген газбен немесе газсыздандырылған мұнай ретінде қарастыруға болады. Сұйықтықты өндіру – игерілетін мұнай және судың қосындысы. Кен орынды игеру үдерісінде айдауды қолданғандағы мұнай өндіру q_m және сұйықтық өзгерісі $q_c = q_m + q_c$ (q_c -су өндіру) көрсетілген. Суреттен суды өндіру мұнайға қарағанда артығырақ екені көрінеді. Үшінші және төртінші сатыларда кен орыннан әдетте, мұнайдан бірнеше есе артық көлемде сұйықтық өндіріледі.

Мұнайбергіштік – қабаттан игерілген мұнайдың сол қабаттағы алғашқы мұнай қорына қатынасы. Мұнайбергіштік ағымдағы және соңғы болып бөлінеді. Ағымдағы мұнайбергіштік – игерудің сол сәтндегі өндірілген мұнайдың сол қабаттың алғашқы қорына қатынасы. Соңғы мұнайбергіштік – қабатты игерудің соңында өндірілген мұнайдың алғашқы қорына қатынасы. «Мұнайбергіштік» терминінің орнына кейде «мұнайбергіштік коэффициенті» термині қолданылады.



1.33-сурет. Ағымдағы мұнайбергіштіктің η уақытпен t байланысы

Жоғарыда айтылған ағымдағы мұнайбергіштік анықтамасынан шығатыны ол уақыт бойынша ауыспалы және қабаттан мұнайды өндіру артқан сайын ол да артады. Сондықтан «мұнайбергіштік коэффициенті» терминін соңғы мұнайбергіштікке қатысты айтуға болады.

Ағымдағы мұнайбергіштік әртүрлі факторларға байланысты деп көрсетеді – айдау кезінде қабатқа айдалған су мөлшері, осы айдалған мөлшердің қабаттың кеуектілік көлеміне қатынасы, қабаттан игерілген сұйықтық мөлшерінің қабаттың кеуектілік көлеміне қатынасы өнімнің сулануына және уақытқа байланысты. 1.23-суретте уақытқа t байланысты мұнайбергіштіктің өзгерісі көрсетілген. Егер t_c – қабатты игерудің аяқталу сәті болса, онда η_c – соңғы мұнайбергіштік. Мұнайбергіштікті айтқан кезде тек қана бір қабат, нысан, кен орынға қатысты ғана емес, сонымен қоса кен орын топтарының орташа мұнайбергіштігі, кейбір геологиялық кешен, мұнай игеру ауданы, ал ағымдағы мұнайбергіштік түсінігінің аясында – кен орны топтарындағы кешен, аудан немесе мемлекеттегі қабаттан игерілген мұнай қорының оның алғашқы геологиялық қорына қатынасы және соңғы мұнайбергіштік түсінігінің аясындағы игерудің соңында қабаттан игерілген мұнайдың оның геологиялық қорына қатынасын айтамыз.

Жалпы мұнайбергіштік көптеген факторларға байланысты. Әдетте, қабаттан мұнайды игеру механизмімен байланысты факторларды және қабатты игеруге толығымен қатыстыруын сипаттайтын факторларды бөліп айтады. Сондықтан мұнайбергіштікті келесідей туынды көрсетеді:

$$\eta = \eta_1 \eta_2, \quad (1.50)$$

мұнда, η_1 – қабаттан мұнайды ығыстыру коэффициенті; η_2 – игерудің қабатты қамту коэффициенті. Айтылғандарды ескеріп, есте сақтау керегі, ағымдағы мұнайбергіштік коэффициенті үшін ығыстыру – уақыт бойынша өзгертін шама. $\eta_1 \eta_2$ туындысы кен орынды игерудің барлық үдерісі үшін дұрыс. Ең алғашқы рет бұл түсінік айдауды қолданған игеру кезіндегі қабат

мұнайбергіштігін қарастырған кезде А.П. Крылов енгізген болатын. η_1 шамасы қабаттан игерілген мұнайдың игерілген қабат бөлігіндегі алғашқы мұнай қорына қатынасына тең. η_2 шамасы игеруге енгізілген мұнай қорының жалпы қабаттағы мұнайдың геологиялық қорына қатынасына тең.

Соңғы мұнайбергіштік тек қана кен орынды игеру технология мүмкіндіктерімен ғана емес, экономикалық шарттармен де анықталады. Егер кейбір технологиялар соңғы мұнайбергіштікті қазіргісінен жоғарылата алса да, ол экономикалық жағынан тиімсіз болуы мүмкін.

Мұнай кен орнын игеру үдерісі кезінде өндірілетін газ бұл шама кен орынды табиғи режимде игергенде немесе қабатқа әсер еткенде, қабаттық мұнайдағы газ құрамы, газдың қысымнан қанығу қысымына қозғалғыштығы, қабат қысымының қанығу қысымына қатынасы, кен орынды игеру жүйесіне байланысты. Қабатқа су айдау арқылы қабат қысымын қанығу қысымынан жоғары ұстап тұру үдерісінде, уақыт бойынша газ өндіруінің өзгеру қисығы мұнай өндіру қисығына ұқсас болады. Егер қабатты игеру су айдаусыз жүргізілсе, яғни орташа есеппелген қабат қысымы \bar{P} қанығу қысымынан $P_{\text{кан}}$ төмен болып, қабат қысымы төмендегенде қабаттың газды фазамен қанығуы айталықтай артады және газды өндіру күрт өседі.

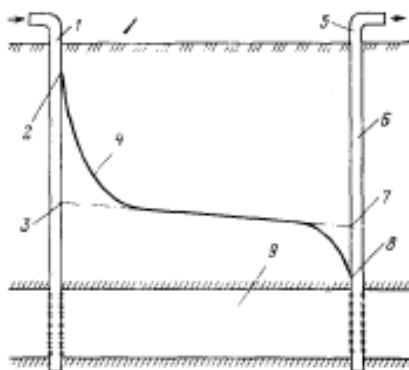
Ұңғымадан газ және мұнайды игеру сипаттамасына газды фактор түсінігі стандарттық жағдайға келтірілген, ұңғымадан алынатын газ көлемінің бірлік уақыттағы газсыздандырылған мұнай қорына қатынасы қолданылады. Орташа газды фактор түсінігін мұнай кен орнын игерудің жалпы технологиялық сипаттамасы ретінде қолдануға болады. Онда орташа газ факторы ағымдағы игерілетін газдың кен орындағы ағымдағы игерілетін мұнайға қатынасы.

Жер қойнауынан мұнай және газды шығарып алудың әртүрлі технологиялық үдерістерін іске асырғанда қабатқа әдетте, қарапайым су, химиялық реагент қоспасы бар су, ыстық су немесе бу, көмірсутек газы, ауа, көміртегі қос тотығы және басқа заттар айдалады. Осы заттардың шығыны кен орнын игеру үдерісінде өзгеруі мүмкін. Бұл заттар қабаттан мұнаймен қоса игерілуі мүмкін және олардың игеру темпі технологиялық көрсеткіштерге қатысты.

Қабаттағы қысымның таралуы кен орынды игеру үдерісінде қабаттағы қысым алғашқыға қарағанда өзгереді. Бұл кезде қабаттың жеке бөліктерінде ол әртүрлі болады. Осылай, айдау ұңғымаларының жанында қысым жоғары, ал өндіру ұңғымалары жанында төмен. Сондықтан қабат қысымы туралы айтқанда, әдетте, көлем немесе аудан бойынша есеппелген орташа қабат қысымы айтылады. Кен орнының ауданы бойынша орташа есеппелген қабат қысымы мынаған тең:

$$\bar{\rho} = \frac{1}{S} \iint_S \rho(x, y) dx dy \quad (1.51)$$

(1.42) тендеуде интеграл кен орнының S ауданы бойынша алынады.



1.34-сурет. Қабаттың сипат нүктелеріндегі және ұңғымадағы қысымның таралуы: 1 – айдау ұңғымасы; 2 – қысым, p_m ; 3 – қысым, p_m' ; 4 – қабат қысымының эпюрасы; 5 – қысым, p_y ; 6 – өндіру ұңғымасы; 7 – қысым p_y' ; 8 – қысым, p_y ; 9 – қабат

Кен орнын игеруді жобалағанда жалпы қабаттағы немесе игеру жүйе элементіндегі қысымның таралуын есептеп алған маңызды. Игеру көрсеткіші ретінде сонымен қоса игерілетін қабат нүктелеріне қатысты қысымдар – айдау ұңғыларының түбіндегі p_a , айдау сызығы немесе нұсқалардағы p_a' және өндірілетін ұңғымадағы p_c' қысымдарды қолданады (1.24-сурет). Сонымен қоса айдау және өндіру ұңғымаларындағы қысым айырмашылығы болып есептелетін қабат қысымы түсуін анықтау маңызды.

Өндіру ұңғымаларының сағасындағы қысым p_c қабаттан игерілетін мұнай, газ және суды ұңғыма сағасынан газды сепарация, сусыздандыру және мұнайды тұзсыздандыратын мұнай өндіріс қондырғыларына тасымалдау және жинауды қамтамасыз ету талаптарына байланысты беріледі.

Мұнай қабаттарының өткізгіштігі олардың біртексіздігіне байланысты кен орнының жеке аудандарында әртүрлі болады. Бұл айырмашылық ұңғыларды бұрғылау, олардың бекітілуі және игеру кезінде мұнай қабаттарын ашу шарттарына байланысты күрделінеді. Нәтижесінде кен орнында бұрғыланған жеке ұңғымалардың өнімділігі күрт өзгереді. Онда бірдей қысым төмендеуі $\Delta p_c = p_n - p_c$ және бірдей сағалық қысым кезінде өндіру ұңғымаларындағы шығымдар әртүрлі немесе бірдей ұңғыма шығымы әртүрлі түп қысым кезінде болуы мүмкін. Көрсетілген жағдайлар ұңғымаларда өндірілетін заттарды жер бетіне әртүрлі көтеру тәсілдерін қолдануға апарып соғады. Осылай, жоғары өнімділік (түп қысымы жоғары) және өнімнің аз сулану кезінде ұңғымалар фонтандалуы мүмкін, өнімділік аз кезінде түптен сұйықтықты көтеру үшін әртүрлі көтеру тәсілдерін қолдану керектігі туады. Өндіру ұңғымаларының өнімділік коэффициентінің таралуы және әртүрлі пайдалану әдістерін қолдану тиімділігін біле отырып, жер қойнауынан сұйықтықты көтеру бойынша кен орны ұңғымаларының мүмкін статикалық таралуын табуға болады.

Мұнай кен орындарын игеру үдерісін жобалау кезінде, ол қабат температурасының өзгеруіне байланысты жүргізіледі, қабаттағы температураның толық таралуын немесе игеру жүйесінің элементіндегі температураның таралуын есептеу керек. Айдау және өндіру ұңғымаларының түп маңындағы, сонымен қоса басқа игеріліп жатқан көрші қабаттардың температураларының өзгеруін болжау да маңызды.

Сипатталған негізгі игеру көрсеткіштерінен басқа жер қойнауынан мұнайды әртүрлі технологиялармен өндіру кезінде сол берілген технологияға тән ерекше көрсеткіштерді анықтау керек. Мысалы, қабаттағы мұнайды беттік белсенді заттектер болатын сулы ерітінділер, полимерлер немесе көміртегінің қос тотығы арқылы өндірген кезде, сорбцияны және соған байланысты қабаттағы реагенттердің қозғалу жылдамдығын болжау керек. Ылғалды қабат іші жануды қолданған кезде су-ауа қатынасын, қабаттағы жану фронты бойымен қозғалу жылдамдығын анықтау керек.

Ерекше айтатыны, жер қойнауынан мұнайды игерудің осы технологиясына тән барлық көрсеткіштер осы мұнай кен орнының игеру жүйесі кезінде бір-бірімен байланысты. Мысалы, өз еркімен қысымның төмендеуі, қабат қысымы, сұйықтықты өндіру және қабатқа айдалатын заттардың шығыны өз еркімен берілмейді. Бір көрсеткіштің өзгеруі басқа көрсеткіштің өзгеруіне апаруы мүмкін. Игеру көрсеткіштерінің байланысын мұнай кен орнын игеру моделінің есебінде ескеру және егер көрсеткіштердің біреуі берілсе, онда басқалары қайта есептелуі керек.

Бақылау сұрақтары:

- 1. Өндіру нысанының негізгі ерекшеліктері.*
- 2. Өндіру нысанының түрлері.*
- 3. Игеру нысандарын бөлуге әсер ететін факторлар.*
- 4. Игеру және өндіру нысаны дегеніміз не?*
- 5. Суландыру жүйесінің әсері.*
- 6. Қатарлы игеру жүйесі қалай жүзеге асырылады?*
- 7. Үшқатарлы және бесқатарлы жүйелерді атап өтіңіз.*
- 8. Ұңғымалардың аудандық орналасу жүйесі қалай жүзеге асады?*
- 9. Қабат режимдері нешеге бөлінеді және атап өтіңіз.*
- 10. Серпімді режимге қолайлы жағдай тудыратын геологиялық шарттарды атап шығыңыз.*

II тарау

МҰНАЙ КЕН ОРЫНДАРЫН ИГЕРУДІ МОДЕЛЬДЕУ

2.1 Игеру үдерістерінің және қабаттардың модельдері

Модель деп кең ғылыми мағынада реалды және ойша түрде құралған құрылымды айтады. Ол құрылым игеріліп жатқан объектіні толығымен ашып көрсетуі қажет. Модель атауы латын тілінен аударғанда «өлшем, үлгі» деген мағынаны береді. Модельдеу табиғатты және қоғамды танып білу әдістерінің бірі болып табылады, ол техникада кең қолданыс тапты және ғылыми-техникалық алға жылжудың маңызды сатысы саналады.

Мұнай кен орындарының модельдерін құру және олардың негізінде есептеулерді жүргізу – инженерлер мен зерттеуші-мұнайшылардың ең басты міндеті.

Мұнайлы, газды және газдыконденсатты кен орынның геологиялық-физикалық зерттеулер кен орны жайлы жалпы көріністерді ұсынады. Кен орнын игеру жөніндегі өзара байланысты мөлшерлі жүйе – оның игеруінің моделі, ол қабаттың және кен орнын игеру үдерісінің моделінен тұрады.

Қабаттың моделі – оның геологиялық-физикалық көріністері жайлы мөлшерлі ұсыныстарының жүйесі. Кен орындарды игеру үдерісінің моделі – мұнай мен газды жер қойнауынан шығару үдерісінің моделі.

Кен орнын игеру үдерісінің моделі – мұнайды жер қойнауынан шығару үдерісіндегі санды жүйесі. Мұнай кен орындарын игеру моделі кезінде қабат моделінің қандай да бір түрін қолдана беруге болады, ең бастысы қабаттың қасиеттерін анық көрсете білсе болды.

Қабат моделін оның геометриялық пішінін есептейтін сұлбасынан ажырата білу керек. Мысалы, қабат моделі қабыршақты-біртекті емес болады. Есептік сұлбада бірдей модельдегі қабаттар дөңгелек тәрізді және түзусызықты пішін ретінде болады.

Мұнай кен орындарының игеруі есебімен айналысып отырған инженердің ең басты мәселесі кен орынның геолого-геофизикалық зерттелуі нәтижесінде алынған модельдің есебін құру және ұнғымаларды гидродинамикалық зерттеу.

2.2 Қабат модельдерінің түрлері

Мұнай кен орындары табиғаттың объектілері ретінде әртүрлі қасиеттерге ие болады. Мұнай тек қана кеуекті жыныстарды ғана қанықтырып қоймай, микроскопиялық жарықшаларда, каверндерде, доломиттерде, әктастарда да бола алады.

Мұнай-газды құрамы бар жыныстардың ерекшеліктерінің бірі – бұл қабаттың әр аймақтарындағы коллекторлық қасиеттерінің әртүрлілігі

(кеуектілік, өткізгіштік). Мұны мұнай және газ коллекторларының жыныстарының қасиеттерінің өзгеріп тұруын қабаттың **ЛИТОЛОГИЯЛЫҚ БІРТЕКТІ ЕМЕСТІГІ** деп атайды.

Екінші мұнай және газ коллекторларының ерекшеліктері – оларда жарықшақтың болуы.

Кен орнын игеру кезінде жоғарыда айтылып отырған ерекшеліктер жер қойнауынан мұнайды жер бетіне шығару кезінде елеулі әсер береді.

Қабат модельдері детерминирленген және статикалық ықтималдылық болып екіге бөлінеді.

Детерминирленген модель дегеніміз – бұл қабат қасиеттерінің және фактілік құрылуының қалыптастыру моделі. Басқа сөзбен айтқанда, детерминирленген модель қабаттың ерекшеліктерінің есебі кезінде де қабаттың фотосуретіне ұқсас болу дегенді білдіреді.

Тәжірибелік түрде қабаттың детерминирленген моделін қолдану тез жұмыс істейтін есептеу техникасының жақсы дамуының және сәйкесінше математикалық әдістердің арқасында жүзеге аса бастады. Детерминирленген модельді қолданып, мұнай кен орындарын есептеу үдерісі кезінде қабаттың барлық ауданын және оның көлемін берілген есептің анықтылығына, игеру үдерісінің қиындығына және ЭЕМ байланысты белгілі жәшік санына бөледі.

Статикалық-ықтималдылық модельдері қабаттың қасиеттерін толығымен айқындай алмайды. Мұнай кен орындарын игеру теориясында және тәжірибеде кең қолданыс тапқан қабат моделінің түрлері:

1. *Біртексті қабаттың моделі.* Бұл модельде бір нүктеден екінші нүктеге өзгеріп отыратын мұнайлы қабаттың негізгі параметрлерін (кеуектілік пен өткізгіштік) орташа алып отырады. Біртекті емес статикалық-ықтималдылық мағынадағы қабаттың моделін, шынында біртектігі соншалықты үлкен емес қабаттар үшін қолданады.

2. *Қатпарлы қабаттың моделі.* Бұл модельде кеуектілік m_i мен өткізгіштіктен k_i тұратын құрылымдық қарастырылады. Сонда, қабаттың барлық қалыңдығынан h , кеуектілік шегінде Δm_i және өткізгіштік шегінде Δk_i қосылып Δh_i бөлшегін құрайды.

3. *Жарықшақты қабаттың моделі.* Егер мұнай қабатта жарықшақтарда жиналатын болса, онда мұндай қабаттың моделі b^* ені b тесіктерімен бөлінген, шегі L -ге тең болатын I^* өткізілмейтін кубтардың жиынтығынан тұруы мүмкін. Бұл жағдайда шынайы қабатта әртүрлі өлшемдегі және әртүрлі пішінде болатын, сондай-ақ ені әртүрлі жарықшақтардан тұратын, жыныс қапталысының бар болуы әбден мүмкін.

4. *Жарықшақты кеуекті қабаттың моделі.* Осы модельге сәйкес келетін шынайы қабаттарда, жарықшақтарда кездесетіндей, кеуектілік пен өткізгіштік қапталдарында болатын мұнайдың өндірістік қоры болады.

Жоғарыда айтылып өткен барлық модельдердің түрлері (біртекті, қатпарлы, жарықшақты және жарықшақты-кеуекті қабат) статикалық-ықтималдылыққа жатады. Егер де шынайы қабат, шынында біртекті

болатын болса, сәйкесінше біртекті қабаттың моделі детерминирленген деп санауға болады. Бірақ табиғатта шынайы біртекті қабаттар өте сирек кездеседі.

2.3 Қабыршақты-біртекті қабаттың моделін құрастыру

Бұл модель, жалпы алғанда қабаттың адресті моделін құрастырғанда қолданылатын жұмыстардың қолданылуына негізделген.

Қабаттың бөлек қабатшаларының қасиеттерін оқып үйренгеннен кейін келесі әрекеттер іске асады.

1. Абсолютті өткізгіштігі Δk_i шегінде болатын бөлек қабатшалардың Δh_i қалыңдығын көрсететін кестені толтырады.

2. Көрсетілген кестедегі мәліметтерден барлық зерттелген қабатшалардың жалпы қалыңдығын табады: $h = \sum \Delta h_i$.

3. Өткізгіштігі k_i немесе салыстырмалы аз диапазонда өзгертін Δk_i өткізгіш барлық қабатшалардың жалпы қалыңдықтағы $\sum_{i=1}^n \Delta h_i$ өз үлестерін анықтайды. Мынадай түрде өткізгіштіктің гистограммасын құрады:

$$\Delta h_i/h = f(k_i)\Delta k_i \quad (2.1)$$

4. Гистограмманы таралудың салыстырмалы-статикалық тығыздығы ретінде қабылдайды және оған сәйкес аналитикалық тәуелділікті таңдайды.

Кәсіпшілік мәліметтерден таралу графигі түрінде құрастырылған, аналитикалық аппроксимацияланатын гистограммалардың көрсетілу қажеттілігі мынаған байланысты: біріншіден, әртүрлі қабатқа өзіндік таралудың статистикалық-салыстырмалы тығыздығы сәйкес келеді. Мысалы, зерттеліп отырған қабаттың қандай да бір белгілі типке жататынын біле отырып, бірнеше нүктемен-ақ өткізгіштіктің таралу тығыздығының графигін тұрғызуға болады. Әсіресе, зерттеудің алғашқы кезеңінде қабат параметрлерінің нақты өлшемдері жеткіліксіз болғанда да қабат моделін жасау үрдісін жылдамдатады.

Екіншіден, қабат параметрлері таралуының тығыздығын аналитикалық көрсету жер астынан мұнайды алу үрдісінің салыстырмалы қарапайым модельдерін қолданғанда, қабатты игеру көрсеткіштерін аналитикалық анықтауға мүмкіндік береді.

Сонымен қатар кәсіпшілік параметрлердің таралуының тығыздығын аналитикалық түрде көрсету қабатты жақсы сипаттау үшін маңызды математикалық-салыстырмалылық теориясы көріністерін қолдануға мүмкіндік береді.

5. Қабатты игерудің моделіне қабыршақты біртекті қабат моделінің салыстырмалы-статикалық сипаттамаларын енгізеді және жер астынан мұнайды игерудің алынған көрсеткіштерін қабатты алғашқы игерудің фактілік (нақты) көрсеткіштерімен салыстырады. Игерудің теориялық және

фактілік мәліметтері сай келмеген жағдайда, салыстырмалы-статикалық сипаттамаларды қабатты игерудің фактілік және теориялық көрсеткіштері сәйкес болғанға дейін өзгертеді, яғни қабат моделін фактілік игеру үдерісіне бейімдейді.

2.4 Жарықшақты және жарықшақты-кеуекті қабаттар моделін құрастыру

Қабаттарда болатын жарықтардың оның игеру үрдісіне айтарлықтай әсер етуі бірқатар факторлармен дәлелденеді. Олардың негізгілерінің біріне индикаторлық қисықтар немесе қысымның қалпына келу қисықтарымен анықталған қабаттың фактілік өткізгіштігі мен өнімді қабатты бұрғылау кезінде алынған тау жынысы үлгілері өткізгіштігінің сәйкес келмеуін жатқызады. Егер қабаттың фактілік өткізгіштігі қабаттан алынған тау жынысы үлгісінің өткізгіштігінен жоғары болса, онда өткізгіштіктің жоғарылауының негізгі себебі қабатта жарықшақтардың болуынан деп санайды. Алайда, бұл жерде зерттеліп отырған қабат тау жыныс үлгілерімен қаншалықты толық таныстырылғандығына назар аударған жөн, себебі тау жынысы үлгілері өткізгіштігі айтарлықтай жоғары қабатшалардан алынбаған болуы мүмкін. Қабаттың жарықшақтығы қабатты құрайтын жыныстардың өзі жеткілікті мөлшерде өткізгіш болғанда, яғни, жалпы алғанда қабат жарықшақты-кеуекті болғанда маңызды рөл атқарады. Жарықшақты және жарықшақты-кеуекті қабаттағы біртекті сұйықтың орнатылған ағысын сипаттау үшін кәсіпшілік зерттеулер негізінде анықталған қабат өткізгіштігін және оның тиімді қалыңдығын білу жеткілікті. Бұл кезде қабат моделін оңай құрастырады. Бірақ жарықшақты қабатта біртекті сұйықтың орнатылмаған ағысы кезінде жарықтар деформациясын сипаттайтын параметрлерді білу қажет, ал жарықшақты-кеуекті қабаттар үшін жыныс блогының орташа өлшемін немесе жарықтардың жиілігін білу керек. Осы параметрлерді қабаттан мұнайды әртүрлі агенттермен ығыстыру үрдісін есептеуде ескереді. Жарықтардың жиілігі – жарықты және жарықшақты-кеуекті қабаттардың анықталу параметрі қиын. Оны анықтау үшін ұңғыма қимасының кәсіпшілік-геофизикалық зерттеулер (электрлік, ядролық және температуралық өлшеулер), тереңдік дебитометрлеу және суретке түсіру мәліметтері қолданылады.

Ұңғыманы зерттеу кезінде, мысалы, тереңдік шығым өлшегішпен, сұйықтың шығымы бірден жоғарылайтын жердегі өнімді қабат қимасындағы белгілеулер саны ұңғымаға қарай сұйық ағыны жүретін ашық жарықтар санына тең деп есептейді. Шығымның бірден жоғарлаған «жағдайлар санын», зерттелген өнімді қабаттың жалпы қалыңдығына бөле отырып, жарықшалардың орташа жиілігін бағалауға болады.

Жарықшақты және жарықшақты-кеуекті қабаттың моделін тұрғызғанда кен орынды игерудің алғашқы сатысындағы мәліметтер қолданылады.

2.5 Біртекті қабаттың моделін құрастыру

Біртекті қабаттың моделінің негізгі параметрлері – кеуектілік, абсолютті өткізгіштік және эффективті қалыңдық. Осы параметрлерді анықтау үшін ұңғымаларда қабатты кәсіпшілік-геофизикалық зерттеулер жүргізіледі (мұнай қаныққан жыныстардың көрінерлік электрлік кедергісін, өздік поляризация потенциалын, тау жыныстың акустикалық және ядролық параметрлерін, қабат температурасын, т.б. анықтау). Сонымен бір кезекте осы ұңғымаларда өнімді қабаттан алынған керндерде кеуектілікті және абсолютті өткізгіштікті, сонымен қатар өткізгіштіктің төменгі шегін, яғни бөлек қабатшалардың өткізгіштігін анықтайды. Олар арқылы мұнайдың кәсіпшілік ағымын алу мүмкін емес немесе қолданылып отырған қабатты игеру технологиясымен мұнайды кәсіпшілік масштабта алу мүлдем мүмкін болмайды. Одан әрі кеуектілік пен абсолютті өткізгіштікті зертханалық өлшеу мәліметтері және кәсіпшілік-геофизикалық параметрлер байланыстырады. Егер осы байланыс нақтыланса, онда алдағы уақыттарда кеуектілікті және абсолютті өткізгіштікті тек қана кәсіпшілік-геофизикалық өлшеулер мәліметтері негізінде анықтайды, алынған нәтижелер арқылы ұңғымалардағы мұнайқанығу қалыңдығын орнатады. Қабаттың жалпы мұнайқанығу қалыңдығынан өткізгіштігі төмен өткізгіштік шегіне тең немесе кем қабат қалыңдығының бөлігін алып тастайды, осылайша қабаттың эффективті қалыңдығын алады.

Жеке ұңғымаларда анықталған кеуектіліктің, абсолютті өткізгіштіктің және эффективті қалыңдықтың мәліметтері арқылы, жалпы қабат үшін осылардың орташа мәндерін есептейді. Біртекті қабат үшін салыстырмалы өткізгіштікті ерекше үлгімен орнатады. Бұл жерде салыстырмалы өткізгіштікті модифицирлеу қолданылады.

2.6 Игеру үдерісін модельдеу

Мұнай кен орындарын игерудің әрбір жаңа үдерісінің ғылыми негізделген қолданылуы оны зертханалық жағдайда тәжірибелік зерттеуден бастайды. Мұнайды және газды жер қойнауынан алудағы барлық үдерістер бастапқыда зертханалық зерттеулерде оқып-үйренілген. Қазір тәжірибеде кең қолданыс тапқан мұнайлы қабатқа әсер ету су айдау тәсілі (сумен бастыру) де осы сатыдан өткен. Зертханалық зерттеулерден кейін үдерістің бірінші кәсіпшілік сынақтары жүреді. Бұл кезеңде технологиялық үдерістердің дамуы, олардың сандық құрастырылуы, яғни модельді құру үлкен қажеттілікке айналады.

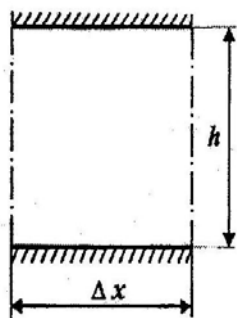
Модельдеудің орталық сатысы – мұнай кен орнын игеру үдерісіне сәйкес құрамына дифференциалды теңдеулер, бастапқы және шекаралы

шарттары кіретін математикалық есептерді қойып шығу. Модельдер негізінде есептеу жұмыстарын есептеу әдістемелері деп атайды.

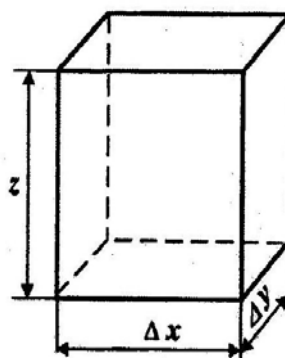
Мұнай кен орындарын игеру үдерісін сипаттайтын дифференциалды теңдеулер екі іргелі табиғат заңдарын – заттың сақталу және энергияның сақталу заңы, сонымен қатар физикалық, физикалық-химиялық, химиялық заңдар және фильтрацияның арнайы заңдарын қолдануға негізделген.

Дифференциалды теңдеулер мұнай мен газды жер қойнауынан алудың сәйкес технологияларында қарастырылады. Бұл жерде тек қана іргелі заңдардың қолданылуын, сонымен қатар мұнай кен орындарын игеру үдерісін модельдеу кезінде белгілі бір сатысындағы фильтрация заңдарының қолданылуын қарастырамыз.

Кен орындарды игеру үдерісі модельдерінде заттың сақталу заңын зат массасының ажырамастығының дифференциалдық теңдеуі немесе толық қабаттағы заттардың материалдық балансын көрсететін теңдеулер түрінде жазады. Соңғы жағдайда заттың сақталу заңын кен орнын игеру үдерісінің мәліметтерін есептеу үшін тікелей қолданады, ал оған сәйкес келетін есептеу әдісі материалды баланс әдісі деп аталады.



2.1-сурет. Түзу сызықты қабаттың элементарлы көлемінің сызбасы



2.2-сурет. Үшөлшемді жағдайда қабаттың элементарлы көлемінің сызбасы

Бастапқыда қабаттағы сұйықтың бірқалыпты түзу сызықты қозғалысы кезіндегі зат массасының ажырамастығының теңдеуін шығарамыз.

Ұзындығы Δx , қалыңдығы h және ені b , жазықтыққа перпендикуляр бағытта өлшенетін, қабат кеуектілігі m , қабат элементіндегі тығыздығы ρ зат массасы ΔM төмендегі теңдеуді құрайды:

$$\Delta M = \rho m h b \Delta x. \quad (2.2)$$

Егер қабат элементінің сол жақ шегі арқылы $\rho V x$ массалық жылдамдықпен зат келеді деп есептесек, элементтен $\rho v_x + \frac{\partial \rho v_x}{\partial x} \Delta x$, массалық

жылдамдықпен ығысады, ал Δt аралығында жиналған оның көлемі $\delta \Delta M$ болады, онда элементке кірген зат одан шыққан зат мөлшерінен көп екенін ескере отырып, мынаны аламыз:

$$\rho V_x h b \Delta x \Delta t - \left(\rho V_x - \frac{\partial \rho V_x}{\partial x} \right) h b \Delta x \Delta t = \delta \Delta M = \Delta(\rho m) h b \Delta x. \quad (2.3)$$

(2.3) теңдеуден мынаны аламыз:

$$\frac{\partial(\rho V_x)}{\partial x} + \frac{\Delta(\rho m)}{\Delta t} = 0 \quad (2.4)$$

$\Delta t \rightarrow 0$ болғанда,

$$\frac{\partial(\rho V_x)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho m)}{\partial t} = 0 \quad (2.5)$$

(2.5) теңдеу қабатты қанықтырып тұрған сұйықтың бірқалыпты түзу сызықты қозғалысы кезіндегі ондағы зат массасының ажырамастығының теңдеуі. Мұндай теңдеуді үшөлшемді жағдайда алу үшін масса балансын қабаттың көлемдік элементінде қарастыру қажет: $\Delta V = \Delta x \Delta y \Delta z$ (2.3-сурет). Кубқа келіп түскен және одан ығысып шыққан заттың массалық жылдамдығын, сонымен бірге оның кубқа жиналған көлемін қарастыра отырып, мынаны аламыз:

$$\frac{\partial(\rho V_x)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho V_y)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho V_z)}{\partial z} + \frac{\partial(\rho m)}{\partial t} = 0. \quad (2.6)$$

(2.6) теңдеуін:

$$\operatorname{div}(\rho v) + \frac{\partial(\rho m)}{\partial t} = 0 \quad (2.7)$$

жалпы түрінде де жазуға болады.

(2.6), (2.7) теңдеулер – заттың үшөлшемді кеңістікте қозғалысы кезінде зат массасының ажырамастығының теңдеулері. Егер қабатта бір уақытта газ фазасындағы, сонымен қатар сұйық фазадағы бірнеше зат қозғалыста болса, онда масса ажырамастығының теңдеуін әрбір зат (компонент) үшін сәйкес фазаларда құрады.

Мұнай кен орындарын игерудің модельдерінде энергияның сақталу заңын қабаттағы қозғалыстағы зат энергиясының сақталуының дифференциалдық теңдеуі түрінде қолданады. Қабаттағы масса бірлігінің толық

энергиясы E_{II} масса бірлігіне келтірілген қабат жынысының және оны қанықтыратын заттың u_{II} , меншікті потенциалдан z және қабатта ω жылдамдықпен қозғалатын заттың кинетикалық энергиясынан тұрады. Сондықтан:

$$E_{II} = u_{II} + z + \omega^2 / (2g) \quad (2.8)$$

Энергия сақталу заңынан немесе нақтырақ айтсақ, термодинамиканың бірінші бастамасынан мынаны алуға болады, қабат энергиясының E_{II} өзгеруінің меншікті жұмысқа δ^W қосындысы қабатқа келген жылу мөлшері δQ_T мен жылудың механикалық эквивалентінің A көбейтіндісіне тең, яғни:

$$\Delta E_{II} + \sigma W = A \delta Q_T \quad (2.9)$$

немесе (2.8) теңдеуді ескеріп,

$$\Delta \left(u_{II} + z + \frac{\omega^2}{2g} \right) + \delta W = A \delta Q_T \quad (2.10)$$

(2.10)-ға кіретін мөлшерлерге сандық бағамдама берейік. Қабаттың меншікті ішкі энергиясы u_{II} , онда химиялық немесе ядролық зат алмасулар болмағанда, қабат массасының бірлігіндегі өзіндік жылулық энергияны білдіреді, сондықтан:

$$\Delta u_{II} = A c \Delta T \quad (2.11)$$

мұнда, c – қабаттың меншікті жылу сыйымдылығы; T – температура. Кеукті қабат сумен қаныққан шығын болсақ, онда $c = c_T = (1-m) + c_{cy}m$ – қабат жынысының меншікті жылу сыйымдылығы; c_{cy} – судың меншікті жылусыйымдылығы; m – кеуктілік.

Қабаттардағы меншікті потенциалды энергия z қабаттағы заттардың қозғалыс деңгейінің өзгеруіне сәйкес өзгеруі мүмкін. Әдетте, бұл өзгеріс ондаған, кейде жүздеген метр болады.

Меншікті кинетикалық энергияның мүмкін болатын өзгеруін бағалайық. Қабатты қанықтыратын заттардың қозғалыс жылдамдығы W айтарлықтай шектерде 0-ден $10 \text{ м/тәу} = 3650 \text{ м/жыл} = 1,16 \cdot 10^{-4} \text{ м/с}$ -қа дейін өзгереді. Қабаттың меншікті потенциалды және кинетикалық энергияларын оның меншікті ішкі энергиясымен салыстырғанда, мынаны ескеру қажет: жоғарыдағы анықталған қабаттың меншікті ішкі энергиясы жалпы, яғни тау жынысы оны қанықтыратын зат үшін есептелген.

Меншікті потенциалды және меншікті кинетикалық энергия тек қана қабатты қанықтыратын затқа қатысты болады. Сондықтан жоғарыдағы салыстырудың мақсатымен:

$$\varepsilon = \frac{\rho_B m}{\rho_B m + \rho_T (1-m)} \quad (2.12)$$

коэффициентін енгізу қажет.

Мұндағы, ρ_T – тау жынысының тығыздығы; ρ_B – қабатты қанықтыратын заттың тығыздығы және меншікті ішкі энергиядан басқа барлық меншікті энергияларды ε -ға көбейтеміз.

Мұнай кен орындарының моделі негізі алгебралық, дифференциалды, интегралды теңдеу немесе қатынас болып математикалық жүйе түрінде беріледі. Құрастырылып қойған кен орынды игеру моделінің есебін жүргізу үшін, алдымен математикалық есептеулерін шешіп алу қажет. Осы есептерді шығарған соң ғана, есептің өзін санды түрде шешуге болады.

2.6.1 Жақындатылған әдіс

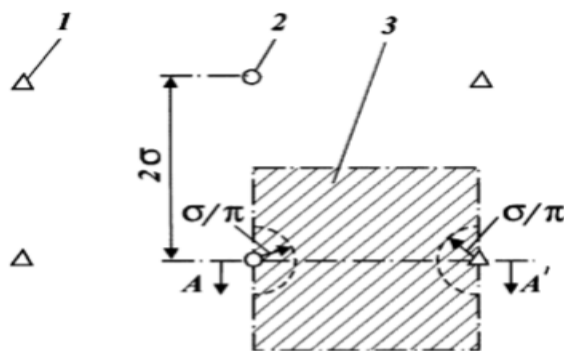
Мұнай кен орындарын игеру теориясында жақындатылған әдістердің есептерінен Ю.П. Борисовтың эквивалентті фильтрациялық кедергі әдісі және Г.И. Баренблаттың интегралдық қатынастар әдісі көбірек таратылған.

Бірінші көрсетілген әдіс ұңғымалармен бірге жазық қабатты сұйықтың тұрақталған ағыны кезінде, ал екінші әдіс тұрақталмаған газ ағының және диффузия есептерінде, жылуөткізгіштік және конвекцияларда, серпімді режим кезіндегі сұйық қысымының есептерінде қолданылады. Интегралдық әдіс тек қана бірқалыпты шешімде игеріледі.

Бірінші эквивалентті фильтрациялық кедергі әдісін қарастырамыз. Бұл әдістің әділдігін біз сұйықтың шексіз ұңғыма тізіміне мысал ретінде қарастырамыз (2.34) келесі түрде жазсак:

$$p_k - p_c = \frac{q\mu \left(L + \frac{\sigma}{\pi} \ln \frac{\sigma}{\pi r_c} \right)}{2\sigma k_h} = q \left(\frac{\mu L}{2\sigma k_h} + \frac{\mu \ln \frac{\sigma}{\pi r_c}}{2\pi k_h} \right). \quad (2.13)$$

(2.13) теңдеуден бірінші жақтағы жақшаның ішінде орналасқан 0-ден 1-ге дейінгі аралықта 2σ енді жолақтағы сұйықтың фильтрациялық қозғалысын анықтаймыз, екіншіден, фильтрациялы сұйықтың радиалды қозғалысы кезіндегі қарсылық. Б.П.Борисов фильтрациялық қарсылықты сыртқы және ішкі деп ұсынды. Жазық фильтрацияны эквивалентті сыртқы және ішкі деп бөлуге болады.



2.3-сурет. Ұңғыманың орналасуы

Эквивалентті фильтрациялы қарсылық әдісі тәжірибеде жеткілікті тура шығымды және қабат қысымын есептеуге мүмкіндік береді.

Бірқатарлы жүйеде игерілген сұлбада ұңғыманың орналасу жүйесін қарастырамыз. h қалыңдықта қабаттан мұнайды сумен поршеньді ығыстыру жүргізіледі.

Қабат жағдайындағы μ_m мұнайдың тұтқырлығы, ал μ_{cy} судың тұтқырлығы. Қабаттың абсолютті k өткізгіштігі, k_m және k_{cy} мұнай және судың өткізгіштігі. Ұңғыма радиусы r_c , уақыт сәтіндегі $t=t_1$ мұнайды ығыстыру үдерісіндегі су, айдау ұңғымаларынан σ/π арақашықтығына дейін жетті. Сондай-ақ айдау ұңғымалары мен өндіру ұңғымаларының арақашықтығы тең болып келеді. Бір өндіру ұңғымасының шығымы, бір айдау ұңғымасының шығынына тең келіп q -ды құрайды. Айдау ұңғымасымен өндіру ұңғымасының арасындағы қысымның ауытқуын анықтау қажет.

Қабаттың бір элементіндегі ағынды қарастырайық, ені $d=2\sigma$ делік, айдау ұңғымасынан қысымның арақашықтығын $r_k=\sigma/\pi$, p'_m арқылы белгілейік.

Қысымды анықтау үшін (айдау) ұңғыманың арақашықтығы $r_k = \sigma/\pi$ арқылы. Есептің шартына және Дюпюи теңдеуіне сәйкес төмендегі қатынасты аламыз:

$$q = \frac{2\pi k k_{cy} h (p_m - p'_m)}{\mu_{cy} \ln \frac{\sigma}{\pi r_{nc}}} \quad (2.14)$$

Эквивалентті фильтрациялық кедергі әдісіне сәйкес қарастырылып отырған элементтегі ағын үш түрден жинақталады, олар: айдау ұңғымасынан радиалға (су ағыны) дейін, r_{nc} радиусынан нұсқа радиусына σ/π дейін, тік сызықты (мұнай ағыны) галереядан $x=0$, бұл жерде p'_m , $x=1$ галереясына дейін, p_c^1 қысым және радиалды нұсқа радиусынан σ/π , бұл

жерде қысым тағы да p'_c -ға тең, r_c радиусымен өндіру ұңғымасына дейін. Тіксызықты симметрия ағыны $q/2$ шығынымен болатындығын ескере отырып (айдау ұңғымасынан сұйық оңға және солға $q/2$ шығыны болып жатыр), біз мына теңдеуді аламыз:

$$\frac{q}{2} = \frac{2\sigma k k_m h (p'_m - p'_c)}{\mu_m l}. \quad (2.15)$$

Өндіру ұңғымасының шығымы үшін:

$$q = \frac{2\pi k k_m h (p'_c - p_c)}{\mu_m \ln \frac{\sigma}{\pi r_c}} \quad (2.16)$$

теңдеуін аламыз.

Жоғарыда келтірілген теңдеулерді қысымның ауытқуына қатынасы ретінде жазып шығайық:

$$p_m - p'_m = \frac{q \mu_{cy} \ln \frac{\sigma}{\pi r_{nc}}}{2\pi k k_{cy} h}$$

$$p'_m - p'_c = \frac{q \mu_m l}{4\sigma k k_m h}$$

$$p'_c - p_c = \frac{q \mu_m \ln \frac{\sigma}{\pi r_c}}{2\pi k k_{cy} h}. \quad (2.17)$$

Осы теңдеулерді қосып, нәтижесінде талап етіп отырған жауапты аламыз:

$$p_m - p_c = \frac{q}{2kh} \left(\frac{\mu_{cy} \ln \frac{\sigma}{\pi r_{nc}}}{\pi k_{cy} h} + \frac{\mu_m l}{2\sigma k_m} + \frac{\mu_m \ln \frac{\sigma}{\pi r_c}}{\pi k_m} \right). \quad (2.18)$$

Әрі қарай температураның бөлінуі дифференциалдық теңдеуді қанағаттандырады деп, ал интегралдық қатынастарды, яғни теңдеудің оң және сол жағын p дәрежесіндегі координатқа көбейту керек және оларды

интегралдаудан шығады деп қарастырамыз. Жуықтау әдісін қолданған кезде жылуөткізгіштік жағдайда температураның шамасының өзгеруі немесе қысым қатты жағдайда тез таралмайды, белгіленген «наразылық» ауданында тұрады деп алады. Қарастырып отырған есеп үшін интегралдық қатынас:

$$\chi_T \int_{l_1(t)}^{l_2(t)} x^n \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} dx = \int_{l_1(t)}^{l_2(t)} x^n \frac{\partial T}{\partial t} dx \quad (2.19)$$

түрінде болады.

Бұл жерде n нөлден басталатын қарапайым бүтін сан. Бірінші жуық мәнді табу үшін $n=0$ деп алайық, бұдан:

$$\frac{T - T_0}{T_1 - T_0} = A_0 + A_1 \frac{x}{l(t)} + A_2 \frac{x^2}{l^2(t)}. \quad (2.20)$$

Шектік және бастапқы шарттарды орындап, бұл есептің жуық шешімі кезінде басқаша болады, өзінің нақты шешіміне қарағанда, яғни:

$$\begin{aligned} T = T_0 \text{ кезінде } x &= l(t) \\ T = T_1 \text{ кезінде } x &= 0 \end{aligned} \quad (2.21)$$

және $l(0) = 0$ деген шарт әрқашан орындалуы тиіс. Есепті жуықтау әдісімен есептеген кезде қосымша шарттарды да орындау керек.

$$-\frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{x=l(t)} = 0 \quad (2.22)$$

Келтірілген шарттарды орындап, мынаны аламыз:

$$A_0 = T_1 - T_0 = \Delta T_1; \quad A_1 = -2\Delta T_1; \quad A_2 = \Delta T_1.$$

Бұдан:

$$T - T_0 = \Delta T_1 \left[1 - 2 \frac{x}{l(t)} + \frac{x^2}{l^2(t)} \right]. \quad (2.23)$$

$l(t)$ -ны анықтау үшін (2.23)-ді (2.19)-ға $n=0$, есептеп, $l_1(t)=0$ деп алып қоямыз. Бұдан мына теңдеуді аламыз: $6\chi_T dt = l dl$.

Бұдан:

$$1 = 2\sqrt{3\chi_T t}. \quad (2.24)$$

Осылай есеп шешіледі.

$x=0$ кезінде денені жылжыту жылдамдығын анықтайық:

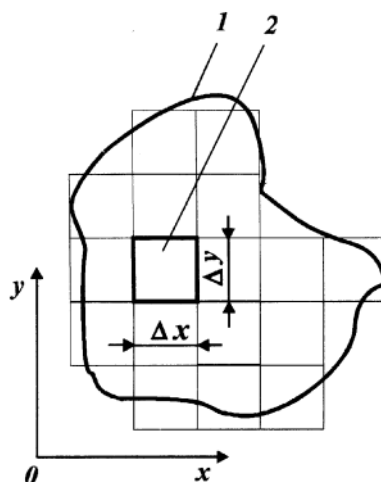
$$\mathcal{Q}_T \Big|_{x=0} = -\lambda_T \frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{x=0} = \frac{\lambda_T \Delta T_l}{\sqrt{3x_T t}}. \quad (2.25)$$

2.6.2 Сандық әдіс

Шынайы мұнай кен орындарын заманауи игеру есептерінде көбінесе, шектік-эртүрлі әдіс қолданылады. Бұл әдісті қолдану кезінде мұнай кен орындарын игеру үдерістерін сипаттайтын дифференциалдық теңдеу шектік-эртүрлі түрінде көрсетіледі. Шектік-эртүрлі теңдеуді тез әсер ететін электрлі есептеуіш машина арқылы есептейді. Мұнай кен орындарын игеру есептерінің нақты жауабы тек біртекті жағдайларда анықталады (түзу сызықты және радиалды ағыс). Қажетті жағдайда қабаттың игеру үдерісін есептегенде оның күрделі геометриялық пішінін ескеріп, нақты және жуық шешімді табу мүмкін емес. Мұндай жағдайда есепті сандық әдісті қолдану арқылы есептеуге болады. Мысалы, қысымның қайта бөлінуін күрделі конфигурациялы ауданда (2.7-сурет) қатты режимде есептеу қажет. Бұл екітекті жағдайда қатты режим теңдеуі:

$$\chi \left(\frac{\partial^2 p}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 p}{\partial y^2} \right) = \frac{\partial p}{\partial t} \quad (2.26)$$

түрінде көрсетіледі.



2.4-сурет. Күрделі конфигурациялы аймақты шектік-эртүрлі ұяшықтарға бөлу сызбасы. 1 – аймақ контуры; 2 – ұяшық А

Мұнай ағысының ауданын тегіс қабатта Δx , Δy және h тиесінше осінде x, y және z өлшемді көптеген ұяшықтарға бөледі. А ұяшығын қарастырайық, бұл шексіз қысым кезінде ($\Delta x \rightarrow 0, \Delta y \rightarrow 0$) А нүктесіне ол айналады. Бұл ұяшықта қысым P деп санаймыз.

(2.26) теңдеуін ауыстыру кезінде:

$$\frac{\partial p}{\partial x} \rightarrow \frac{P_{i+1,j} - P_{ij}}{\Delta x}$$

$$\frac{\partial^2 p}{\partial x^2} \rightarrow \frac{1}{\Delta x} \left(\frac{P_{i+1,j} - P_{ij}}{\Delta x} - \frac{P_{ij} - P_{i-1,j}}{\Delta x} \right)$$

$$\frac{\partial^2 p}{\partial y^2} \rightarrow \frac{1}{\Delta y} \left(\frac{P_{i+1,j} - P_{ij}}{\Delta y} - \frac{P_{ij} - P_{i-1,j}}{\Delta y} \right) \quad (2.27)$$

(2.26) теңдеуін (2.27) теңдеуіне қойып, мынаны аламыз:

$$\chi \left[\frac{1}{\Delta x} \left(\frac{P_{i+1,j} - P_{ij}}{\Delta x} - \frac{P_{ij} - P_{i-1,j}}{\Delta x} \right) + \frac{1}{\Delta y} \left(\frac{P_{i,j+1} - P_{ij}}{\Delta y} - \frac{P_{ij} - P_{i,j-1}}{\Delta y} \right) \right] = \frac{P_{i,j}^{k+1} - P_{i,j}^k}{\Delta t} \quad (2.28)$$

Мұнда, $P_{i,j}^k$ А ұяшығында t уақыттағы қысым; $P_{i,j}^{k+1}$ – осы ұяшықтағы $t + \Delta t$ уақытындағы қысым.

Шектік және бастапқы шарттар сандық әдіспен есепті шешу кезінде оны сәйкесінше шектік-әртүрлі түрге келтіреді. (2.28) алгебралық теңдеу болып табылады. Осылайша, шектік-әртүрлі әдісін қолданған кезде дифференциалдық теңдеудің орнына алгебралық теңдеуді шешеді.

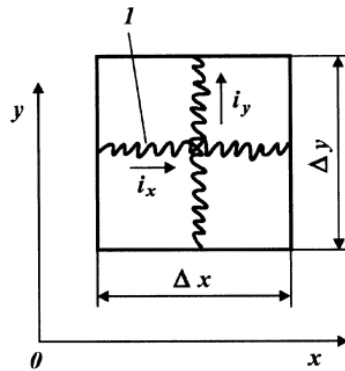
2.6.3 Аналогиялық әдіс

Бірнеше үлкейтілген түрдегі А ұяшығын қарастырайық. 2.7-суретті қараңыз. Электрогидродинамикалық аналогқа сәйкес (ЕГДА) фильтрациялық кедергіні электрлікпен ауыстыруға болады, бұл 2.8-суретте көрсетілген. Ом заңына сәйкес ток күші i_x және i_y x және y бағытында мынаны көрсетеді:

$$i_x = -\frac{S}{p} \frac{\Delta U}{\Delta x}; \quad i_y = -\frac{S}{p} \frac{\Delta U}{\Delta y}; \quad (2.29)$$

Мұнда, S – электртасымалдауыштың көлденең ауданы, p – меншікті электр кедергісі; ΔU – электр қуатының тартылысы. (2.29) теңдеуін Дарси заңымен салыстырайық, шектік-әртүрлі формасында көрсетілген. Содан:

$$q_x = -\frac{k}{\mu} \frac{\Delta p}{\Delta x}; \quad q_y = -\frac{k}{\mu} \frac{\Delta p}{\Delta y}; \quad (2.30)$$



2.5-сурет. Ұяшық А: 1-электр кедергілері

Егер де сұйық қысымын электр қуатымен, фильтрация жылдамдығын – электр тогының күшімен, ал k/μ мен S/p ауыстырсақ, онда (2.29) және (2.30) теңдеулері сәйкес келеді, Көрсетілген өзара ауыстырылатын өлшемдер бір-бірінің аналогы. Осылай, ток күші – фильтрация жылдамдығының аналогы, электр қуаты U – қысымның аналогы, электр өткізгіштік фильтрациялық өткізгіштіктің аналогы – S/p .

Серпінді режим жағдайы кезінде β қабаты сығылуының аналогы электрлік сыйымдылық C болып табылады. Бұдан алатынымыз:

$$p = \bar{a}U; \quad \frac{k}{\mu} = \bar{b} \frac{S}{p}; \quad \beta = \bar{c}C; \quad (2.31)$$

Мұнда, a, b, c – пропорционалдық коэффициенті. (2.31) теңдеуін серпінді режим теңдеуіне қойып, мынаны аламыз:

$$\frac{\bar{b}\bar{c}S}{pC} \left(\frac{\partial^2 U}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial y^2} \right) = \frac{\partial U}{\partial t}. \quad (2.32)$$

(2.32) теңдеуімен сипатталатын үдерістерді арнайы қондырғыларда модельдеуге болады, оларды электроинтегралдар деп атап, әрбір ұяшыққа сәйкесінше кедергісін және электр сыйымдылығын (2.31) теңдеуі бойынша электр параметрлерін қайта есептейміз, сәйкес фильтрациялық параметрлерге экспериментті түрде электроинтеграторда анықтаймыз.

2.6.4 Модификацияланған қатынастық өткізгіштің қабат моделі

Қатынастық өткізгіштер – маңызды сипаттамалар, мұнайдың, судың, газдың қабатаралық ағысын анықтайтын және бұдан ағатын өнімнің қоршалғандығын және қабаттың соңғы мұнай бергіштігін сипаттайды.

Қатыстық өткізгіштің бастапқы өлшемдерін зертханалық қондырғыларда сәйкес флюиттерді қабат үлгілерін фильтрациялау арқылы анықтайды. Бірақ бұл қатынастық өткізгіштіктің өлшемдері бұрғыланған қабат үлгілерінен жасалады, бұлардың, әрине өлшемдері кіші. Осылай, цилиндр түріндегі үлгілердің диаметрлері және ұзындықтары бірнеше сантиметр ғана болып келеді. Қабаттардың өлшемдерін компьютермен есептеу кезінде 20 x 20м, 50 x 50м, 100 x 100 м және одан да көп өлшем үшін әртүрлі ұяшықтарын қолдануға тура келеді, игеру объектісінің өлшеміне сәйкес есептеулер компьютердің есептеуіш қабілетінің нақтылығын талап етеді. Көрсетілген есептеуіш ұяшықтардың өлшемдерінде мұнайдың, судың, газдың ағысы зертханалық жағдайлардағы қабат үлгілеріндегі ағысы күрделі, шектік-әртүрлі ұяшығының жыныстары біртекті.

Сипатталған жағдайдың қиыншылықтарынан шығу жолы модификацияланған қатынастық өткізгіштерді қолдану, мұнда зертханалық қатынастық өткізгіштік және шектік-әртүрлі ұяшығындағы қабаттың әртектілігі ескеріледі. Шетел мұнай газ шығармаларында модификацияланған қатыстық өткізгіштік «псевдоөткізгіштік» деп аталады. Негізі, өткізгіштікті анықтаудың екі жолы белгілі. Оның бірі – зертханалық өлшемдер мен біртекті қабаттың сандық интерпретациясын ескеріп, математикалық модельдеуден тұрады.

Екінші жолы модификацияланған қатынастық өткізгіштікті кен орынды игерудің кері есебінің негізінде алу болып табылады. Бұл жағдайда нақты объектіні өндіру есебі қатыстық өткізгіштің бірнеше түрінде жүргізіледі. Фактіге сәйкес келетін шешім есептің шынайы жауабы болып саналады. Әрине, екінші жолдың іске асуы мүмкін, ол үшін қарастырылып отырған игеру объектісі туралы қажетті мәліметтер болуы керек. Өткізгіштік модификацияны анықтаудың екінші жолы қабаттың идентификациясы мәселесіне немесе қабатты игеру компоненттердің шығарғанына байланысты.

Заманауи есептеу игеру қабатының әртектілігінің көптеген түрін ескеруге мүмкіндік береді. Оларға әртекті үлкен масштабты, қабаттың қажеттілігінше үлкен көлемінде ұяшықтан ұяшыққа өтетін әртектілер жатады. Мұнымен қоса, орта масштабты әртекті қабатта ұңғылардың арақашықтығы үлкен болса анықтау қиын. Сол себепті қабат қалыңдығын, үлкен масштабты әртектілер арасында жатқан, шартты түрде біртекті деп санайды. Әрине, бұл шартты біртекті қабат қатыстық өткізгіштік анықталған жыныс үлгілерімен салыстырғанда әртекті болып табылады.

Орта масштабты өлшемдегі сандық болжамдар ұңғымаға геофизикалық зерттеуді толық жүргізуге мүмкіндік береді (1 м-ден және аз). Бірақ бұл қабаттағы коллектор жыныстарын тек тік бөліп қарауға болады.

Қабат қалыңдықтарының көлбеу орналасуын анықтау қиын, бірақ мүмкін. Қиындықты жеңудің жолдарының бірі модификацияланған өткізгішті компьютермен есептеу қабаттар көлбеу орналасқан деген әртүрлі болжамдарда, қабат орта масштабты әртектіге жататын, кезекті модификацияланған қатыстық өткізгішті орташа есептеу жүргізіледі.

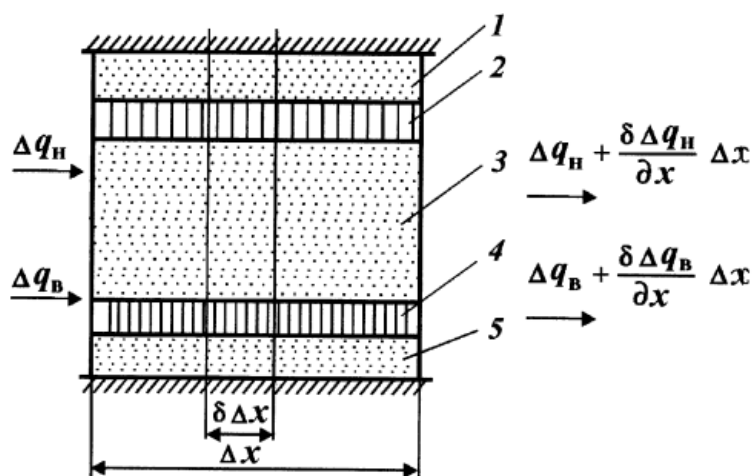
Модификацияланған қатыстық өткізгіштікті есептеу жұмысы ұяшығында, бүкіл кен орнында игерудің есебін жүргізу үшін қолданылатын жұмыстар келесіден тұрады.

1. Өнімді қабаттың тік қимасында қабат қалыңдығын бөледі, олар орта масштабты әртекті және оларды шартты түрде – біртекті деп санауға болады. Мысалы, 2.9-суретте 1, 3, 5 қабаттар осындай, өткізгішті және мұнайға қаныққан, оларды өткізбейтін, ал қабаттағы мұнайды алынбайтын деп санауға болады.

Ұңғыманы толық геофизикалық зерттеулер негізінде тәуелділік бойынша өткізгіштік номограммасы жасалады.

2. Δx есептеу ұяшығында негіздеп, $\sigma \Delta x$ мағынасын таңдайды, $\sigma \Delta x$ микроұяшығының әрбір тік бағанасында өткізгіш қабаттар пайда болады деп санаймыз, ол игеру объектісінің жалпы өткізгіштік гистограммасына сәйкес келеді.

3. Ұзындығы Δx ұяшығынан мұнайды ығыстыруды компьютермен есептейді.



2.6-сурет. Қабаттың геологиялық-физикалық құрылымы ұзындығы Δx есептеуіш ұяшығы аралығында : 1-5 – әртүрлі өткізгіштікті қабаттар

4. Су және мұнай үшін модификацияланған өткізгіштік $kH(s)$ модификацияланған суға қанығуға тәуелді.

Модификацияланған қатыстық өткізгішті шартты біртекті деп саналатын тек қабаттың бір бөлігі үшін ғана емес, қабаттың бүкіл тік қимасы үшін де анықтауға болады.

Бақылау сұрақтары

- 1. Қабат моделінің классификациясы туралы айтып беріңіз.*
- 2. Жарылған қабаттың жарылу өткізгіштігін анықтайтын формуланы анықтаңыз. Жарылу өткізгіштігі, жарылым қалыңдығы және жарылым кеуектілігі арасындағы байланысты анықтаңыз.*
- 3. Геологиялық-геофизикалық зерттеулердің мәліметтері бойынша қабаттың мекендік құрылысының методикасын түсіндіріңіз.*
- 4. Қандай негізгі табиғи заңдар мұнай және газ кен орындарын игеруде қолданылады?*
- 5. Сұйықтықтың біртекті шексіз қабаттан нүктелік науаға келу кезіндегі қабаттық қысым формуласын шығарыңыз. Аз мән кезінде формула қандай болатынын көрсетіңіз. Қандай есептерде бұл формуланы қолданады?*

III тарау

ТАБИҒИ РЕЖИМДЕРДЕ МҰНАЙ КЕН ОРЫНДАРЫН ИГЕРУ

3.1 Серпімді режимнің болуы

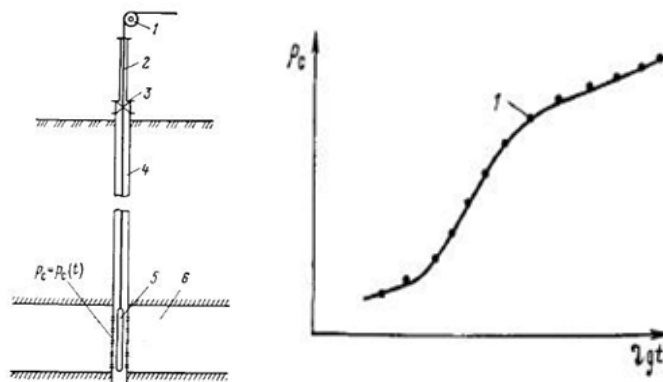
Мұнай кен орындарын серпімді режимді кезінде игеру – бұл қабаттан мұнайды қабат қысымы қанығу қысымын басып өткенде немесе артқанда, қысым алаңы және қабатты қанықтыратын су мен мұнайдың қозғалу жылдамдығы, сондай-ақ нұсқа сырты аумағындағы тұрақталмаған, уақыттың әрбір кезеңінде қабаттың нүктелерінде өзгеріп тұратын үрдістің жүзеге асуы.

Серпімді режим мұнай өндіріп тұрған ұңғымаларындағы шығымының немесе айдау ұңғымаларына құйылған судың шығыны өзгергендегі барлық жағдайларда байқалады. Бірақ тұрақталған режим кезіндегі мұнайлылық қабат бөлігінің шегінде, мысалы, кен орнын игеру кезіндегі нұсқа сыртынан су айдау әдісін қолданған кезде қысымның таралуы серпімді режим эсерінен жүзеге асырылады. Серпімді режим, физика саласы өкілдерінің көзқарасы бойынша, сұйықтармен қанықтырылған жыныстардың сығылғыштығы себебінен болатын қабаттағы серпімді энергияның шығындалуы немесе толықтырылуы. Мұнайды алу кезінде серпімді энергияның қоры түп аймаққа төмендейді, яғни мұнай және жыныстар, алдыңғы жағдайына қарағанда әлдеқайда сығылған күйінде болады. Қабаттан мұнайды әрі қарай өндіруді жалғастыру серпімді энергияның қорын шығындауға әкеліп соғады, мұнайдан ерітілген газ бөліне бастап, қабаттың режимі өзгереді, яғни серпімді режим алдыңғы тақырыпта айтып кеткендей ерітілген газ режиміне немесе газарынды режиміне өзгереді.

3.1.1 Мұнай кен орындарын игеру кезінде серпімді режим теориясын, ең бастысы, мына мәселелерді шешу үшін қолданады:

1. Ұңғымаларды зерттеу нәтижесін интерпретациялау кезінде қабат параметрлерін анықтау мақсатында, ұңғыма сағасындағы қысымды анықтау, оның тоқтауы немесе пайдалану режимінің өзгеруі.

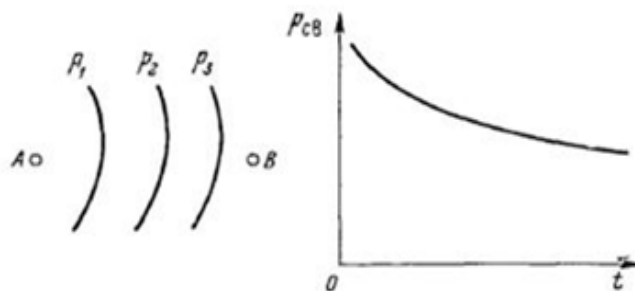
Серпімді режим теориясының негізінде мұнай кен орындарын игеру тәжірибесінде көп қолданысқа ие болған тоқтап тұрған ұңғымаларда қабат параметрлерін анықтайтын қысым қисығын орнату әдісі құралған (ҚҚО әдісі).



3.1-сурет. Қысымды орнату және қысым қисығын орнату әдісімен зерттеу кезіндегі ұңғыма сұлбасы

Технологиялық тұрғысынан алатын болсақ, бұл әдісте зерттеп отырған ұңғыманы басында ағын келгенше q тұрақты шығыммен пайдаланады. Бұдан кейін, түбіне уақытқа байланысты, қысым өзгерісін жазуға қабілеті бар тереңдік манометрі түсіріледі. Кейбір уақытта, шарттыны бастапқы деп қабылдап, зерттеліп отырған ұңғыманы тоқтатады ($t=0$). Шартты қабат қысымына дейін түптегі қысым көтеріле бастайды. Түптегі қысым p_c орнату қисығын алып $p_c=p_c(t)$, серпімді режим теориясы бойынша шешілетін есептің негізінде өткізгіштік пен қабаттың пьезоөткізгіштігін анықтайды. 3.1-суретте қисық қысымды орнату тәуелділігі көрсетілген: $p_c=p_c(lgt)$.

2. Игеріліп жатқан қабаттардың, қысымының қайта таралу есебі кезінде және бір ұңғымалардың сағасындағы қысымның өзгеруі, түсіруді тоқтату нәтижесінде немесе басқа ұңғымалардың жұмыс істеу уақытының өзгеруі. Бұл есептерді негізі алынған мәліметтерді қабатты гидротыңдауын интерпретациялау үшін қолданады. ($t=0$) уақыт аралығында А ұңғымасын q_A шығыммен жұмысқа қосады делік (3.2-сурет). Тереңдік манометрі түсірілген тоқтатылып тұрған ұңғыманың түбінде В түп қысымының өзгеруі тіркеледі: $P_{cB} = P_{cB}(t)$.

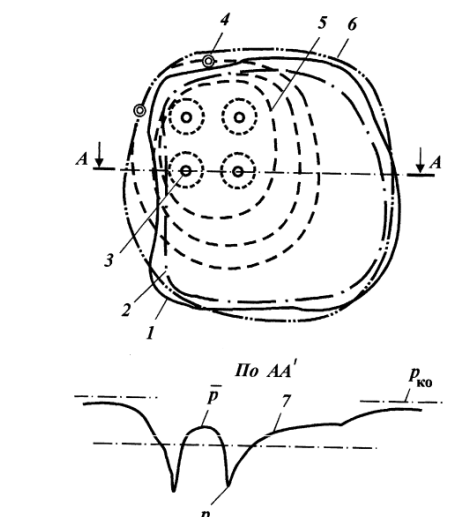


3.2-сурет. Тындалып тұрған ұңғымадағы қисық қысымның төмендеуі

3.2-суретте сол жағында төмендеген қысымның «толқындары» ($p_1 < p_2 < p_3$), ал оң жағында тыңдалып отырған ұңғыманың қысық қысымның төмендеуі көрсетілген. Амплитудасы мен жылдамдығы жағынан қысымның төмендеуінен $p_{ce} = p_{ce}(t)$, А және В аудандарында орналасқан ұңғымалар арасындағы қабаттың орта өткізгіштігі мен пьезоөткізгіштігін анықтауға болады. Егер де В ұңғымасында қысым өзгермесе, онда бұл ұңғымалар арасында өткізбейтін қаптал (тектоникалық қозғалу, өткізгіштігі төмен жыныстар ауданы) бар деп есептеледі. Ұңғымалар арасында гидродинамикалық байланыстың орнауы қабатты игеру кезінде, әсер ету мен жүргізу маңызды рөл атқарады.

3. Бастапқы нұсқадағы қысымның өзгеруі, кен орнының мұнай бергіштігі немесе орташа есептелген аудандағы қабаттардың қысымы берілген уақытта мұнайы бар жерге кен орны нұсқаның сыртынан судың енуі.

Егер мұнай кен орны қабаттарға әсерсіз игерілсе, кен орны ауқымды су аймағымен қоршалса және өткізгіштігі жоғары болса, онда бұл кен орнынан мұнайды игерілуі, қабаттардағы қысымның төмендеуі нұсқаның сыртқы аймағынан, игеріліп отырған мұнайлы қабатқа интенсивті түрде су ағынын шақырады.



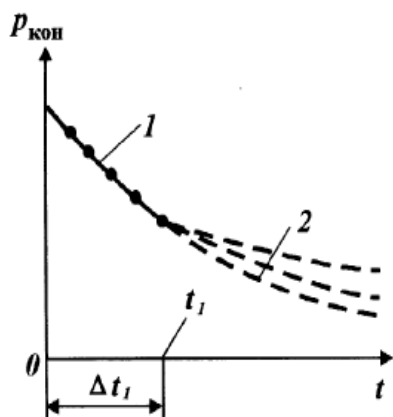
3.3-сурет. Табиғи режимде игерілетін ұңғымалары бірқалыпты орналасқан мұнай кен орнының сұлбасы көрсетілген.

Қабаттан, ең алдымен, мұнайды, сосын мұнай мен суды алу үрдісінде қабаттық қысым бастапқыға қарағанда өзгереді. $P_{нұс}$, бұл мұнайлық нұсқасынан алшақталған сулы аймағында сақталады. Суреттің төменгі бөлігінде AA₁ сызығы арқылы қабаттың қысымының эпюрасы көрсетілген. Бұл эпюрадан көретініміз сыртқы (1) және ішкі (2) мұнайлық контурларында мұнай мен судың бірге фильтрациясы кезінде фильтрация

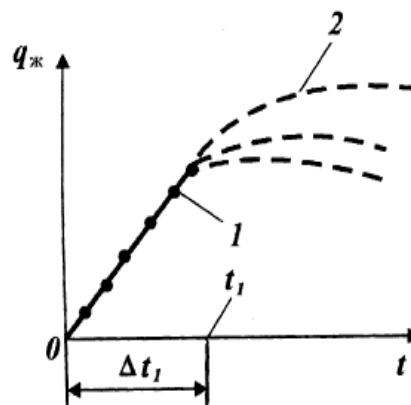
кедергісінің артуынан, кейін ауданның ақырын өзгеру салдарынан қабаттық қысым жылдам төмендейді. Игеру ұңғымалары (3) жанында депрессия түтікшелері пайда болады және ұңғымалардағы түптік қысым P_c -ға тең болады. Изобара (5) құрып (қабаттық қысымға сызықтары тең), орта өлшемді қабаттық қысымды анықтауға болады (3.3-сурет), бұл кен орнын табиғи режимде игеру кезінде уақыт өте азайып отырады.

Егер мұнайлылық контурының аймағында бақылау ұңғымалары (4) болса, онда бұл ұңғымалар нұсқасындағы қысымның $P_{нұс}$ өзгерісін өлшейді және шартты мұнайлылық нұсқасындағы (6) тұрған пьезометрлік ұңғымалар деп есептейді. Осылайша, уақыт бойынша орта өлшенген қабат қысымының өзгерісін $P=\varphi(t)$ немесе контурлық өзгерісін $P_{нұс}=P_{нұс}(t)$ байқауға болады. Мұнай кенінен сұйық алу бойынша қабаттың нұсқа сыртқы бөлігінен суды алу уақыты бойынша өзгерісті қзв анықтауға болады. Әрі қарай шамалап болжауға болады, қабаттың нұсқа сырты облысынан су алу қарқыны мұнай кенінен сұйық алу қарқынына тең: $q_ж = q_ж(t)$. Мысалы, пьезометрлік ұңғымалары бар кен орны тереңдік өлшеулер арқылы және бастапқы игеру мерзімі уақытында Δt_1 алынған қысымның өзгерісі анықталады: $P_{нұс} = P_{нұс}(t)$

Нақты өзгеріс $P_{нұс}=P_{нұс}(t)$ 3.4-суретте, бастапқы кезеңдегі Δt_1 $q_{сұй}=q_{сұй}(t)$ өзгерісі және барлық кен орны игеру уақытында 3.5-суретте көрсетілген. Әлбетте, Δt_1 игерудің бастапқы кезеңінде оның бұрғылануына және ұңғымаларды пайдалануға еңгізуге байланысты кен орнынан сұйықтық алу өседі. Бұл кезеңде нұсқадағы қысымның нақты өзгерісі анықталған $P_{нұс} \cdot t > t_1$ болған кезде кен орнынан сұйықтық алу бастапқы кезеңге қарағанда басқаша өзгереді: ол басында тұрақтанады, ал игерудің соңында төмендейді.



3.4-сурет. $P_{нұс}$ -ның t уақытқа тәуелділігі. 1 - Δt_1 период кезіндегі $P_{нұс}$ контурлық қысым; $q_ж(t > t_1)$ -ның әртүрлі жағдайындағы $P_{нұсқа}$ контурлық қысымның мүмкін болатын өзгерісі



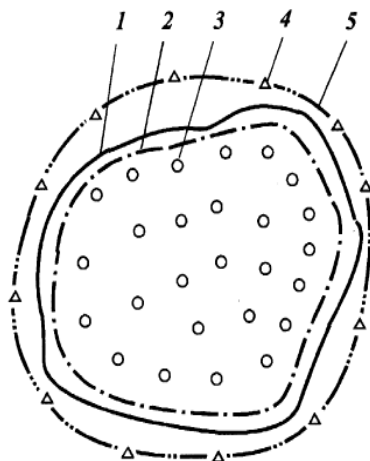
3.5-сурет. 1 - Δt_1 периодта $q_ж$ -ның өзгерісі; 2 - $q_ж$ -ның $t > t_1$ кезіндегі мүмкін болатын өзгерісі

Сондықтан бастапқы кезең уақытындағы Δt_1 бар тәуелділікпен $P_{нұс} = P_{нұс}(t)$ өзгерісті $P_{нұс}(t)$ экстраполирлеу оңай емес, себебі сұйықты алу қарқыны $t > t_1$ кезінде өзгереді. $P_{нұс} = P_{нұс}(t)$ өзгерісін серпімді режим теориясына сәйкес есептерді шығару нәтижелері бойынша жорамалдайды.

4. Кен орнын игеру кезінде су айдауды қолдануға көшу жағдайында, мұнайлылық нұсқасындағы қысым берілген жағдайда мұнайлық қабат нұсқасындағы қысымды қалпына келтіру барысында немесе қабаттың нұсқа сырты аймағына су ағып кетуін есептеу.

Егер мұнай кен орны белгілі уақыт мерзімінде нұсқа сыртынан су айдауды пайдалана отырып игеріліп жатқан болса, онда мұнайға қаныққан бөлікке нұсқа сыртынан судың құйылуы азая бастайды, себебі қабаттан мұнайды шығару қабатқа айдалып жатқан сумен жүзеге асып жатыр. Айдау сызығындағы қысым жоғарылаған сайын мұнай мен қаныққан бөлікке нұсқа сыртынан судың құйылуы бірінші тоқтайды, содан кейін қабатқа айдалып жатқан су нұсқа сыртындағы аймаққа аға бастайды.

Нұсқа сыртындағы аймаққа судың кеміп қалуын есептеген жағдайда серпімді режим есептерін шығару қажет болады, егер айдау ұңғымаларының нұсқасының бойында $P_{нұс}$ қысымы берілген болса; қабаттың нұсқа сыртындағы аймаққа ағып кетіп жатқан судың шығымын есептеу қажет.



3.6-сурет. Мұнай кен орнын нұсқа сыртынан су айдау арқылы өндіру:

1 – мұнайлылықтың сырқы контуры; 2 – мұнайлылықтың ішкі контуры; 3 – өндіру ұңғымалары; 4 – айдау ұңғымалары; 5 – айдау ұңғымаларының контуры

5. Игеру жүйесінің белгілі бір элементінде сулану арқылы қабатқа әсер ету уақытын анықтауда орнатылған режим қалыптастырады. Мысалы, кен орны пайдалануға бірқатарлы игеру жүйесінің нұсқа ішінен су айдау арқылы енгізілді делік. Белгілі бір уақыт мерзімінде бірінші және екінші айдау ұңғымаларының қатарлары тоқтатылсын, ал $t=0$ уақытында оларды пайдалануға қайта енгізеді.

Мұнайды сумен ығыстырып шығару әдетте, серпімді режим кезіндегі қысымды қайта бөлу процесіне қарағанда жай жүреді. Сондықтан біраз уақыттан кейін айдау қатарларын қосқаннан соң қабатта өндіру және айдау ұңғымалары арасында қысым бөлінуінің жай өзгерісі басталады, яғни серпімді режим аяқталып, орнатылған режим басталады. Серпімді режимнің іске қосылу уақыты серпімді режим теориясы негізінде анықталады. Серпімді режим кезіндегі қысымды қайта бөлу туралы есеп тіксызықты қабатта айдау және өндіру галереялары арасында және орнатылған режимнің орнау уақытын анықтау 2-бөлімде шешілген.

Серпімді режим кезіндегі мұнай кен орындарын игеру үрдісі кезіндегі есептеулерді жүзеге асыру үшін бұл режимнің дифференциалдық теңдеуін алу қажет, оны шешу барысында теңдеуден сүзу заты массасының ажырау сызығы шығады, оны кең түрде көрсетелік:

$$\rho \frac{\partial m}{\partial t} + m \frac{\partial \rho}{\partial t} + \operatorname{div} \rho v = 0. \quad (3.1)$$

Қабат кеуектілігі m , 2-бөлімде айтылып кеткендей, орта нормал кернеуден сызықты емес байланысты. Алайда, қысымның бірліктен 10 МПа-ға дейін өзгеру диапазонында сызықты деп есептеуге болады:

$$m = m_0 - \beta_c (\sigma - \sigma_0). \quad (3.2)$$

мұндағы, β_c – қабат кеуекті ортасының сығымдылығы, σ_0 – бастапқы орта нормал кернеу.

Тігінен бойынша тау қысымы σ_T , орта нормал кернеу σ және кеуекшілік қысым p арасындағы байланысты пайдалана отырып, (3.3) теңдеуімен анықталады.

(3.1) теңдеуінен, $\sigma_T = \text{const}$ болған жағдайда:

$$\frac{\partial \sigma}{\partial t} = - \frac{\partial p}{\partial t}. \quad (3.3)$$

(3.2) және (3.3) ескере отырып, мынаны аламыз:

$$\frac{\partial m}{\partial t} = \frac{\partial m}{\partial \sigma} \frac{\partial \sigma}{\partial t} = -\beta_c \frac{\partial \sigma}{\partial t} = \beta_c \frac{\partial p}{\partial t}. \quad (3.4)$$

Сұйықтық қабатындағы тығыздық бірінші жақындауда сызықты байланыста қысымнан p тәуелді болады, яғни:

$$\rho = \rho_0 [1 + \beta_{ж} (p - p_0)], \quad (3.5)$$

мұнда, $\beta_{ж}$ – сұйықтық сығымдылығы, ρ_0 – бастапқы қысым p кезіндегі сұйықтық тығыздығы.

(3.5) -тен мынаны аламыз:

$$\frac{\partial p}{\partial t} = \frac{\partial \rho}{\partial p} \frac{\partial p}{\partial t} = \rho_0 \beta_{ж} \frac{\partial p}{\partial t}. \quad (3.6)$$

Дарси заңын қолдана отырып және абсолютті өткізгіштікті k және сұйықтық тұтқырлығын координаттарға байланысты емес деп аламыз:

$$\operatorname{div} \rho V = -\frac{k}{\mu} \operatorname{div} \rho \operatorname{grad} p. \quad (3.7)$$

(3.4), (3.6) және (3.7) (3.1)-ге қоямыз. Нәтижесінде келесі формуланы аламыз:

$$\rho \beta_c \frac{\partial \rho}{\partial t} + m \rho_0 \beta_{ж} \frac{\partial p}{\partial t} = \frac{k}{\mu} \operatorname{div} \rho \operatorname{grad} p. \quad (3.8)$$

Сұйықтың шамалы сығымдылығын ескере отырып, (3.8) теңдеуге $\rho \approx \rho_0$ салуға болады. Ақыры соңында серпімді режимнің дифференциалды теңдеуін:

$$\begin{aligned} \frac{\partial p}{\partial t} &= \chi \operatorname{div} \operatorname{grad} p; & \chi &= \frac{k}{\mu \beta}; \\ \beta &= \beta_c + m \beta_{ж}. \end{aligned} \quad (3.9)$$

түрінде аламыз.

Мұнда, k және β – сәйкесінше қабаттың пьезоөткізгіштігі және серпімді сыйымдылығы (В.Н. Щелкачевтың ұсынысы бойынша).

Серпімді режимнің теңдеуін компьютерлік сандық шешуі қабаттың әр нүктесіндегі уақыт бойынша қысымның өзгерісін есептеуге мүмкіндік береді.

Кейбір жағдайларда теңдеудің нақты шешімдерін пайдалануға болады. Серпімді режим кезіндегі мұнай кен орындарын игеру мүмкіндігін дөрекі бағалау үшін кен орны бөлігінің немесе нұсқа сыртындағы аймағының серпімді қоры түсінігін қолданады. Серпімді қор – бұл қабат қысымының өзгерісі кезінде қабаттың кеуекті көлемінің толығымен өзгеру мүмкіндігін айтамыз. Әдетте, серпімді қорды қабат сығымдылығының сызықтық заңы формуласы бойынша анықтайды:

$$\Delta V_{\Pi} / V = \beta \Delta p; \beta = \beta_c + m\beta_{ж}, \quad (3.10)$$

мұндағы, ΔV_{Π} – қабат қысымының өзгерісі кезіндегі кеуек көлемінің өзгерісі, яғни қабаттың тікелей серпімді көлемі.

3.1-мысал. Мұнай кен орнының серпімді қорын анықтау мысалын қарастырайық. Кен орны болсын, өнімді қабатының көлемі: $V=10^9 \text{ м}^3= 1 \text{ км}^3$. Бұл біршама үлкен кен орны, оның ұзындығы 20 км және ені 5 км. Қабат қалыңдығы 10 м құрайды. Бастапқы қабат қысымы 16 МПа-ға, ал қанығу қысымы 6 МПа-ға тең болсын. Өнімді қабат мұнайлылық нұсқа сыртынан шығады, өткізбейтін жыныстармен орнын басып тұрады. Сондықтан кен орнының мұнай бөлігіне оның нұсқа сыртындағы аймақтан шамалы су көлемі келіп тұрады. Тек кен орнының мұнай бөлігінің серпімді қорын есептеуге болады. Сұрақ келесі түрде қойылады: бастапқы қабат қысымнан қанығу қысымына дейінгі қысым $\Delta \bar{P}$ 10 МПа-ға төмендегенде, қабаттан қанша сұйықтық өндіруге болады?

Жауап беру үшін мұнай кен орнының серпімді қорын және оның ерекшеліктерін ескере отырып анықтау керек. $\beta = 10^{-4} / \text{МПа}$. болсын.

$$\text{Онда (3.10) сәйкес. } \Delta V_{\Pi} = V\beta\Delta \bar{p} = 10^9 \cdot 10^{-4} \cdot 10 = 10^6 \text{ м}^3.$$

Осылайша, қабат қысымы 10 МПа төмендегенде кен орнының серпімді қоры 1 млн. м^3 болады.

3.2 Қабаттың нұсқа сыртының серпімді режимі кезіндегі мұнай кен орнының нұсқа бойындағы қысымның өзгерісін болжау

Кен орнын игеру үшін оның мұнайлылық шартты нұсқасындағы уақыт бойынша қысымының өзгерісін білу қажет $P_{нұс} = P_{нұс}(t)$ немесе мұнай кенінің аудан бойынша орта өлшенген қабат қысымын P білу керек. Ол ұңғылардың бөлек топтарын фонтанды пайдаланудың механикалық әдісіне көшуін болжауға мүмкіндік береді, сонымен қатар қабат қысымының қанығу қысымына дейін төмен түсу уақытын анықтайды. Қабатта мұнайдың газсыздануы басталады және еріген газ режимі пайда болады, содан соң ол газарынды режимге ауысады.

Кен орнының серпімді режимнен еріген газ режиміне және газарынды режимге көшу уақытын болжау кен орнын игеру кезінде қажет, себебі осындай ауысуға жол беру қолайсыз жағдайларға алып келеді. Мысалы, мұнайдың құрамында парафині жоғары болатын кен орындарында қабат мұнайының газсыздануы оның фазалық күйінің өзгеруіне және қатты фаза түрінде парафиннің бөлінуіне әкеп соғады (бұл артынан мұнай

тұтқырлығының көбеюіне және ньютондық емес қасиеттерінің пайда болуына әкеледі), қабаттың кеуекті ортасында парафиннің тұнуына және ақырында мұнайбергiштіктің азаюына әкеледі.

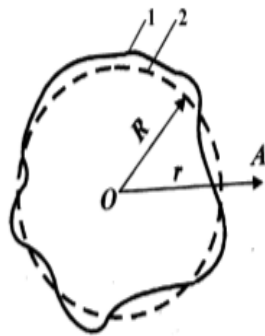
Ақырында сулану арқылы игеру қабаттарына әсер ету немесе басқа әдістер әдетте, игеруге енгізу кезінде емес, кішкене уақыт өткен соң басталатыны бізге мәлім. Серпімді режим кезінде қабатқа әсер етусіз қай уақыт аралығында еріген газ және газарынды режимдерінің пайда болуын болдыртпай мұнай кен орнын игеруге болатынын білу маңызды.

Орташа өлшенген қабат немесе нұсқа қысымдарының уақыт бойынша өзгеруін есептеуді геометриялық күрделі мұнайлылық нұсқасының пішім үйлесімі кезінде кен орнындағы ұңғымалардың шынайы орналасуын ескере отырып, тек сандық әдістер мен компьютерлерді немесе құрылғылардың ұқсастарын пайдалану арқылы жүргізуге болады.

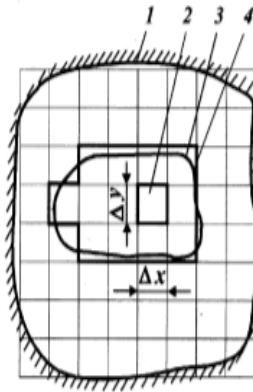
Мысалы, егер кен орнының және нұсқа сыртындағы сулы бөліктің шығу нұсқасы белгілі болса (*3.8-сурет*), онда барлық сулану аймағын қабырғаларының Δx және Δy өлшемдерімен бірнеше ұяшықтарға бөліп тастауға болады. Кен орнының нұсқа сыртындағы қысымының бөлінуі оның нұсқа сыртындағы бөліктің параметрлеріне тәуелді, олар әдетте, нақты белгілі болмайды. Әдетте, кен орнының нұсқа бойындағы қысымын болжау үшін, кен орнының игеру басында өлшенген қысымның нақтыға өзгерісін алады. Сондықтан есептеу кезінде қабаттың нұсқа сырты аймағындағы ұяшықтарды уақтау ұмытылмау керек, себебі бұл аймақтың параметрлерін білу қажет емес және нұсқа бойындағы қысымда болжау қанағаттандыруарлық нәтижелер бермейді.

Кен орнының пішім үйлесімі кезінде нұсқа бойындағы қысымның өзгерісін нақты болжауға болады, қабаттың нұсқа сыртындағы аймақтан мұнай кеніне судың келуінің серпімді режим есебін шығару негізінде, жоспарда радиусы R болатын шеңбер пішініне ие (*3.9-сурет*). Айта кету керек, судың мұнай кендеріне ағу мінезі көп жағдайда радиалдыға жақын, жоспарда шеңбер пішіні кенде болып жатқан секілді.

Кен орны табиғи режимде игеріліп жатсын, мұнай кеніндегі шамалы серпімді қор энергия әсерінен кен орнынан алынатын сұйықтықтың көлемін $q_j(t)$ нұсқа сыртындағы аймақтан мұнай кеніне келетін судың көлемін тең деп алайық: $q_{zv}(t)$, яғни $q_j(t) \approx q_{zv}(t)$.



3.7-сурет. Шенбер пішінді мұнай кен орнының кескіні: 1 – мұнайлылық контуры; 2 – радиусы R шеңбер пішінді мұнайлылық контурының аппроксимациясы



3.8-сурет. Мұнай кен орнының ауданы мен контур сыртындағы су ауданының ұяшықтарға бөліну кескіні: 1 – Кен орнындағы су ауданының контуры; 2 – Δx Δy ауданды ұяшық; 4 – мұнайлылық контурының аппроксимациясы

Мұнай кен орындарын игеру кезінде сұйықтықты өндіру $q_{ж}(t)$ 3.5-суретте көрсетілгендей өзгереді. $\rho_{нұс}(t)$ есептеу үшін нұсқа сыртындағы облысты шексіз деп санаймыз: ($R \leq r < \infty$). Бұл аймақтағы судың радиалды сүзілуі серпімді режим дифференциалды теңдеуімен (3.9) сипатталады, қаралған жағдайда келесі түрге келеді:

$$\text{H} \left(\frac{\partial^2 p}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial p}{\partial r} \right) = \frac{\partial p}{\partial t}, \quad (3.11)$$

Мұндағы, $p(r,t)$ – қабат нұсқа сыртындағы аймақтың r координатасы мен A нүктесіндегі қысым (3.8-суретті қараңыз).

Серпімді режимнің біраз қысқартылған есебін қарастырайық, ол үшін бастапқы және шектеу шарттары келесі түрде жазылады: $p=p^\infty$ $t=0$, $R \leq r < \infty$ болғанда:

$$q_{ж} = -2\pi \frac{kh}{\pi} \left(r \frac{\partial p}{\partial r} \right)_{r=R} = \text{const}. \quad (3.12)$$

Бұл есептің шығарылуын Лаплас бойынша қысымның түрленуін пайдалану арқылы табады: $p(r,t)$

$$\bar{p}(r, s) = \int_0^{\infty} p(r, t) e^{-st} dt, \quad (3.13)$$

мұндағы, $p(r, s)$ – түрленген қысым; s – түрлендіру параметрі.
Ван Эвердинген және Херст бойынша бұл шешім жалпы келесі түрге ие:

$$p_{\infty} - p(\rho, \tau) = \frac{q_{3B}\mu}{2\pi kh} f(\rho, \tau);$$

$$f(\rho, \tau) = \frac{2}{\pi} \int_0^{\infty} \frac{(1 - e^{-u^2\tau}) [J_1(u)Y_0(u\rho) - Y_1(u)J_0(u\rho)] du}{u^2 [J_1^2(u) + Y_1^2(u)]}; \quad (3.14)$$

$$\rho = r/R; \quad \tau = H/R^2.$$

мұндағы, $J_0(u\rho), J_1(u), Y_0(u\rho), Y_1(u)$ – математикалық басқаруда қабылданған Бессель функциясының белгілеулері.

$f(\rho, \tau)$ функциясы Ван Эвердинг пен Херстоммен есептелген.

Уақыт бойынша қысымның өзгеруін есептеу үшін $P_{н\у\с}(t)$ функцияның $\rho = r/R = 1$ болғандағы мәндерін қолдану қажет (3.9-сурет).

$f(l, \tau)$ функциясының $lg(1 + \tau)$ байланыстылығы қажетті нақтылықпен келесі жай теңдеуді жуықтауға болады:

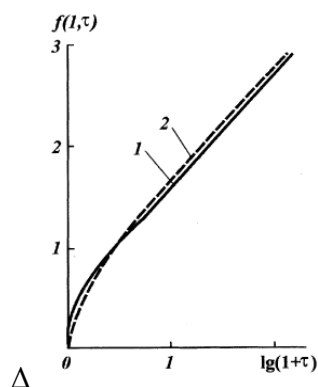
$$f(l, \tau) = 0,5 [1 - e^{-8,77 lg(1+\tau)}] + 1,12 lg(1 + \tau).$$

Немесе

$$f(l, \tau) = 0,5 [1 - (1 + \tau)^{-3,81}] + 0,487 \ln(1 + \tau). \quad (3.15)$$

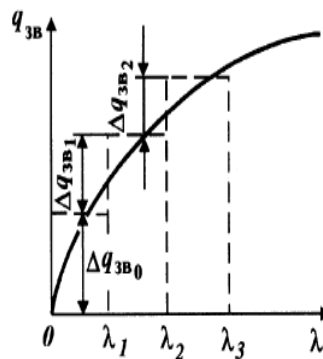
Осылайша, $q_{ж} = \text{const}$ үшін қысымды $P_{н\у\с}(t)$ келесі теңдеу бойынша есептеп шығаруға болады:

$$P_{н\у\с}(t) = p_{\infty} - \frac{q_{3B}\mu}{2\pi kh} f(l, \tau). \quad (3.16)$$



3.9-сурет. $f(l, \tau)$ -тің $lg(1 + \tau)$ тәуелділігі.

1 – Ван Эвердинг пен Херстом бойынша функцияның нақты мәні. 2 – (3.15) формуласы бойынша функцияның аппроксимациясы



3.10-сурет. $q_{zv}(\lambda)$ -ның λ -дан тәуелділігі

Кен орнын игеру үдерісі кезінде сұйықтық өндіру уақыт бойынша өзгермейтін болып қалады.

$P_{нұс}(t)$ айнымалы кезінде уақыт бойынша өзгеруін $q_{zv} = q_{zv}(t)$ есептеп шығару Дюамель интегралының көмегімен жүзеге асады.

Бұл интегралды алу үшін $q_{zv} = q_{zv}(t)$ қарастырамыз, q_{zv} уақыт бойынша үздіксіз өзгереді деп аламыз, ал саты бойынша, әр саты Δq_{zvi} уақыт мезетінде λ_i басталады. Екі уақытты пайдаланамыз: τ , кен орнын игеру басынан есептелуі және λ бөлек уақыт мезеттерімен λ_i , $\Delta q_{zvi} = \text{const}$ сатыларына сәйкес келеді.

Осылайша, сұйық шығыны q_{zv} , енді τ емес, λ_i байланысты болады немесе қарапайым: λ (3.10-сурет).

(3.16) формулаға сәйкес, айтылған түсінік бойынша 3.10-суретте келесі формулаларды жазуға болады:

$$\begin{aligned}
 P_{нұс}(\tau) &= p_{\infty} - \frac{\mu}{2\pi kh} \sum_0^{q_{zv}} [q_{zv0} f(l, \tau) + \\
 &+ \Delta q_{zv1} f(l, \tau - \lambda_1) + \Delta q_{zv2} f(l, \tau - \lambda_2) + \dots] = \\
 &= p_{\infty} - \frac{\mu}{2\pi kh} \sum_0^{q_{zv}} \Delta q_{zvi} f(l, \tau - \lambda_i). \quad (3.17)
 \end{aligned}$$

Алдыңғы формуладағы қосынды белгісінің астында оң жағында тұрғанды $\Delta\lambda$ -ға бөліп, көбейтейік. Нәтижесінде мынаны аламыз:

$$p_{\text{нґс}}(\tau) = p_{\infty} - \frac{\mu}{2\pi kh} \sum_0^{\tau} \frac{\Delta q_{3B_i}}{\Delta \lambda} f(1, \tau - \lambda_i) \Delta \lambda. \quad (3.18)$$

(3.18) шекке көшелік, $\Delta \lambda \rightarrow 0$. Онда әрбір $\Delta \lambda$ үшін:

$$\begin{aligned} p_{\text{нґс}}(\tau) &= p_{\infty} - \frac{\mu}{2\pi kh} \sum_0^{\tau} \frac{\Delta q_{3B}}{\Delta \lambda} f(1, \tau - \lambda) \Delta \lambda = \Delta \lambda \rightarrow 0 \\ &= p_{\infty} - \frac{\mu}{2\pi kh} \int_0^{\tau} \frac{\partial q_{3B}}{\partial \lambda} f(1, \tau - \lambda) d\lambda. \end{aligned} \quad (3.19)$$

Осы интеграл Дюамель интегралы болып саналады.

Кен орындарын игеру кезінде қабаттан сұйықтық алу уақыт бойынша былай өзгереді, басында ол кен орынды бұрғылауға байланысты өседі және пайдалану өндіру ұңғымаларының саны көбейеді, ал содан кейін бірнеше уақытта тұрақталады және игерудің соңында төмендейді.

Бірақ судың ағыны қабаттың нұсқа сыртындағы аймағынан келеді деп санасақ, игеру соңында кен орнынан келетін жалпы сұйықтықтың төмендеуі болмастан бұрын, оның көлемінің төмендеуі ерте басталуы мүмкін. Бұл қабатқа нұсқа сыртынан су айдауға байланыста болады, алынатын сұйықтық бөлігі қабатқа айдалатын су есебімен орнын толтырады.

Айтылғанды ескеріп, қабаттың нұсқа сыртындағы аймақтан уақыт бойынша ағымдағы су алудың өзгеруін мына түрде сұлбалаймыз:

- 1) $q_{3B} = \alpha \lambda$ кезінде $0 \leq \lambda \leq \lambda_1 = \tau_1$;
- 2) $q_{3B} = q_{3B1} = const$ кезінде $\lambda_1 \leq \lambda \leq \lambda_* = \tau_*$;
- 3) $q_{3B} = q_{3B1} - \alpha \lambda$ кезінде $\lambda_* \leq \lambda \leq \lambda_{**} = \tau_{**}$;
- 4) $q_{3B} = q_{3B2} = const$ кезінде $\lambda \geq \lambda_{**}$. (3.20)

Бұл кезде уақыт $\lambda^* = \tau^*$ нұсқа сыртындағы аймаққа су айдаудың басына сәйкес келеді. $\lambda_1 = \tau_1$ уақыт мерзімінде кен орын толығымен бұрғыланған болады және нұсқа сыртындағы аймақтан су алу тұрақталады. $\tau = \tau^*$ мерзімінде пайдалануға нұсқа сыртындағы аймаққа айдау ұңғымаларын енгізеді және одан судың ағымы төмендейді, кен орнының мұнайлы бөлігінен алынатын сұйықтықтың орнын толтыруға жұмсалады. Бұл кезде өзгермей қалатын ағымдағы сұйықтықты алу, қабатқа су айдаумен орны толтырылады және нұсқа сыртындағы аймақтан оның құйылуымен толады. Қабатта нұсқа сыртындағы аймаққа ағымдағы су айдау мынадай болуы

мүмкін, ол тек мұнай кен орнынан тек қана сұйықтық өндірудің орнын толтырмайды, сонымен қатар соңында бастапқымен салыстырғанда мұнай кен орнының нұсқа бойындағы қысымның көбеюіне әкеледі. $\tau = \tau^{**}$ уақыт мезетінде мұнайды шығару нұсқа сыртынан айдалатын су арқасында жүзеге асырылады, алайда, оның бөлігі нұсқа сыртындағы аймаққа кетеді.

Нұсқа бойындағы қысымның өзгерісін қарастырайық $P_{нұс} = P_{нұс}(R, \tau)$ айтылған жағдайлардың біріншісі үшін, яғни $0 \leq \lambda \leq 1$. (3.20) дан келесідей болады:

$$\frac{\partial q_{зв}}{\partial \lambda} = \alpha = const.$$

Сонда:

$$\begin{aligned} p_{нұс}(\tau) &= p_{\infty} - \frac{\alpha \mu}{2\pi kh} \int_0^{\tau} f(1, \tau - \lambda) d\lambda = q_{\infty} - \frac{\alpha \mu}{2\pi kh} \int_0^{\tau} \times \\ &\times \left\{ 0,5 \left[1 - \frac{1}{[1 + (\tau - \lambda)]^{3,81}} \right] + 0,487 \ln[1 + (\tau - \lambda)] \right\} d\lambda = \\ p_{\infty} - \frac{\alpha \mu}{2\pi kh} &\left\{ 0,5\tau - 0,5 \int_0^{\tau} \frac{d\lambda}{[1 + (\tau - \lambda)]^{3,81}} + 0,487 \int_0^{\tau} \ln[1 + (\tau - \lambda)] d\lambda \right\} = p_{\infty} - \frac{\alpha \mu}{2\pi kh} J(\tau); \\ J(\tau) &= 0,5\tau - 0,178 \left[1 - \frac{1}{(1 + \tau)^{2,81}} \right] + 0,487 [(1 + \tau) \ln(1 + \tau) - \tau]. \quad (3.21) \end{aligned}$$

$\lambda \geq 1$ болғанда $P_{нұс} = P_{нұс}(\tau)$ өзгерісін алу үшін, (3.21) теңдеуден $q_{зв} = \alpha \lambda$ сәйкес келетін, $\tau > 1$ болғанда $P_{нұс} = P_{нұс}(\tau)$ шегеру керек. Нәтижесінде $\tau > 1$ болғанда аламыз:

$$P_{нұс}(\tau) = p_{\infty} - \left[\frac{\alpha \mu}{2\pi kh} J(\tau) - \frac{\alpha \mu}{2\pi kh} J(\tau - \tau_1) \right] = p_{\infty} - \frac{\alpha \mu}{2\pi kh} [J(\tau) - J(\tau - \tau_1)]. \quad (3.22)$$

Үшінші жағдайда, яғни $\tau > \tau^*$, $P_{нұс} = P_{нұс}(\tau)$ үшін (3.22) теңдеу бойынша нәтижесін шығару керек, ол үшінші жағдайдағы $q_{зв}$ өзгерісіне сәйкес келеді. Мынаны аламыз:

$$p_{нұс}(\tau) = p_{\infty} - \frac{\alpha \mu}{2\pi kh} [J(\tau) - J(\tau - \tau_1)] - \frac{\alpha \mu}{2\pi kh} J(\tau - \tau_*). \quad (3.23)$$

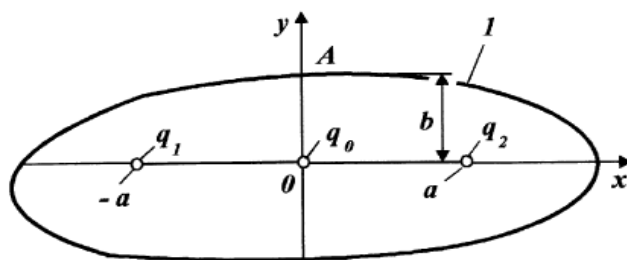
Төртінші жағдайда $\lambda > \tau^{**}$ болғанда аламыз:

$$p_{\text{нұс}}(\tau) = p_{\infty} - \frac{\alpha\mu}{2\pi kh} [J(\tau) - J(\tau - \tau_1)] - \frac{\alpha_1\mu}{2\pi kh} [J(\tau - \tau_*) - J(\tau - \tau_{**})]. \quad (3.24)$$

Қарастырылып жатқан есеп басқа түрде де қойылуы мүмкін. $P_{\text{нұс}}(\lambda)$ қысымын береді де, $q_{\text{зв}} = q_{\text{зв}}(\tau)$ анықтайды.

Қазіргі заманғы математикалық әдістерді және шығару жабдықтарын қолдану нұсқа сыртын аймағындағы параметрлер өзгерісін ескеруге, оның шектеулігін және басқа қиындатушы факторларды анықтауға болады.

Сонымен қатар күрделі математикалық әдістерді және шығару техникасын әрқашан барлық жерде пайдалануға болады. Жылдам жауап алу керек жағдайларда қарапайым, алайда кішкене төмен нақты есептеу сұлбалары пайдаланылады. Осылайша қысым өзгерісінің $P_{\text{нұс}} = P_{\text{нұс}}(t)$ жақын болжамы үшін кен орнын игеруге $t=0$ уақыт мезетінде кішкене тұрақты дебитпен $q_{\text{сүй}}$ енгізіледі деп санауға болады. Мұнай тұтқырлығы судың тұтқырлығына жақын болсын делік, оның мұнаймен қаныққан бөлігінде қабат өткізгіштігі мен қалыңдығы және шартты шегінің ар жағында, мұнайлықтың орта нұсқасында (3.11-сурет) бірдей. Нұсқа бойындағы қысымға $P_{\text{нұс}}(t)$ шартты түрде A нүктесіндегі қысымда алайық, ол x осінен b қашықтығында орналасқан. Қысымның уақыт бойынша өзгерісінің $P_{\text{нұс}}(t)$ шамаланған есебі үшін келесі әдісті қарастырайық: мұнай кен орнының барлық ұңғымаларынан сұйықтық алу $q_{\text{сүй}}$ үш, бес немесе басқа санды n нақты ағындардың q_i шығымымен ауыстырылады.



3.11-сурет. Үш ағынды мұнай кен орнының жоспары
1 – мұнайлықтың шартты нұсқасы

$$q_{\text{ж}} = \sum_i^n q_i. \quad (3.25)$$

Мысалы, (63-суретті қараңыз) график бойынша:

$$q_{\text{ж}} = q_0 + q_1 + q_2. \quad (3.26)$$

Нүктелі ағын q_0 координата басында, ал q_1 және q_2 ағындары одан сол және оң жағында сәйкесінше a және a қашықтығында орналасқан. 2-бөлімнің сәйкес келетін теңдеуін пайдалана отырып, қабаттың әр нүктесінде қысымның уақыт бойынша шамаланған өзгерісі үшін теңдеу аламыз, ол координата басынан $r = \sqrt{x^2 + y^2}$ қашықтықта орналасқан:

$$\Delta p(t) = p_\infty - p(t) = -\frac{q_0 \mu}{4\pi kh} \operatorname{Ei}\left(-\frac{r^2}{4Ht}\right) - \frac{q_1 \mu}{4\pi kh} \operatorname{Ei}\left[-\frac{(x+a)^2 + y^2}{4Ht}\right] - \frac{q_2 \mu}{4\pi kh} \operatorname{Ei}\left[-\frac{(x+a)^2 + y^2}{4Ht}\right]. \quad (3.27)$$

(3.27)-ден A нүктесіндегі қысым өзгерісін анықтайтын теңдеу аламыз:

$$\Delta p_{\text{нұс}}(t) = p_\infty - p_{\text{нұс}}(t) = -\frac{q_0 \mu}{4\pi kh} \operatorname{Ei}\left(-\frac{b^2}{4Ht}\right) - \frac{(q_1 + q_2) \mu}{4\pi kh} \operatorname{Ei}\left(-\frac{a^2 + b^2}{4Ht}\right). \quad (3.28)$$

Нұсқа бойындағы қысымды есептейтін мысалдарды қарастырайық.

3.2-мысал. Көлемі бойынша үлкен емес тереңде орналасқан мұнай кен орны мұнайлылық контуры пішіні бойынша дөңгелекке жақын, байтақ сулы аймақпен қоршалған, шексіздікке дейін жайылып жатқан деп санауға болады. Мұнай кеніндегі бастапқы қабат қысымы нұсқа бойындағыдай, $p_\infty = 20 \text{ МПа}$, $r = R = 3 \cdot 10^3 \text{ м}$ болған кезде тұйықталған сулы аймақтағы қабат өткізгіштігі $k = 0,1 \text{ м км}^2$, су тұтқырлығы $\mu = 10^{-3} \text{ Пас}$, қабаттың серпімділік сыйымдылығы $\beta = 10^{-9} \text{ 1/Па}$, сулы қабат қалыңдығы $h = 10 \text{ м}$.

Кен орнының нұсқа сыртындағы облысынан оның мұнай мен қаныққан бөлігіне келетін су мөлшерін (3.20) теңдеу бойынша анықтаймыз. Бұл кезде $\tau_1 = 2 \text{ жыл}$, $\tau^* = 4 \text{ жыл}$, $\alpha_1 = \alpha = 0,1368 \text{ м}^3/\text{тәу}$.

Кен орнын игерудің бастапқы бес жылы кезінде нұсқа бойындағы қысымның өзгерісін анықтайық.

Ең бірінші сулы қабаттың пьезоөткізгіштігін k табайық:

$$k = k/\mu\beta = 10^{-13}/10^{-3} \cdot 10^{-9} = 10^{-1} \text{ м}^2/\text{с}.$$

(3.14) теңдеу бойынша:

$$\tau = \frac{Ht}{R^2} = \frac{10^{-1}t}{9 \cdot 10^6} = 0,111 \cdot 10^{-7} t = 0,96 \cdot 10^{-3} \bar{t},$$

Мұнда, \bar{t} - тәулік.

$\Delta p_{\text{нҮС}}(\tau) = p_{\infty} - p_{\text{нҮС}}(\tau)$. Есептейміз. Егер $t = 2$ жыл = 730 тәулік

$$\tau = 0,96 \cdot 10^{-3} \cdot 730 = 0,708.$$

(3.21) бойынша:

$$\Delta p_{\text{нҮС}}(\tau) = \frac{\alpha \mu}{2\pi k h} J(\tau); \frac{\alpha \mu}{2\pi k h} = 2,182 \cdot 10^7;$$

$$J(\tau) = 0,5 \cdot 0,7008 - 0,178 \left[1 - \frac{1}{(1 + 0,7008)^{2,81}} \right] + 0,487[(1 + 0,7008) \ln 1,7008 - 0,7008] = 0,311;$$

$$\Delta p_{\text{нҮС}} = 2,182 \cdot 10^7 \cdot 0,311 = 6,78 \text{ МПа}$$

$t = 3$ жыл болғанда, $\Delta p_{\text{нҮС}}(\tau)$ -ы (3.22) бойынша есептейміз:

$$\tau = 0,96 \cdot 10^{-3} \cdot 1095 = 1,051; \tau_1 = 0,7008;$$

$$\Delta p_{\text{нҮС}}(\tau) = \frac{\alpha \mu}{2\pi k h} [J(\tau) - J(\tau - \tau_1)];$$

$$J(\tau) = 0,5 \cdot 1,051 - 0,178 \left(1 - \frac{1}{2,051^{2,81}} \right) + 0,487(2,051 \ln 2,051 - 1,051) = 0,5768;$$

$$J(1,051 - 0,7008) = 0,5 \cdot 0,3502 - 0,178 \left(1 - \frac{1}{1,3502^{2,81}} \right) +$$

$$+ 0,487(1,3502 \ln 1,3502 - 0,3502) = 0,1006.$$

Онда: $\Delta p_{\text{нҮС}}(\tau) = 2,182 \cdot 10^7 (0,5768 - 0,1006) = 10,4 \text{ МПа}$.

4 жылдан кейін = 1460 тәулік.

$$\tau = 0,96 \cdot 10^{-3} \cdot 1460 = 1,402; \tau_1 = 0,7008;$$

$$\tau - \tau_1 = 0,7012;$$

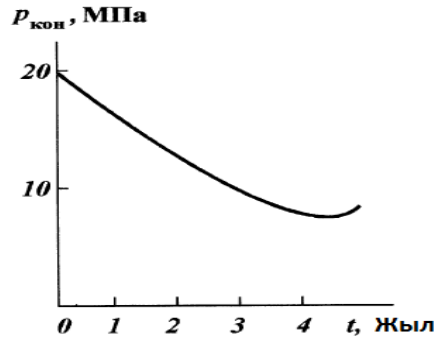
$$J(1,402) = 0,8805; J(0,7012) = 0,3113;$$

$$\Delta p_{\text{нҮС}}(\tau) = 2,182 \cdot 10^7 (0,8805 - 0,3113) = 12,4 \text{ МПа}.$$

5 жылдан кейін = 1825 тәулік, (3.23) формула бойынша $\Delta p_{\text{кон}}(\tau)$.

Осыдан: $\tau = 0,96 \cdot 10^{-3} \cdot 1825 = 1,752; \tau_* = 1,402;$

$$\tau - \tau_1 = 1,0512; \tau - \tau_* = 0,35;$$



3.12-сурет. Кен орны нұсқасындағы қысымның уақытқа тәуелділігі

$$J(1,752) = 1,212; J(1,0512) = 0,577;$$

$$J(0,35) = 0,1005;$$

$$\Delta p_{\text{нұс}}(\tau) = 2,182 \cdot 10^7 (1,212 - 0,577 - 0,1005) = 11,7 \text{ МПа}.$$

Осылайша іріктеу темпінің қарқынды өсуінен кейін $\Delta p_{\text{кон}}(\tau)$ ұлғая бастайды.

3.3-мысал. Бақылау ұңғымасындағы қабат қысымының өсуін қарастырамыз. (3.12-сурет) В-мұнай ұңғымасын жібергеннен бір жылдан кейін, $t=0$ болған кездегі q_A шығыны. Ұңғыма дебиті $q_A = 100 \text{ м}^3 / \text{сут} = 1,16 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 / \text{с}$. Қабаттың өткізгіштігі $k = 0,1 \text{ мкм}^2$. Мұнай тұтқырлығы $\mu = 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$, қабат қалыңдығы $h = 10 \text{ м}$; серпімділігі $\beta = 10^{-10} \text{ 1/Па}$. Қабатты шексіз деп есептейміз. Ұңғыма А ұңғыма В-дан $R=1000 \text{ м}$ қашықтықта жатыр.

Бұл жағдайда А ұңғымадағы қысым өзгерісін (3.29) бойынша есептейміз. Ең бірінші көлемді анықтаймыз.

$$z = \frac{R^2}{4Ht}$$

$$\text{Осыдан } H = k / \mu\beta = 10^{-13} / (10^{-3} \cdot 10^{-10}) = 1 \text{ м}^2 / \text{с}.$$

$$t = 1 \text{ Жыл} = 0,315 \cdot 10^8 \text{ с}. \quad z = \frac{10^6}{4 \cdot 1 \cdot 0,315 \cdot 10^8} \approx 0,8 \cdot 10^{-2}.$$

Егер $z \ll 1$ (2.62)-ден аламыз $-Ei(-z) \approx -0,5772 - \ln z$.

Сонда (2.22)-дан аламыз.

$$\Delta p_B = p_\infty - p_B = -\frac{q_A \mu}{4\pi k h} Ei(-z) = \frac{q_A \mu}{4\pi k h} (-0,5772 - \ln z) =$$

$$= \frac{q_A \mu}{4\pi kh} \ln \frac{4Ht}{1,781R^2} = \frac{q_A \mu}{4\pi kh} \ln \frac{2,25kt}{R^2}.$$

Берілген сандық мәндерді қоя отырып,

$$\Delta p_B = \frac{1,16 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-3}}{4 \cdot 3,14 \cdot 10^{-13} \cdot 10} \ln \frac{2,25 \cdot 1 \cdot 0,315 \cdot 10^8}{10^6} = 0,394 \text{ МПа}.$$

3.3-мысалда қаралған бақылау ұңғымасындағы қабат қысымының өзгеруін есептеу тәсілін қабатта гидротындау кезінде қысымды табу үшін және нұсқа қысымын бағалау үшін пайдаланылады.

3.3 Еріген газ және газарынды режимдері кезіндегі кен орнын игеру

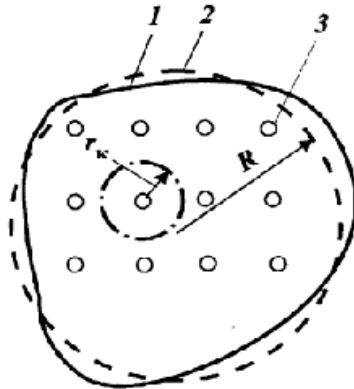
Игерілетін қабаттағы қысым қанығу қысымынан аз болатын режимді еріген газ режимі дейді. Егер мұнайдан бөлінетін газбен қаныққан кеуекті кеңістік аз болса, газ мұнайда көпіршіктер түрінде қалады. Қабат қысымының төмендеуінен болатын газға қаныққандылықтың әсерінен газ көпіршіктері ауырлық күшінің әсерінен қалқып шығады. Егер ешқандай кедергі болмаса, олар қабаттың жоғары жағында газ телпегін қалыптастырады.

Игеруге дейін пайда болған бірінші газ телпегіне қарағанда игеру кезіндегі пайда болған газ телпегі екінші деп аталады.

Қысымның төмендеуіне байланысты мұнайдан бөлінетін газ мұнайды қабаттан ығыстыруға ықпал жасайды. Бұл режим еріген газ режимі деп аталады. Егер газ толығымен мұнайдан бөлінсе және газ телпегі пайда болса, еріген газ режимі газ айдау режиміне ауысады.

Мұнай кен орындарын игеру тәжірибесі және гравитациялық күштерді есептегендегі мұнай газ қоспасының фильтрациясының теориясы көрсетуі бойынша еріген газ режимі газарынды режимге ауысады. Көп жағдайда еріген газ режимі мұнай қабатында оның серпімді режимімен бірге нұсқаның шет аймағында болады немесе қабат қысымы қанығу қысымына жақын болғанда су айдау режимімен қатар жүреді. Ал онда өндіру ұңғымаларының маңында еріген газ режимі, ал айдау ұңғымаларының маңында суарынды режим пайда болады. Мұндай режимдер аралас деп аталады.

Қабатты игеруді аралас режимде қарастырайық. Нұсқа шетінде серпімді қабаттың мұнай қаныққан бөлігіндегі еріген газ режимі. Игерілетін қабат шеңбер тәрізді болсын делік (3.13-сурет)



3.13-сурет. Аралас режимде игеріліп жатқан шеңбер тәрізді кен орнының сұлбасы.

1 – мұнайлылықтың шартты нұсқасы; 2 – R радиустағы шартты нұсқаның аппроксимациясы; 3 – өндіру ұңғымалары

Оның нұсқа шетіндегі суланған ауданының өткізгіштігі жақсы және алысқа созылады (шексіздікке). Ол серпімді режимде игеріледі. Қабаттың мұнай қаныққан бөлігінің контурындағы қысымды өткен параграфта берілген методика бойынша қарастырамыз.

Мұнай қабаты өндіру ұңғымаларының біркелкі торы бойынша өндіріледі делік. Әр өндіру ұңғымасының қоректендіру контурының радиусын ұңғымалар арақашықтығының жартысына тең деп есептеуге болады. Егер $r=r_k$ болса, қабат қысымы $P=P_k < P_{кан}$. Өндіру ұңғымаларының шығымын мөлшерлі есептеу кезінде $p_k = a p_{кон}(\tau)$ деп қабылдауға болады. Мұнда, a – кейбір тұрақты коэффициент. Сонымен аралас режим кезінде өндіру ұңғымаларының контурындағы $r=r_k$ қысымды мұнай шоғырындағы нұсқалық қысымды есепке ала отырып анықтайды. Егер нұсқа шеті ауданынан қабаттың мұнай қаныққан $q_{зв} = q_{зв}(t)$ бөлігіне ағатын судың уақыт бойынша өзгерісі берілсе, оны өз кезегінде серпімді режим теориясының негізінде анықтайды.

Егер P_k қанығу қысымына жақын, бірақ одан кіші болса, сәйкесінше қабаттың еркін газға қанығуы елеусіз. Сондықтан контур шеті ауданынан мұнай қаныққан қабат бөлігіне ағатын су мөлшерін болжаммен қабат мұнайының ағымды өндіруіне тең, яғни $q_{зв} = q_n$ деуге болады.

Егер мұнай шоғырынан мұнайдың ағымды өндіруі белгілі болса, онда берілген ағымдағы өндіруді қамтамасыз ету үшін қанша ұңғыма бұрғылау керектігін анықтау мақсатында ұңғыма шығынын анықтау қажет.

Еріген газ режимінде ұңғыма шығымын анықтаймыз. Ұңғыма жанында қысымның таралуы мұнай шоғырындағы контурлық қысымның өзгеруіне

қарағанда айтарлықтай тез жүреді, яғни сәйкесінше қоректену нұсқасындағы ұңғыма қысымы: $p_{\kappa} = p_{\kappa}(\tau)$.

Сондықтан $r_c \leq r \leq r_{\kappa}$ болғанда қысым таралуын уақыттың әр сәтіндегі орнатылған деп есептеуге болады.

Көпіршікті ортадағы газдалған мұнайдың сипатына мұндағы еріген газ әсер етеді. Мұнай кен орындарын игеру теориясында мұнайдағы еріген газдың сандық мөлшерін Генри заңы арқылы анықтайды. Алайда, нақты мұнайлар мен газдардың қасиетіне байланысты ол заң әртүрде беріледі. Еріген газ режимінде қабаттарды игеру үшін Генри заңы келесідей беріледі:

$$V_{zp} = \alpha_0 V_n p, \quad (3.29)$$

мұнда, $V_{\Gamma p}$ – мұнайда еріген, стандартты (атмосфералы) шарттарға келтірілген газ көлемі, α_0 – ерігіштік коэффициенті, V_n – қабаттық шарттарды еріген газы бар мұнай көлемі, p – абсолютті қысым.

Реалды газ үшін оның сығылу коэффициентін $z = z(p, T)$ деп есептеу керек. Изотермиялық үдерісте реалды газдың теңдеуін келесідей жазуға болады:

$$p / \rho_{\Gamma} z = p_{am} / \rho_{\Gamma am} z_{am}, \quad (3.30)$$

мұндағы, $\rho_{\Gamma}, z, \rho_{\Gamma a}, z_{am}$ – қабаттық және атмосфералық қысым кездеріндегі газдың сығылуының коэффициенті мен тығыздығы.

Жалпыланған Дарси заңының негізінде газ фильтрациясының массалық жылдамдық үшін:

$$V_{\Gamma} = - \frac{kk_{\Gamma}(s) \rho_{\Gamma}}{\mu_{\Gamma} p_{at}} \frac{\partial p}{\partial r}; \quad \varphi = z / z_{at}. \quad (3.31)$$

Мұнайда еріген газдың фильтрациясының массалық жылдамдығы үшін:

$$V_{\Gamma p} = - \frac{kk_H(s_{ж}) \alpha_0 \rho_{\Gamma}}{\mu_H} \frac{\partial p}{\partial r}. \quad (3.32)$$

Сонымен мұнайдың фильтрация жылдамдығы келесідей беріледі:

$$V_H = - \frac{kk_H(s_{ж})}{\mu_H} \frac{\partial p}{\partial r}. \quad (3.33)$$

Атмосфералық жағдайға келтірілген қабаттағы фильтрацияланатын газдың (еркін және мұнайда еріген) қабаттың газды факторы деп аталатын Γ

мұнай фильтрациясының көлемдік жылдамдығына жинақ көлемдік қатынасын табамыз. Тұрақталған фильтрация мәнінде $r_c \leq r \leq r_\kappa$ болғанда қабаттың кез келген цилиндрлі қимасында Γ газ факторы мәні тұрақты болып қалады.

(3.31), (3.32), (3.33)-тен аламыз:

$$\Gamma = \frac{p}{p_{ат}} \left[\alpha_0 p_{ат} + \frac{k_\Gamma(s_{ж})\mu_H}{k_H(s_{ж})\mu_\Gamma\Phi} \right] = \text{const.} \quad (3.34)$$

(3.34)-тен қабаттың мұнайға қаныққандығы мен қысым арасында байланыс бар екені көрінеді. Сол себепті газдалған сұйықтың тұрақталған қозғалысы кезінде:

$$p = p(s_{ж}). \quad (3.35)$$

Сол кезде жалпыланған Дарси заңына сәйкес мұнай үшін салыстырмалы өткізгіштік:

$$k_H = k_H(s_{ж}). \quad (3.36)$$

(3.35), (3.36) негізінде мұнайдың салыстырмалы өткізгіштігінің қысымына тәуелділігі болу керек деген тұжырымға келеміз.

$$k_H = \kappa_H^*(p). \quad (3.37)$$

q_H шығымымен газдалған мұнайдың ұңғымаға ағуы үшін Дюпи формуласының аналогын алуға болады:

$$q_{НС} = -\frac{2\pi kh\kappa_H^*(p)r}{\mu_H} \frac{\partial p}{\partial r}. \quad (3.38)$$

Интегралдау үшін Н. Христианович функциясын енгіземіз:

$$H = \int \kappa_H^*(p) dp + C; dH = \kappa_H^*(p) dp. \quad (3.39)$$

(3.38) интегралдап және (3.39) есепке ала отырып мұнай шығымы үшін формуланы анықтаймыз:

$$q_H = \frac{2\pi kh \Delta H}{\mu_H \ln \frac{r_k}{r_c}}; \Delta H = H_k - H_c \quad (3.40)$$

мұнда, H_k, H_c – қоректену нұсқасындағы $r = (r_k)$ және ұңғымадағы ($r = r_c$) Христианович функциясының мәндері. Салыстырмалы өткізгіштіктің мұнайға және газ конденсатты қабатқа тәуелділігін, мұнайдың тұтқырлығы және газдың ерігіштігі туралы берілгендерде біле отырып келесі тәуелділік $H = H(p)$ құрастыруға болады. Кейін ұңғымадағы түптік қысымның мәні негізінде (3.40) теңдеуі бойынша ұңғыма шығымын анықтауға болады.

Бір ұңғыма шығымы және қабаттың нұсқа шеті аймағындағы серпімді режим есебі негізінде мұнай шоғырындағы жалпы ағынды өнімді біле отырып, аралас режим кезіндегі қабатты игеру үшін бұрғыланатын ұңғыма санын анықтаймыз.

Келтірілген есептер бойынша қабаттың нұсқа шеті ауданы жеткілікті жоғары фильтрациялық қасиетке ие делінген. Бірақ мұндай болжам негізінде қабаттың шеңберлі нұсқасындағы қысым интенсивті төмендейді. Егер нұсқа шеттік аймақта өткізгіштік қабаттың өзіне қарағанда бірнеше есе төмен немесе қабат мұнайлылықтың нұсқа шетіне ығыстырылған болса, онда қабаттың мұнайға қаныққан бөлігіне судың ағуы елеусіз болады. Сондықтан мұнай шоғыры тұйық, ал нұсқа шеттік су белсенді емес деуге болады. Мұндай жағдайда мұнай мен газдың ұңғымаға келуін уақыттың әр сәтіндегі тұрақталған деп есептеуге болмайды.

Мұнайдан бөлінген газ көпіршіктердің қалқып шығуы қабаттың қатпарлығынан деп есептейік. Бұл жағдайда қабатта тұрақталмаған еріген газ режимі тарайды.

Бұл режимдегі қабатты игеруді есептеуді жеңілдету үшін газдың әр ұңғымаға ағуы нұсқа радиусымен шектелген квазистационарлы әр ток сызығында орнаған бірақ уақыт бойынша өзгертін деуге болады. Мұнайдың әр ұңғымаға массалы ағуын қарастыра отырып, қабаттың әр нүктесінің сұйық көмірсутекті фазаға қисық салыстырмалы өткізгіштікте қанығуын есепке аламыз, ал қабат элементін игеруін қарастырғанда $\bar{S}_ж$ -ға тең қабаттың көмірсутекті фазаға кейбір орташа қанығуын енгіземіз. Бұл қаныққандылық кейбір қабат қимасында болсын делік. Онда ұңғымаға келетін массалы мұнай шығымы:

$$q_{HC} = \frac{2\pi r h \rho_H k_H (s_{ж})}{\mu_H} \frac{\partial p}{\partial r} \quad (3.41)$$

Газдың массалық шығымы:

$$q_{ГC} = 2\pi h \left[\frac{k_{Г}(s_{Ж})\rho_{Г}}{\mu_{Г}} + \frac{k_{H}(s_{Ж})\alpha_0\rho_{H}}{\mu_{H}} \right] r \frac{\partial p}{\partial r}. \quad (3.42)$$

Қабат элементіндегі газ факторы үшін келесідей теңдеуі:

$$\Gamma = \frac{\bar{p}}{p_H} [\psi(\bar{s})\mu_0 + \alpha_0]; \quad \psi(\bar{s}_{Ж}) = k_{Г}(\bar{s}_{Ж}) / k_{H}(\bar{s}_{Ж}); \quad \mu_0 = \mu_{H} / \mu_{Г}. \quad (3.43)$$

Радиусы r_k қабаттағы мұнаймен газдың массасы үшін:

$$M_H = \rho_H V_H; \quad M_{Г} = \alpha_0 \bar{p} V_H \rho_H + \rho_{Г} V_{Г}; \quad V = V_H + V_{Г}, \quad (3.44)$$

мұнда, $V_H, V_{Г}$ – мұнай мен газ көлемі.

(3.44)-тен аламыз:

$$\Delta M_{Г} = \alpha_0 \Delta \bar{p} V_H \rho_H + \alpha_0 \bar{p} \Delta V_H \rho_H + \Delta(\rho_{Г} V_{Г}); \quad \Delta M_H = \rho_H \Delta V_H. \quad (3.45)$$

Материалды баланстар теңдеуінен газ факторы үшін:

$$\Gamma = \Delta M_{Г} / \Delta M_H = \Delta \bar{p} \frac{V_H}{\Delta V_H} + \alpha_0 \rho + \frac{\Delta(\rho_{Г} V_{Г})}{\rho_H \Delta V_H}. \quad (3.46)$$

теңдеуін аламыз.

$$\text{Есепке ала отырып, } \bar{s}_{Ж} = V_H / V; \quad \Delta \bar{s}_{Ж} = \Delta V_H / V; \quad 1 - \bar{s}_{Ж} = V_{Г} / V, \quad (3.47)$$

$$\text{Осыдан: } \Gamma = \alpha_0 \bar{s}_{Ж} \frac{\Delta \bar{p}}{\Delta \bar{s}_{Ж}} + \alpha_0 \bar{p} + \frac{\Delta(\rho_{Г} V_{Г})}{\rho_H \Delta \bar{s}_{Ж} V_H}. \quad (3.48)$$

Қабатты игеру үдерісі изотермиялық болады, себебі газдың аса сығылуы есепке алынбайды. (3.30)-дан:

$$\rho_{Г} = c \bar{p}. \quad (3.49)$$

Онда (3.48), (3.49) -дан $\Delta \bar{p}$ мен $\Delta \bar{s}_{Ж}$ нөлге ұмтылдыра отырып аламыз:

$$\frac{d\bar{s}_ж}{d\bar{p}} = \frac{\alpha_0 \bar{s}_ж \bar{\rho}_H + c(1 - \bar{S}_ж)}{c\rho[\psi(\bar{S}_ж)\mu_0 + 1]}. \quad (3.50)$$

(3.50) дифференциалдық теңдеуі К.А. Царевичтің еркін газ режимінде менгерілетін ұңғыманың қоректену нұсқасындағы қысым мен сұйықтың қанығуы арасындағы байланысты көрсететін теңдеуіне ұқсас.

(3.50) теңдеуін шеше отырып, орташа сұйықтыққа қанығудың $\Delta\bar{s}_ж$ орташа қысымға \bar{p} тәуелділігін және басқа игеру көрсеткіштерін аламыз. Игеру үдірісінде қабаттық жағдайдағы мұнай тығыздығы еріген газ режимінде мұнайдан газдың бөлінуі әсерінен ұлғаяды. Мұнайбергiштiктi есептеу кезінде мұнай тығыздығының өзгеруін есепке алу керек.

L_2 - де газдалған мұнай массасы; L_1 - мұнайда еріген газ массасы делік. Қабаттық жағдайдағы мұнай көлемі V_H . Сонда:

$$L_1 / \rho_{1к} + L_2 / \rho_2 = V_H; L_1 / L_2 = \alpha\bar{p}, \quad (3.51)$$

мұнда, $\rho_{1к}$ - мұнайда еріген газдың тығыздығы; ρ_2 - дегаздалған мұнай тығыздығы.

Онда қабаттық жағдайдағы мұнай тығыздығы:

$$\rho_H = \frac{L_1 + L_2}{L_1 / \rho_{1к} + L_2 \rho_2} = \frac{1 + \alpha\bar{p}}{1 / \rho_2 + \alpha\bar{p} / \rho_{1к}}. \quad (3.52)$$

Игерумен қамтылған қабат аймағындағы мұнайдың бастапқы қоры:

$$G_{HO} = \rho_H m (1 - s_{CB}) V_{каб} \quad (3.53)$$

мұнда, ρ_{HO} - қанығу қысымы кезіндегі мұнай тығыздығы; s_{CB} - суға қатысты тығыздық; $V_{пл}$ - қабат көлемі.

$$G_{калд} = \rho_H m (\bar{s}_ж - s_{CB}) V_{каб} \quad (3.54)$$

(3.53) және (3.54)-тен ағудағы ығыстыру коэффициенті үшін келесі өрнек:

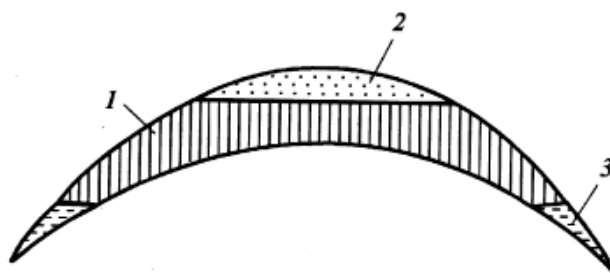
$$\eta_1 = \frac{G_{HO} - G_{калд}}{G_{HO}} = 1 - \frac{\rho_H (\bar{s}_ж - s_{CB})}{\rho_{HO} (1 - s_{CB})} \quad (3.55)$$

Игеру мен қамту коэффициентін η_1 көбейтіп, бір ұңғымаға келетін аймақтағы ағымды мұнайбергiштiктi аламыз. Ұңғыма санын біле отырып, әр

уақыт моменті үшін түгелдей кен орны үшін ағымдағы мұнайбергіштікті, сонымен қатар орташа қабаттық қысымды анықтауға болады.

Газ телпегі пайда болған кездегі игеру сипатын қарастырайық.

Мұндай қабатты игеру кезінде газ мұнайдан бөліне отырып, гравитациялық күш әсерінен газ телпегіне қалқып шығады (3.14-сурет) осылайша мұнай қабаты газ айдау режимінде игеріледі. Кен орны біркелкі ұңғымалар торымен бұрғаланған. Әрқайсысының жанында меңгеру үдерісі кезінде депрессия түтікшелері пайда болады. Алайда, $r = r_k$ болғанда ұңғымалардағы қоректендіру нұсқасында қысым p_k . Қоректену нұсқасындағы қысымға жақын деп қарастырып орташа қабатты қысым деген ұғым енгіземіз. Себебі қабатта қысым тарау кезінде депрессия воронкалар үлесі елеусіз.



3.14-сурет. Екіншілік газ шапкасы бар мұнай кен орнының сұлбасы:
1 – мұнай; 2 – газ шапкасы; 3 – контур шеттік су

Игеру үдерісімен қамтылған қабат көлемі:

$$V_{\text{оп}} = m(1 - s_{\text{CB}})\eta_2 V_{\text{каб}} \quad (3.56)$$

Қабатты игеру уақыты орташа қабаттық қысым қанығу қысымына тең болған уақыт сәтінен басталады деп есептейміз.

Мұнай мен газдың кейбір ұңғымаларға құйылуын Дюпи теңдеуі немесе арынсыз радиалды фильтрация теңдеуі бойынша есептейміз. Орташа қабат қысымы өзгеруінің, қабаттағы сұйықтардың материалдық баланс теңдеуінен шығатын қатынасты қолданамыз.

Ол үшін келесідей белгілеулер қажет: N_1 – қабаттағы газдың толық массасы, құрамында еркін және мұнайда еріген газ бар. N_2 – қабаттағы дегаздалған мұнай массасы. L_1 – мұнайда еріген газ массасы. G_1 – еркін газдың толық массасы.

Материалдық баланстың келесідей қатынастары:

$$N_1 = G_1 + L_1; N_2 = L_2, \quad (3.57)$$

мұнда, L_2 және N_2 – дегаздалған мұнайдың толық массасы. Генри заңының газдалған мұнайдың фильтрациясын қарастырған түрдегі формуласын қолданамыз:

$$L_1 / L_2 = \alpha \bar{p}. \quad (3.58)$$

Материалдар балансының қатынасының тұйық жүйесін алу үшін, қабаттағы компоненттер көлемінің қосындысының қатынасын қолданамыз:

$$G_1 / \rho_2 + L_2 / \rho_2 + L_1 / \rho_{1ж} = V_{оп}, \quad (3.59)$$

Мұнда, ρ_1 және ρ_2 – қабаттағы газдың және дегаздалған мұнайдың тығыздықтары. $\rho_{1к}$ – мұнайда еріген газдың елес тығыздығы. (3.57) – (3.58) қатынасына реалды газ (3.30) теңдеуін қосып,

$$\bar{p} / \rho_1 = p_{ат} \varphi / \rho_{1ат}, \quad (3.60)$$

өрнегін аламыз.

Нәтижесінде \bar{p} анықтау үшін толық қатынас жүйесін аламыз. Газ айдау режимінде игеру үдерісін изотермиялық деп есептейміз. Бірқатар есептерді жеңілдету мақсатында газдың артық сығылу коэффициенттерінің қатынасын орташалаймыз: $\varphi = \varphi_{cp}$

N_1 және N_2 – уақыттың әр сәтінде белгілі деп есептейміз. Бұларды келесідей анықтайды:

$$N_1 = N_{01} - \int_0^t \rho_{1ат} q_{1ат} dt, N_2 = N_{02} - \int_0^t \rho_2 q_2 dt,$$

мұнда, N_{01}, N_{02} – қабаттағы газбен дегаздалған мұнайдың бастапқы массалары.

(3.57), (3.58) және (3.60)-ты (3.59)-ға қоя отырып P анықтау үшін келесідей квадраттық теңдеу аламыз:

$$\alpha \bar{p}^2 - b \bar{p} + c = 0; \alpha = N_2 \alpha / \rho_{1к};$$

$$b = V_{оп} + \frac{N_2 \alpha p_{ат} \varphi}{\rho_{1ат}} - \frac{N_2}{\rho_2};$$

$$c = \frac{N_1 p_{ар} \varphi}{\rho_{лар}}. \quad (3.61)$$

Бұл теңдеу шешімі екі түбірден тұрады:

$$\bar{p}_{1,2} = \frac{b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}. \quad (3.62)$$

Түбірлердің қайсысы қажет екенін анықтау үшін квадраттық теңдеуді зерттейміз:

$$y = a\bar{p}^2 - b\bar{p} + c. \quad (3.63)$$

a әрқашан оң болғандықтан, онда парабола тармақтары y ұлғаю жағына бағытталады. b және c әрқашан оң болады. Сондықтан теңдеудің екі түбірі де оң болады. (3.61) негізінде түбір асты мән әрқашан b -дан кіші, сондықтан кез келген жағдайда оң. Екі түбірдің қайсысы аз, қайсысы көп екенін анықтау үшін дифференциалдаймыз (3.63) сонда:

$$dy / d\bar{p} = 2a\bar{p} - b. \quad (3.64)$$

Егер $2a\bar{p} - b < 0$ болса, онда туынды dy/dp теріс, яғни функция y кемиді. Мұндайда кішкене түбір \bar{p}_1 әділетті. Егер $2a\bar{p} - b > 0$ болса, сәйкесінше үлкен түбір әділетті \bar{p}_2 . Жалпы айтқанда, әр нақты жағдай үшін $2a\bar{p} - b$, өрнегінің санды мәнін табу қажет. Яғни, (3.61) теңдеудің әділетті түбірін табу үшін.

Қабаттағы еркін газ массасы:

$$G_1 = N_1 - N_2 a \bar{p}. \quad (3.65)$$

Әр уақыт сәтінде газ шапкасының көлемі:

$$V_1 = \frac{p_{ар} \varphi}{\rho_{лар}} \left(\frac{N_1}{p} - N_2 \lambda \right). \quad (3.66)$$

Мысалы, (3.4) мұнай қабаты еріген газ режимінде игеріледі. Мұнай тұтқырлығы $\mu_M = 5 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$. Газ тұтқырлығы $\mu_r = 0,02 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$. Мұнай мен газ тұтқырлығы қысыммен елеусіз өзгереді:

$$\mu_M / \mu_r = \mu_0 = 250 = \text{const.}$$

Мұнай мен газ үшін салыстырмалы фазалы өткізгіштік кеуекті ортаның сұйықпен қанығуына тәуелді, сондықтан функция:

$$\psi(\bar{s}_J) = \frac{s_{**} - \bar{s}_J}{\bar{s}_J - s_*}$$

$$\bar{s}_{**} = 0,9; s_* = 0,5; \bar{s}_* = 0,1.$$

Бастапқы қабат қысымы қанығу қысымына ($p_{mac} = 5 \text{ МПа}$) тең. Дегаздалған мұнай тығыздығы $\rho_{Iк} = 0,3 \cdot 10^3 \text{ кг} / \text{м}^3$. Қанығу 0.5-ке тең болғанда уақыт моменті үшін ығыстыру η_1 коэффициентін табу керек. Есеп шарты бойынша:

$$c = 0,7 \cdot 10^2 \text{ м} / (\text{м}^3 \cdot \text{МПа}), \bar{\rho}_M = 0,7 \text{ м} / \text{м}^3.$$

Бағалау көрсетуі бойынша теңдеудің оң жағын аздығына байланысты елемеуге болады. Сонда теңдеу:

$$\frac{d\bar{s}_J}{d\bar{p}} = \frac{1}{p[\varphi(\bar{s}_J)\mu_o + 1]};$$

болып қысқарады.

Жоғарыдағы мәндерді функцияға $\psi(\bar{s}_J)$ қойып, интегралдаймыз. Нәтижесінде \bar{s}_J -ның P тәуелділігін анықтау үшін:

$$p = A \frac{(\bar{s}_J - s_*)^\alpha}{\bar{s}_J}; \alpha = \frac{(1 - s_J)c\mu_o}{\alpha_o \bar{\rho}_M s_J}.$$

өрнегін аламыз.

A коэффициенті $\bar{s}_J = s_{**}, p = p_{mac}$ шартынан туындайды. $\alpha = 0,0544$ және (3.52) ескере отырып, (3.55) бойынша ығыстыру коэффициентін анықтаймыз:

$$\bar{s}_J = 0,5, p = 0,577 \text{ МПа}, \text{ болғанда}$$

$$\rho_{MO} = \frac{1 + 0,0544 \cdot 5}{1,11 + \frac{0,0544 \cdot 5}{0,3}} = 0,63 \text{ м} / \text{м}^3;$$

$$\rho_M = \frac{1 + 0,0544 \cdot 0,577}{1,11 + \frac{0,0544 \cdot 0,577}{0,3}} = 0,85 \text{ м} / \text{м}^3.$$

$$\eta_2 = 0,7; \eta_1 = 1 - \frac{0,85(0,5 - 0,05)^{0,3}}{0,63 \cdot (1 - 0,05)} = 0,361; \eta = 0,253.$$

3.5-мысал. Антиклинал қатпарлы мұнай кен орны. Жобада пішіні шеңбер тәрізді. Мұнайлылық нұсқаның радиусы $R = 3 \cdot 10^3$ м. Өнімдік қабат нұсқа шетіне ығыстырылады, сондықтан контуршеттік ауданынан мұнайлылық қабатына су келмейді.

Кен орынды орташа қабат қысымы қанығу қысымынан $p_{mac} = 8 \cdot 10^6$ Па. бірнеше есе үлкен болғанда игеріле бастайды. Алайда, серпімді режим арқасында қабаттан бастапқы қорына байланысты елеусіз аз мөлшерде мұнай өндірілді. Сондықтан кен орынды игеру $p = p_{mac}$ болғанда басталды деуге болады. Қабат жыныстарының кеуектілігі $m = 0.25$ м, қалыңдығы $h = 25$ м, суға қатысты қанығу $s_{св} = 0,05$. Игеру мен қамтылған коэффициент $\eta_2 = 0,8$. Мұнай тығыздығы $\rho_2 = 0,85 \text{ т} / \text{м}^3$, атмосфералық жағдайдағы мұнай тығыздығы $\rho_{1ат} = 0,85 \cdot 10^{-3} \text{ т} / \text{м}^3$, газдың мүмкіндік тығыздығы

$$\rho_{1к} = 0,3 \text{ т} / \text{м}^3, \alpha = 8,5 \cdot 10^{-9} \text{ т} / (\text{т} \cdot \text{Па}), \varphi = \varphi_{ср} = 0,9.$$

Он жыл көлемінде кен орыннан мұнайды алу $q_M = 1,5 \cdot 10^6$ т / жыл. Газды алу он жыл ішінде:

$$q_r = \begin{cases} 120 \cdot 10^6 \text{ м}^3 / \text{жыл} & 0 \leq t \leq 2 \text{ жыл}; \\ \left[120 + 42,43(t-2)^{1/2} \right] \cdot 10^6 \text{ м}^3 / \text{жыл} & 2 \leq t \leq 10 \text{ жыл} \end{cases}$$

болып өзгереді.

Осылайша кен орыннан газды алу игеруден екі жылдан кейін өсе бастайды, ал он жылдан кейін екі есе ұлғаяды.

Уақыт бойынша қабат қысымының өзгеруін есептейміз және қабат көлеміндегі газ шапқасы көлемінің үлесін анықтаймыз. Ең бірінші (3.56)-дан игеріліп жатқан қабат көлемін анықтаймыз.

$$V_{оп} = m(1 - s_{св})\eta_2\pi R^2 h = 0,25(1 - 0,05)0,8 \cdot 3,14 \cdot 9 \cdot 10^6 \cdot 25 = 134,24 \cdot 10^6 \text{ м}^3.$$

Қабаттың бастапқы жағдайында судан басқа мұнай мен еріген газ ғана болады, сондықтан (3.59)-дың орнына келесідей жазуға болады:

$$N_{02} / \rho_2 + N_{01} / \rho_{1к} = V_{оп}; \quad N_{01} = \alpha N_{02} p_{кан},$$

N_{01}, N_{02} – мұнай мен газдың бастапқы массасы.

Келтірілген қатынастардан аламыз:

$$N_{02} = \frac{V_{0П}}{\frac{1}{\rho_2} + \frac{\lambda p_{кан}}{\rho_{лк}}} = \frac{134,24 \cdot 10^6}{0,85 + \frac{8,5 \cdot 10^{-9} \cdot 8 \cdot 10^{-6}}{0,3}} = 95,7 \cdot 10^6 \text{т};$$

$$N_{01} = 8,5 \cdot 10^{-9} \cdot 95,7 \cdot 10^6 \cdot 8 \cdot 10^6 = 6,508 \cdot 10^6 \text{т}.$$

Бақылау сұрақтары

1. Серпімді режим дегеніміз не?
2. Ұңғыманы пайдалану режимінің өзгеруі кезінде ұңғыманың түп аймағындағы қысымды қалай анықтаймыз?
3. Мұнайды алу кезінде серпімді энергияның қоры түп аймақта қандай жағдайда болады?
4. Егер мұнай кен орны белгілі уақыт мерзімінде нұсқа сыртынан су айдауды пайдалана отырып, игеріліп жатқан болса, онда мұнай мен қаныққан бөлікке нұсқа сыртынан судың құйылуы не себептен азая бастайды?
5. Серпімді режим қандай жағдайда пайда болады?
6. Мұнай кен орындарын игеру кезінде серпімді режим теориясын ең бастысы қандай мәселелерді шешу үшін қолданылады?
7. Аралас режим дегеніміз не және аралас режим қандай жағдайда пайда болады?
8. Еріген газ режимі дегеніміз не?

IV тарау

СУ АЙДАУ АРҚЫЛЫ МҰНАЙ КЕН ОРЫНДАРЫН ИГЕРУ

4.1 Игерудің негізгі көрсеткіштері

Мұнай кен орындарында су айдау әдісін қолдану мұнайды жер бетіне шығару, сондай-ақ қабат қысымын ұстау мақсатында жүзеге асырылады.

Қазіргі таңда бұл әдісті кен орындарда қолдану ең бір кең тараған әдістердің бірі болып саналады. Осы су айдау әдісінің ішінде көбінесе, нұсқа ішінен су айдаудың қатарлы немесе блокты-қатарлы және ұңғымалардың ауданды орналасу кестесі, сондай-ақ нұсқа сыртынан су айдау әдісі қолданыс тапқан. Сонымен қатар ошақты және таңдамалы суландыру да қоланылуда.

Технологиялық түрде су айдау келесі түрде іске асырылады. Қоспалардан тазартылған суды, сорап станцияларында жоғары қысымдағы орнатылған сораптар арқылы, мұнайлылық аумағында орналасқан, айдау ұңғымаларына (нұсқаның ішінен су айдау) немесе оның сыртқы бөліктеріне (нұсқа сыртынан су айдау) айдайды. Суды бірегей түрде бірнеше ұңғымаларға айдайды (жиынды түрде). Сол себептен де, мұнай қабаттарын суландыру мақсатында қолданып жатқан сорапты станциялары жиынды сорапты станциялары деп аталады. Қабатқа айдалатын суды сапасына келесідей талаптар қойылады: орташа алғанда тартылған бөлшектердің саны өткізгіштігі төмен қабаттар үшін 5мг/л, ал өткізгіштігі жоғары қабаттар үшін 20 мг/л-дан аспауы қажет.

Қабатқа су айдау барысында айдау ұңғымаларының сағадағы қысымы 5-10МПа деңгей аралығында болуы қажет, ал көбісінде 15-20 МПа болады. Бөлек тұрған ұңғымалардағы түп аймақ өткізгіштігі әртүрлі болғандықтан, айдалып жатқан судың шығыны әр ұңғымада да әртүрлі болады. Мұнай қабаттарының сулануы жөніндегі теорияға сүйенетін болсақ, айдау ұңғымаларына айдалып отырған судың қвс шығыны Дарси заңы бойынша қысымның ауытқуына қатынаста болуы қажет. Бірақ та, факті бойынша алатын болсақ, ол сызықты емес түрде, қысымның ауытқуына тәуелді болады, оның кішкентай белгілері тәуелділік сызығына жақын келеді, бірақ та кейбір қысым ауытқуы кезінде Δp_c^* шығын қвс, тез ұлғая бастайды. Бұл өзгерістің себебі қысымның ауытқуы кезінде $\Delta p_c = p_c - p_k = \Delta p_c^*$ ұңғыманың түп аймағында жарықшақтар ашыла бастайды және осы қабаттағы өткізгіштік жылдам өсе бастайды.

Мұнай кен орындарын су айдау әдісін қолданып игеру барысында, бастапқы кезде тек таза мұнай өнімдері алынады, яғни құрамында суы жоқ, таза мұнай, кейін қабатқа айдалып жатқан судың көлеміне байланысты, мұнай мен бірге су да шыға бастайды. Егер де қвз – игеріліп отырған қабатқа

айдалып отырған судың толық шығыны деп алсақ, q_v – қабаттан алынып жатқан судың көлемі, ал q_H – мұнайдың шығымы деп алатын болсақ, онда келесі түрдегі шығарылымды аламыз:

Қабатқа айдалған судың жиналған көлемі t уақыт сәтіндегі

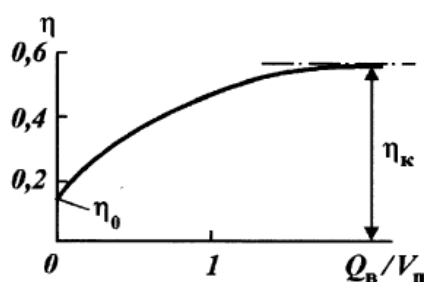
$$Q_{B3} = \int_0^t q_{B3}(t) dt. \quad (4.1)$$

2) Сол уақыт кезеңіндегі қабаттан өндірілген мұнайдың көлемі

$$Q_H = \int_0^t q_H(t) dt. \quad (4.2)$$

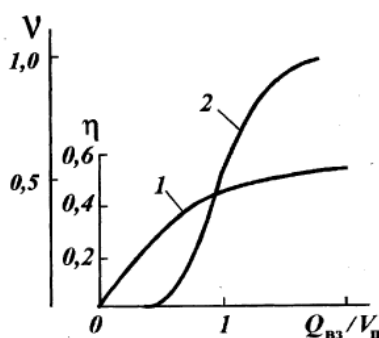
3) Қабаттан өндірілген судың көлемі

$$Q_{cy} = \int_0^t q_{cy}(t) dt. \quad (4.3)$$



4.1-сурет. Ағымдағы мұнай өнімінің $Q_B/V_{П}$ -дан тәуелділігі,

бұл жерде: Мұнай өнімі: η_0 – сусыз ; η_K – соңғысы



4.2-сурет. Ағымдағы мұнай өнімінің η және v өнімнің сусыздандыру $Q_{B3}/V_{П}$ -дан тәуелділігі.

1 – ағымдағы мұнайөнімі η ; 2 – ағымдағы сусыздандыру v

Суландыратын кен орындарын өндіруде ағымдағы мұнай өнімін $\eta = Q_n/G$ әдетте η нің $\eta = Q_n/G$ дан немесе η нің $\eta = Q_{вз}/V_{п}$ тәуелділігі ретінде кескіндейді. (мұндағы $V_{п}$ – қабаттың қуыстық көлемі; G – мұнайдың геологиялық қорлары). Құрамында азтұтқырланатын (тұтқырлығы $1-5 \cdot 10^{-3}$) мұнайы бар, қабатты өңдеу арқылы алатын $\eta = \eta (Q_{в}/V_{п})$ типтік тәуелділігі суландыруды қолданумен 4.1-суретте көрсетілген.

Кен орындарынан немесе қабатта алынатын мұнай қорлары бүтін N -ді келесі теңдеумен анықтайды.

$$N = \eta_K G \quad (4.4)$$

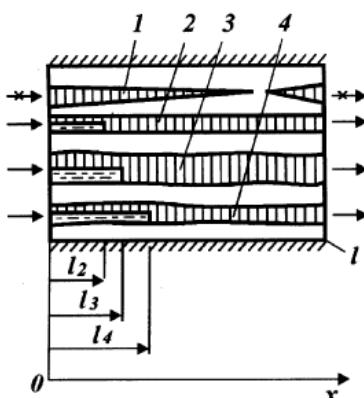
Кен орындарындағы суландыруды өңделуді басында қолданатын жағдайда $Q_{вз}/V_{п}$ қатынасынан тәуелділігі 4.2- суретте көрсетілген түрге ие болады.

Кен орындарынан немесе қабаттан алынатын ағымдағы өнімнің сулануы:

$$v = q_{в}/(q_{в} + q_{н}) = q_{в}/q_{ж}; \quad q_{ж} = q_{в} + q_{н} \quad (4.5)$$

1-бөлімде атап өтілгендей, ағымдағы мұнай өнімінің (η) коэффициенті қойнауадан алынған мұнай коэффициентіне тең немесе суландыру жағдайында, суды мұнаймен қысу η_1 арқылы η_2 қабыстыру коэффициентіне тең.

Мұнай кен орындарын сулаумен өңдеу қолданудағы қабатты қабыстыру коэффициенті η_1 деп суландыру әсеріне ұшыраған бастапқыда қабаттың бөлігінде орналасқан қабаттан алынған мұнайдың оның қорларына қатынасын айтамыз.



4.3-сурет. Қатпарланған қабаттың суландыру схемасы

Сәйкесінше қабаттың η_2 әсеріне ұшыраған, бастапқыда қабаттың бөлігінде орналасқан мұнай қорларының қабаттағы геологиялық мұнай қорларына қатынасын айтамыз. Қабат 4 қабатшадан (1,2,3 және 4) тұрады, және де олардың төменгі 3-еуі суландыруға ұшыраған, ал біріншісі айдама галереясы ($x=0$) мен өндіруші галереясы ($x=1$) аумағы арасында литологиялық сыналанып үзілгендіктен игерілмейді яғни оған қабатқа айдалатын су жіберілмейді. Қабаттағы жалпы геологиялық мұнай қорлары;

$$G = G_1 + G_2 + G_3 + G_4 \quad (4.6)$$

Суландырумен қапсырылған $G_{охв}$ келесі қор суммасына тең;

$$G_{\phi} = G_1 + G_3 + G_4 \quad (4.7)$$

анықтама бойынша:

$$\eta = \frac{Q_H}{G_{\phi}} = \frac{Q_H}{G_{охв}} \frac{G_{охв}}{G} = \eta_1 \eta_2 \quad (4.8)$$

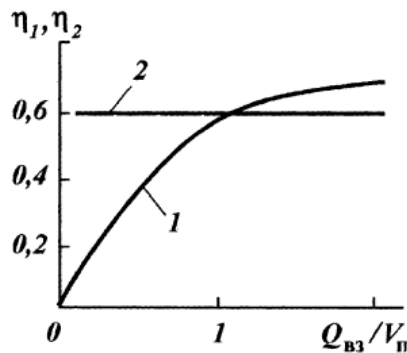
Кейбір жағдайларда мұнай өнімінің коэффициенті екі ғана емес сонымен қатар үшеу және де одан да көп коэффициент сандарына тең болады. Егер 4.3-сурет бойынша, қабатқа айдалатын судың кейбір уақыт сәті 2-қабатшаға I2 арақашықтығы бойынша, 3- қабатшаға I3 арақашықтығы бойынша, 4-қабатшаға I4 арақашықтығы бойынша сіңсе, онда 2-қабатшада суланған қабат бөліктерін бастапқы мұнай қорларын G_{02} деп, сәйкесінше 3 және 4 G_{03} - G_{04} деп белгілеуге болады.

Қабаттың суланған аумағында бастапқы суммарлық қорлар:

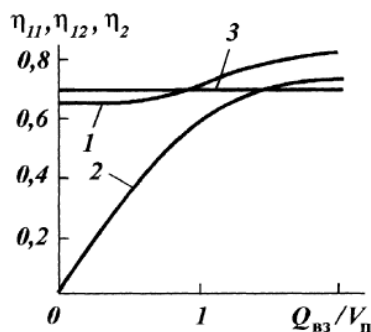
$$G_{зав} = G_{02} + G_{03} + G_{04} \quad (4.9)$$

Онда ағымдағы мұнай өнімінің коэффициентін былайша жазамыз:

$$\eta = \frac{Q_H}{G} = \frac{Q_H}{G_{зав}} \frac{G_{зав}}{G_{охв}} \frac{G_{охв}}{G} = \eta_{11} \eta_{12} \eta_2 \quad (4.10)$$



4.4-сурет. η_1 және η_2 -нің $Q_{вз}/V_{п}$ -дан тәуелділігі;



4.5-сурет. η_{11} , η_{12} және η_2 -нің $Q_{вз}/V_{п}$ -дан тәуелділігі;

мұнда η_{11} – қабаттың суланған аумағындағы мұнайды сумен ығыстыру коэффициенті.

Өзгермейтін жүйеде және қабатты өндеу технологиясы шарттары жағдайында, мұнай өнімінің коэффициенті қапсыру коэффициенті η_{11} ығысу коэффициенті η_{12} тең болғандағы $Q_{вз}/V_{п}$ дан тәуелділігі 4.4-суретте көрсетілген, ол жерден көретініміз η_{12} көрсетілген шарттарда қорлардың әсерінен уақыт өтуімен өзгермейтін қапсырылған көлем тұрақты болып қала береді.

Егер η_1 ді (4.10) теңдеуге сәйкес үш коэффициент туындысы ретінде анықтаса, онда олардың $Q_{вз}/V_{п}$ -дан тәуелділігі өзгермейтін жүйеде және қабатты өндеу технологиясында 4.5-суретте көрсетілген кескінге ие болады. η_{11} (1-кисық) суланған аумағынан мұнайды сумен сығу коэффициенті, қабатшалардың кейбірінде өндірілетін галереяда оған су келумен тұрақты болады. Қалған қабатшаларда бұл коэффициент сусыз мұнайды алу кезеңінде өзгерусіз қалады, тек қана сулы кезеңде мұнайды қосымша «шаю» әсерінен бірнеше есе ұлғаяды. Сондықтан да бұл

коэффициент қабаттан мұнайды сумен ығыстырудың бастапқы кезеңінде тұрақты болып қала береді, тек игерудің соңында ғана ұлғаяды. η_{12} суландыру коэффициенті (4.5-сурет 2-қисық) оның анықталуына қатысты үздіксіз өседі, және қабатқа судың айдалу мөлшері бойынша суланған аумақтың көлемі үздіксіз өседі.

η_{12} қапсыру коэффициенті (3-қисық) өзгермейтін жүйеде және кен орындарын өңдеу технологияларында тұрақты болады. η_1 және η_{11} коэффициенттері жалпы жағдайда яғни тек қана суландыруды қолданумен кен орындарын игеруде емес қабаттың физика-геологиялық қасиеттері және құрылысына да, сонымен қатар одан алынатын мұнай механизміне де тәуелді.

Табиғи жыныс-керндер үлгілерінен мұнайды ығыстыру зертханалық-тәжірибелік мәліметтері негізінде жиі анықталатын қысу коэффициенті қабат-коллекторлы мұнайдың физикалық-геологиялық қасиеттері мен микроқұрылымына тәуелді. Бұл ығыстыру коэффициентін жақынырақ алып қарасак, η_1 қысу коэффициенті суландыруды қолдану арқылы кен орындарын игеру үдерісі нәтижесінде, яғни мұнаймен араласпайтын сұйықтық-су қабаттарынан мұнайды сығуда келесі факторларға тәуелді:

- мұнай-жыныс коллекторларының литологиялық микроқұрылымы және минералогиялық құрамынан және осы факторлар ретінде – жыныстардың лайлылығынан, қуыстардың өлшем бойынша таралуынан, енудің абсолютті дәрежесінен, қатысты енуден, жыныстардың микрожарықтылық параметрлері, яғни блоктар мен жарықтардың өлшемі және олардың ену катыстылығы және т.б;
- мұнайды ығыстыратын су тұтқырлығы мен мұнай тұтқырлығының байланысы;
- мұнайдың құрылымдық-механикалық (ньютондық емес) құрамы және олардың қабаттары температурасы тәртібіне тәуелділігі;
- әртүрлі құрылымды жыныс-коллекторлардағы пайда болатын капиллярлы күштердің пайда болу сипаты және су жыныстарының жібуі;
- мұнайды сумен ығыстыру жылдамдығы;

Суландыру әсерімен қабатты қапсыру коэффициенті η_2 келесі факторларға тәуелді болады:

- бүтін (қабаттың макробіртексіздігі) өндірілетін мұнайлы қабаттың физикалық қасиеттері мен геологиялық біртексіздігі. Мұнда ойға алатынымыз газдық шапкалардың болуы, сумен төселетін мұнайға қаныққан аумақтар, қабаттың тігінен үздіктілігі (сінбейтін қабатшалардың бар болуы) және көлденең (қабатшалардың литологиялық сынап өтуі) дисъюнктивті жарықтардың болуы және т.б
- кен орындарының игеру жүйесінің параметрлері, өндірілетін сондай-ақ өндірілетін және баспа ұңғымалар арасындағы арақашықтық, ұңғымалардың баспа сандарының өндірілетін сандарына байланысына;

- еңкіш бағытталған (көлденен) ұңғымаларды, тармақталған діңгекті ұңғымаларды қолдану, сонымен қатар ұңғыма-сызаттық өндіру жүйесін жасау үшін қабатты гидравликалық жару үшін қолдануға;
- баспа және өндіруші ұңғымалардың түптегі қысымға, түптегі аумаққа және қабаттарды ашу үшін қолданылатын әдіске;
- ұңғымаларды тасымалдау техникалық құралдарына және қолдану әдістерінен ұңғымадан қажетті сұйықтықты шығаратын өнімді механизациялау, бір уақытта бөлек тасымалдайтын әдістерге;
- игеру жүйесінің бөлшектік өзгеру жолымен кен орындарын игеру үдерісі арқылы басқару әдістерін қолдану (тандалынатын және ошақтық суландыру) немесе өңдеу жүйесінің өзгеруінсіз (ұңғыма жұмыстарының өзгеру тәртібі), циклдық суландыру, ұңғыма тасымалын тоқтатудың тиімді жолдарын орнату және т.б;

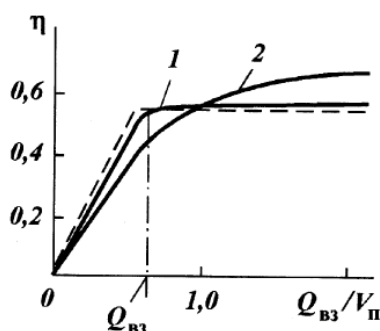
Жалпы алғанда, ығыстыру коэффициенті қабаттың физикалық қасиеттері, оның микробіртектілігі және қуыстық ортаға мұнайды ығыстыру үдерісі сипатына тәуелді екенін, ал қабатты қапсыру коэффициенті суландыру әсеріне, басқа да өңдеу әдістеріндегідей, кен орындарының микробіртектілік деңгейімен, игеру жүйесімен және ұңғыма тасымалдау шартымен анықталады.

Мұнайлы кен орындарын суландыру кезіндегі игеру көрсеткіштерін болжау үшін көп жағдайда көптеген сақталатын біртекті кендерден алынатын қабаттың моделінен мұнай әдістерінен басқа қабаттың суландыру үдерісі және нақты игеру жүйесінде қолданылатын – бүтін немесе оның элементі кен орындарының есептелетін сұлбасы моделін қолдану қажет.

Зерттеулер көрсеткендей, судың соңғы жағына келгеннен кейін таулы жыныс-коллекторлары үлгілерінен су мен мұнай ығыстырудан мұнайдың сумен шығарылуы басталады, яғни игерудің сулы кезеңі басталады.

Кейбір жағдайларда осы кезең басталғаннан кейін үлгіден аз мөлшерлі мұнай шығады (4.5-сурет 1-қисық), ал басқа жағдайда бұл кезеңде үлгілерден сусыз кезеңде шығатын (2-қисық) мұнай көлемімен салыстырылатын көп мөлшерде мұнай шығады.

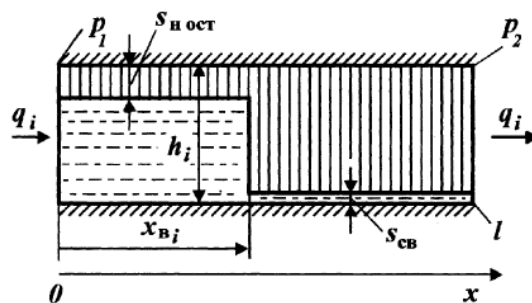
Мұндай сулы кезеңдегі жыныс үлгілерінен мұнайды сумен ығыстыру қисығы арасындағы сәйкес келмеу қуысты орталардың микроқұрылымының айырмашылығымен, ондағы капиллярлы күштердің сипатымен, сығатын және сығылатын судың тұтқырлық айырмашылығымен және т.б түсіндіріледі.



4.6-сурет. Мұнай өнімі η -нің Q_B/V_{Π} -дан тәуелділігі

Мұнайды сумен ығыстырудағы кеуекті орталардың қатысты ену және фазалық зерттеулері көрсетті: көптеген қабаттар үшін кеуектерде кеуектелген ортадан одан айдалатын шектелмеген су мөлшерінің ауысу қысымында да, яғни бітпейтін шаю деп аталатын кезең, ұсақталған, дисперстелген ұсақ мұнай глобула пайда болу сипатына ие. Осылайша бұл қабаттарда қалдық мұнай жабылған тұйық аумақта кеуекті тұзақ күйінде, яғни жыныстардың тығыз түйіршіктерімен жабылған мұнай қозғалысына кедергі келтіретін жерлерде қозғалмайтын глобулалар түрінде болады.

Кеуекті орталардан сығу үдерісі нәтижесінде мұнайдың ұсқталуына қозғалмайтын глобулалар пайда болуы су және мұнайдың тұтқырлық айырмашылығы және мұнайдағы ньютондық емес қасиеттердің болуы әсер етеді. Кеуекті орталарда мұнайдың дисперстелуі сығылу фронтынан алыс емес бір уақытта су мен мұнай пайда болатын оның артындағы жерде болады, сондықтан қарастырылып отырылған үлгілердегі сулы кезеңнен аз мөлшерде мұнай алынады. Осы орталардан мұнайды сумен қысу үдерісі 1-қисықпен түсіндіріледі (4.5-сурет). Егер кеуекті ортада салыстырмалы көлем бірлігінде тұйық аумақтар аз мөлшерде болса, онда сығатын судың артында болатын ұсақталған мұнай болса да, су үлгісіне айдау мөлшерімен алынатын болады. Бұл жағдайда кеуекті ортадағы үлгіден мұнайды сығу 2-қисықпен (4.5-сурет) сипатталады. Кеуекті ортаның 2 үлгісін аламыз. Бірінші үлгіде мұнайды сумен сығу үдерісіне 1-қисық сәйкес, ал екінші үлгіде – 2-қисық (4.5-сурет). Мұнайды шығару сулы кезең басында бұл үлгілер бірдей мөлшердегі сумен Q_{B3}^* айдалған деп аламыз $Q_{B3} > Q_{B3}^*$ болғанда бірінші үлгіден дерлік мұнай алынбайды, ал үлгіден кеуекті ортада екіншіге мұнай өндіру үшін бірге өтетін екі фазалық су мен мұнайды сүзе жүретін сулы кезең өте маңызды. 1-қисығын 2 тұзумен аппроксималауға болады, $0 \leq Q_{B3} \leq Q_{B3}^*$ шартына сәйкес және $Q_{B3} > Q_{B3}^*$ де дұрыс болатын абциссалардың параллельді осі (4.5-суретте пунктирленген сызықтар) Бұл аппроксималарға кеуекті орталардан мұнайды сумен сығу үдерісі белгілі модель – мұнайды сумен поршеньдік ығыстыру моделі сәйкес келеді.



4.7-сурет. Мұнайды сумен ығыстыру кезіндегі түзу сызықты қабатшалардың үлгісі

2 типті қисықты сипаттайтын кеуекті орталардан мұнайды сумен ығыстыру үдерісі тәжірибелік сипаттамасына негізделген. Поршеньдік ығыстыруда тәжірибелі түрде ығыстыру коэффициентін η және алынған мұнайдың көлеміне тең болатын, кеуекті орталарға айдалатын Q_{B3} коэффициентін анықтайды. Екі фазалы сүзуде II бөлімде көрсетілген кеуекті ортадағы сумен қаныққаннан су мен мұнайдың фазалық және қатысты ену тәуелділігі қолданылады.

4.2 Мұнайды сумен поршеньді ығыстыру моделі негізіндегі қатпарланған қабаттың өндіру көрсеткіштерінің есептелуі

Басты жағдайда мұнай кен орындарын игеру заманауи есептелулерінде су мен мұнайдың ортақ сүзу моделін қолданады. Алайда белгілі бір танымдық, ал кей жағдайда практикалық мәні мұнайды сумен поршеньді ығыстыру моделі мағына береді.

Түсінікті болу үшін бірінші h_i қалыңдыққа ие және I ұзындыққа, m кеуектілікке k_i еруге (4.7-сурет) ие; бір тікесызықты қабаттан мұнайды сумен ығыстыру үдерісін қарастырамыз.

Қабатшаға сол жақтан кіретін судың қысымы p_1 -ге тең болсын, ал одан шығатын су қысымы p_2 , қабаттан мұнайды сумен сығу үдерісінің жүруінде

$$\Delta \bar{p} = p_1 - p_2 \text{ тұрақты деп есептейік.}$$

Мұнайды сумен поршеньді ығыстыру моделіне сәйкес, суландырылған аумақтағы $s_{НОСТ}$ қалдық мұнайға қанығу тұрақты болады. Ығыстыру фронты t сәті уақытында $X_{Bi} = X_{Bi}(t)$ күйінде болады (4.5-сурет). Бүкіл қабаттың еніне тең болатын сызба жазықтығына перпендикуляр бағытта өлшенетін қабаттың ені – v . Тұрақты ауысуда қабатшаға кіретін қысым және шығару одан шығатын судың шығыны q_i уақыт бойынша өзгереді.

Суланған аумақта, яғни $0 \leq x \leq X_{Bi}$ да бастапқы қанығумен $s_{св}$ байланысты су айдалған сумен араласады, сондықтан (4.7-сурет) суланған аумақ қалдық мұнаймен қоспаға қаныққын. Онда $0 \leq x \leq X_{Bi}$ болғанда қабат аумағына кіретін судың суммалық көлемі Q_{B3} мына теңдеу арқылы анықтаймыз:

$$Q_{\text{вз}i} = mbh_i(1 - s_{\text{Hкалд}} - s_{\text{CB}})x_{\text{Bi}} \quad (4.11)$$

Осы мәнді t уақытпен дифференциялап, I қабатшаға түсетін су шығынын есептеу үшін келесі теңдеумен аламыз:

$$Q'_{\text{вз}i} = mbh_i(1 - s_{\text{Hкалд}} - s_{\text{CB}}) \frac{dx_{\text{Bi}}}{dt} \quad (4.12)$$

Басқаша қарағанда Дарсидың жалпылама заңына сәйкес су мен мұнайдың фазалық енуі $k_{\phi B} = k_B k$, $k_{\phi H} = k_H k$ деп есептегенде, (k_B және k_H - қатысты ену) су шығыны үшін келесі мәнді аламыз:

$$q_{\text{вз}i} = \frac{k_i k_B b h_i (p_1 - p_B)}{\mu_B X_{\text{Bi}}(t)} \quad (4.13)$$

Мұнайды сумен ығыстыру үдерісін қарастырғанда су мен мұнайды сығылмайтын сұйықтық ретінде қарастырады. Қабат жыныстарының сығылуын есепке алмайды. Сондықтан I қабатшасынан алынатын мұнай-мұнай шығынын (4.13) мына мәмен есептейді:

$$q_{\text{Hi}} = \frac{k_i k_H b h_i (p_{\text{Bi}} - p_2)}{\mu_B (1 - X_{\text{Bi}})} \quad (4.14)$$

(4.13) және (4.14) мәндерінен қысу фронтында қысымды p_{ei} алып тастағанда

$$q_{\text{вз}i} = q_{\text{Hi}} = \frac{k_i b h_i \Delta \bar{p}}{\frac{\mu_H}{k_H} I - \left(\frac{\mu_H}{k_H} - \frac{\mu_B}{k_B} \right) X_{\text{Bi}}(t)} \quad (4.15)$$

теңдеуін аламыз

(4.12) және (4.15)-ті теңестіре отырып, $X_{\text{Bi}}(t)$ қатысты келесі дифференциалдық теңдеуді аламыз:

$$\left[\frac{\mu_H}{k_H} I - \left(\frac{\mu_H}{k_H} - \frac{\mu_B}{k_B} \right) X_{\text{Bi}} \right] \frac{dX_{\text{Bi}}}{dt} = \frac{k_i \Delta \bar{p}}{m(1 - s_{\text{Hкалд}} - s_{\text{CB}})} \quad (4.16)$$

(4.16) интегралдау арқылы $X_{\text{Bi}} = 0$ болғанда $t = 0$ қатысты келесі квадраттық теңдеуге келеміз:

$$\frac{\mu_H}{k_H} e X_{\text{Bi}} - \left(\frac{\mu_H}{k_H} - \frac{\mu_B}{k_B} \right) \frac{X_{\text{Bi}}^2}{2} = \frac{k_i \Delta \bar{p} t}{m(1 - s_{\text{Hкалд}} - s_{\text{CB}})} \quad (4.17)$$

Бұл квадратты теңдеуді шеше отырып, қабатшадағы X_{Bi} -ді анықтау үшін кез келген уақыт моментіндегі k ену үшін қорытынды теңдеу аламыз:

$$X_{Bi}(t) = \frac{\mu_H I (1 - \sqrt{1 - \varphi k_i t})}{k_H \left(\frac{\mu_H}{k_H} - \frac{\mu_B}{k_B} \right)} \varphi = \frac{2 \overline{\Delta p} \left(\frac{\mu_H}{k_H} - \frac{\mu_B}{k_B} \right)}{m (1 - s_{H \text{ калд}} - s_{CB}) \frac{\mu_H^2 \tau^2}{k_H^2}} \quad (4.18)$$

к ену бар сусыздандыру I қабатшасынан t уақытымен бірінші теңдеуге қоямыз (4.18) $X_{Bi} = 1$

$$t_* = \frac{m (1 - s_{H \text{ калд}} - s_{CB}) \left(\frac{\mu_H}{k_H} - \frac{\mu_B}{k_B} \right) I^2}{2 \overline{\Delta p} k_*} \quad (4.19)$$

(4.19) теңдеуден қатпарланған қабатшада мұнайды сумен ығыстыру үдерісі басында өте жоғары енуі бар қабатша сусызданады.

Қатпарланған қабаттан мұнайды сумен ығыстыру үдерісін қарастырамыз. Ыңғайлы болу үшін қабатшалардың абсолютті өткізгіштігі ең төменгісінен бастап, ең жоғарысына дейін өзгертіндей, қабаттың барлық қабатшаларын ойша бір «бірқатар» деп санаймыз.

Мысалы, осы бір қатардың төменгі шебінде өткізгіштігі ең жоғары қабатша орналассын, ал жоғарғы жағында өткізгіштігі ең төменгі қабатша орналассын. Біртекті қатпарланған қабаттың ықтималдық-статистикалық моделіне байланысты қабатшалардың суммалық қалыңдығы h , өткізгіштігі қабаттың басқа мәндерінен төмен болмайтын, яғни k -ға тең, өткізгіштігін орналастыру заңына байланысты төмендегі теңдеуді аламыз:

$$\bar{h}/h = F(k), \quad (4.20)$$

мұндағы, h – «штабельдегі» барлық қабықшалардың жалпы қалыңдығы

(4.20) теңдеуін келесі дифференциалдық түрде, яғни таралу тығыздығы арқылы белгілейміз:

$$\frac{d\bar{h}}{h} = F'(k) dk = f(k) dk \quad (4.21)$$

Қатпарланған қабаттан тұратын мұнайды сумен сығуды егерде кейбір h қалыңдыққа ие қабаттар және k суға ену шығынымен түседі деп есептесек, онда (4.15) және (4.18) формулаларынан

$$\Delta q = \frac{b k_M \overline{\Delta p} k \Delta h}{\mu_M t \sqrt{1 - \varphi k t}} \quad (4.22)$$

(4.20) дан (4.21) есептегенде, олардың соңғы сәйкес дифференциалы мәндерін айналдырғанда және I индексін түсірсек, онда

$$dq = \frac{bk_H \Delta \bar{p} h k f(k) dk}{\mu_H l \sqrt{1 - \varphi k t}} \quad (4.23)$$

Поршеньдік ығыстыру моделіне сәйкес, суландырылған қабатшадан мұнай алынбайды, олардан тек су ғана алынады.

Әрине, бірінші кезекте жоғары енуі бар қабатшалар суланады. Теорияда қолданылатын мұнай-кен орындарындағы қабат моделін қабықты-біртексіз үздіксіз жоғары енуі бар болуы мүмкін деп шартты түрде қабылдайды.

$t=t$, барлық қабаттар $k \geq k_*$ өткізгіштігімен суланғанда мұнайды өткізгіштігі $k \leq k_*$ болатын қабаттардан ғана алуға болады. Айтылғандарға сәйкес мұнай дебиті үшін қарастырылып отырған қатпарлы қабаттан (4.23) негізінде келесі теңдеуді аламыз:

$$q_\mu(t) = \frac{bk_H h \Delta \bar{p}}{\mu_H l} \int_0^{k_*} \frac{k f(k) dk}{\sqrt{1 - \varphi k t}} \quad (4.24)$$

Су шығыны де $q(t)$ келесі теңдеуде көрсетілген қатынас бойынша анықталады.

$$q_{cy}(t) = \frac{bk_B h \Delta \bar{p}}{\mu_{cy} l} \int_{k_*}^{\infty} k f(k) dk \quad (4.25)$$

Келтірілген теңдеулер көмегімен уақыт мәндерін бере отырып $t=t$, (4.19) теңдеуі бойынша k мәнін анықтауға болады. Кейін абсолютті өткізгіштіктің ықтималдық-статистикалық үлестірілу тығыздығы белгілі деп, (24) және (25) теңдеулерлерін интегралдап, q_H , q_B және $q = q_H + q_B$ мәндерін анықтауға болады.

Келтірілген өрнектер мен теңдеулер жоғарыда айтылғандай қатпарлы қабаттан мұнайды сумен ығыстыру процестерінің барлық кезеңінде қысымның төмендеуі өзгеріссіз болған жағдайлар үшін жарамды. Тұрақты шығын жағдайы берілгенде q_B қатпарлы қабатқа айдалған су, мұнай мен су дебитін анықтау үшін басқа қатынасқа ие болады, сонымен қатар бұл жағдайда уақыт өтуімен өзгертін қысым айырмасы да. Егер $q_B = \text{const}$ болса, (15) және (16) формулалары орындалады, мұнда қысым айырмасы Δp – уақыт функциясы, яғни $\Delta p = \Delta p(t)$ екендігін ескеру қажет.

Ψ функциясын енгіземіз:

$$\varphi = \Lambda \int_0^t \Delta \bar{p}(t) dt; \quad \Lambda = \frac{2 \left(\frac{\mu_H}{k_H} - \frac{\mu_{cy}}{k_{cy}} \right) k_H^2}{m(l - S_{H\text{калд}} - S_{CB}) \mu_H^2 l^2} \quad (4.26)$$

(15) теңдеуінен q шығын дифференциалы және h қабат қалыңдығына қатысты жазсақ (26) теңдеуін ескере отырып, келесі қатынасты аламыз:

$$dq_{B3} = \frac{bk_M \Delta \bar{\rho}(t) k dh}{\mu_{H1} \sqrt{1-\varphi k}} \quad (4.27)$$

Тұрақты қысым айырмасы жағдайындағыдай қатпарлы қабатқа айдалатын судың тұрақты шығыны кезінде уақыттың кейбір кезінде $t=t$, қабаттың бір бөлігі толық суланған болады және тек су ғана алынады, ал келесі бөлігінен сусыз мұнай өндіріледі. Сондықтан қатпарлы қабаттың барлық қалыңдығында айдалған судың толық шығынын q_{B3} (27) теңдеуін интегралдау және оның оң жағына суланған қабаттардан су құйылымын есепке алатын интеграл қосу арқылы анықтауға болады. Нәтижесінде

$$q_{B3} = \frac{bk_H \Delta \bar{\rho}(t)}{\mu_{H1}} \int_0^{k_*} \frac{kf(k)dk}{\sqrt{1-\varphi k}} + \frac{bk_B \Delta \bar{\rho}(t)}{\mu_{B1}} \int_{k_*}^{\infty} kf(k)dk \quad (4.28)$$

Білім алушыға $\Delta p(t)$ мәнін анықтаудың келесі жұмыстары ұсынылады. Алдымен өткізгіштік мәні k беріледі, (4.19) теңдеуі бойынша қабаттың сулану уақыты $t=t$ анықталады, кейін t мәні үшін ψ есептеледі. Осыдан кейін (4.28) теңдеуіндегі интегралдар және q_{B3} берілген кездегі $\Delta p(t)$ анықталады. Есептеу операциялары k -ның басқа да кіші мәндері кезінде $\Delta p(t)$ тәуелділігін анықтау үшін қайталанылады.

Мұнай шығын келесі теңдеу бойынша анықталады:

$$q_M(t) = \frac{bk_M \Delta \rho(t)}{\mu_{M1}} \int_0^{k_0} \frac{kf(k)dk}{\sqrt{1-\psi k}} \quad (4.29)$$

ал су шығын:

$$q_B(t) = \frac{bk_B \Delta \rho(t)}{\mu_{B1}} \int_{k_0}^{\infty} kf(k) dk \quad (4.30)$$

Радиалды жағдайда мұнайды бөлек қабаттан сумен поршеньді ығыстыру кезінде (4.12) теңдігінің орнына келесі теңдікті пайдаланамыз:

$$q_{B3i} = \frac{k_B k_i}{\mu_B} 2\pi h_i r \frac{\partial P}{\partial r} \quad (4.31)$$

Уақыттың кейбір кезеңінде мұнайды сумен ығыстыру фронты i -ші қабатта $r=r_{Bi}$ радиусына дейін жетті дейік, мұнда қабат қысымы p_{Bi} тең. Онда, (4.31) теңдігін бұрғы радиусынан r_{Bi} радиусына дейін интегралдай отырып, келесі теңдікті аламыз:

$$q_{B3i} \ln \frac{r_{Bi}}{r_c} = \frac{k_B k_i}{\mu_B} 2\pi h_i (p_c - p_{Bi}) \quad (4.32)$$

$R_{Bi} \leq r \leq R$ аймағында, яғни ығыстыру фронтының алдында, мұнай $q=q$ шығынымен, сондықтан (4.32) ұқсас келесі теңдікті аламыз:

$$q_{Mi} \ln \frac{R}{r_{Bi}} = \frac{k/k_M}{\mu_M} 2\pi h_j (p_{Bi} - p_k) \quad (4.33)$$

(4.32) және (4.33) теңдеулерден келесі өрнекті аламыз:

$$q_{Bi} = q_{Hi} = \frac{2\pi k_i \Delta p_c h_i}{\frac{\mu_B}{k_B} \ln \frac{r_{Bi}}{r_c} + \frac{\mu_H}{k_H} \ln \frac{R}{r_{Bi}}} \quad (4.34)$$

(4.12) теңдеуге ұқсас i -ші қабат үшін

$$q_{Bi} = m(1 - S_{\text{Мост}} - S_{CB}) 2\pi r_{Bi} \frac{\partial r_{Bi}}{\partial t} \quad (4.35)$$

(34) және (35) өрнектерінің оң жақ бөлігін теңестіріп және i индексін шығарып, мына теңдікті аламыз:

$$\left(\frac{\mu_B}{k_B} \ln \frac{r_B}{r_c} + \frac{\mu_M}{k_M} \ln \frac{R}{r_B} \right) r_B \frac{dr_B}{dt} = \frac{k \Delta p_c}{m(1 - S_{\text{Мост}} - S_{CB})} \quad (4.36)$$

$\rho = r_B / r_c$ өрнегін жаза отырып, $\Delta p = \text{const}$ болғандағы (4.36) формуласын интегралдаймыз. Нәтижесінде

$$\left(\frac{\mu_B}{k_B} - \frac{\mu_M}{k_M} \right) \left[\rho^2 \left(\ln \rho - \frac{1}{2} \right) + \frac{1}{2} \right] + \frac{\mu_M}{k_M} \ln \frac{R}{r_c} (\rho^2 - 1) = \frac{2k \Delta p_c t}{m(1 - S_{\text{Мост}} - S_{CB}) r_c^2} \quad (4.37)$$

Енді абсолютті өткізгіштігі $k=k^*$ болатын пропластың сулануының басталуына сәйкес келетін $t=t^*$ уақытын анықтауға болады. $\rho = r_k = R / r_c$ деп, келесі мәнге ие боламыз:

$$t_* = \frac{m(1 - S_{\text{Мост}} - S_{CB}) r_c^2 \left\{ \left(\frac{\mu_B}{k_B} - \frac{\mu_M}{k_M} \right) \left[\rho_k^2 \left(\ln \rho_k - \frac{1}{2} \right) + \frac{1}{2} \right] + \frac{\mu_M}{k_M} \ln \rho_k (\rho_k^2 - 1) \right\}}{2 \Delta p_c k_*} \quad (4.38)$$

(4.34) формуласынан

$$dq_M = \frac{2\pi \Delta p_c k dh}{\frac{\mu_B}{k_B} \ln \frac{r_B}{r_c} + \frac{\mu_M}{k_M} \ln \frac{R}{r_B}} \quad (4.39)$$

(4.39) өрнегін интегралдап, түзусызықты жағдайдағыдай $\Delta p = \text{const}$ кезінде мына теңдікті аламыз:

$$q_M(t) = 2\pi h \Delta \rho_c \int_0^{k_*} \frac{kf(k)dk}{\frac{\mu_B}{k_B} \ln \frac{r_B}{r_c} + \frac{\mu_M}{k_M} \ln \frac{R}{r_B}} \quad (4.40)$$

$$q_B(t) = \frac{2\pi h \Delta \rho_c k_B}{\mu_B \ln \frac{R}{r_c}} \int_{k_*}^{\infty} kf(k)dk \quad (4.41)$$

(40) интегралын есептеу үшін интеграласты өрнекке (4.37) формуласынан g_B мәнін қою қажет. Сондықтан жалпы жағдайда $q_H(t)$ шамасын компьютер көмегімен сандық жолмен анықтау керек. Алайда, түзусызықты жағдайындағыдай, $\mu_B/k_B = \mu_H/k_H$ кезінде есептеу қарапайымдалады. (4.40) өрнегі келесі формулаға түрленеді:

$$q_M(t) = \frac{2\pi k_H h \Delta \rho_c}{\mu_H \ln \frac{R}{r_c}} \int_0^{k_*} kf(k)dk \quad (4.42)$$

k^* өрнегін табу үшін $k=k^*$ өткізгіштігіне ие қабаттың сулану сәтін (4.38) теңдеуі бойынша және абсолютті өткізгіштіктің үлестірілуінің танымал ықтималдық-статистикалық заңына $q_H(t)$ және $q_B(t)$ сәйкес анықтаймыз.

4.1-мысал. Бірқатарлы жүйе элементінде мұнай қабатының кен шығару орнының ұзындығы $l=500$ м, ені $b=500$ м және қалыңдығы $h=10$ м, суландыруды қолданумен өндіріледі. Қабаттың кеуектілігі $m=0.25$, қабаттық жағдайда мұнай иілімділігі $\mu_H = 2 \cdot 10^{-3}$ Па с, су иілімділігі $\mu_B = 103$ Па с. Қабат қалыңдық бойынша біртекті емес және абсолютті өткізгіштіктің гамма-үлестірілімділігіне ие қатпарлы-біртекті қабат моделімен берілуі мүмкін. Үлестірімділік тығыздығы $\alpha=2$ сәйкес келеді. Сол себепті

$$f(k) = \frac{k l^{-k/\bar{k}}}{\bar{k}^2}.$$

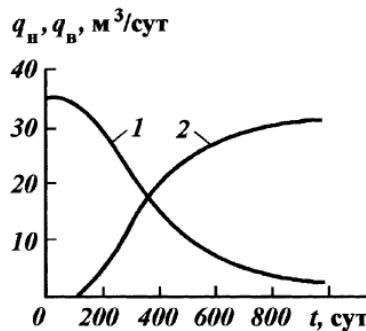
Орташа абсолютті өткізгіштік $M(k) = 2k = 0.4$ мкм².

Қабатта байланған су мөлшері $S_{CB} = 0.05$, мұнайды әрбір қабаттан сумен поршеньді ығыстыру кезінде қабатта қалдық мұнаймен қанығу $S_{H \text{ ост}} = 0.4$. Қабат бірқатарлы элемент жүйесінде қысымның тұрақты айырмасы кезінде өндіріледі $\Delta p = 0.2$ МПа. Суланбаған аймақтардағы мұнайға қатысты өткізгіштік $k_H = 1$, ал суланған аймақтардағы суға қатысты өткізгіштік $k_B = 0.5$.

Уақыт өтуімен мұнай дебитінің өзгерісін $q_H(t)$ және су дебиті өзгерісін $q_B(t)$ анықтаймыз. Берілген мысал шешімін қарастырмас бұрын, $\mu_H/R_\mu = \mu_{cy}/R_{cy} = \mu_H/k_H$ шартына сәйкес болу керек екендігін атап өтеміз. Бұл жағдайда (24) және (25) формулаларына сәйкес мына мәндерге ие боламыз:

$$q_H(t) = \frac{b k_H h \Delta \bar{p}}{\mu_H l} \int_0^{k_*} kf(k) dk;$$

$$(4.19) \text{ теңдеуі бойынша } t=t^* = \frac{m \left(1 - S_{\text{Мочт}} - S_{\text{СВ}} \right) \left(\mu_M / k_M + \mu_B / k_B \right) l^2}{2 \Delta \rho k_*} .$$



4.8-сурет. Уақыт өтуімен мұнай дебитінің өзгерісі (1) және су дебитінің өзгерісі (2) графигі

Келтірілген теңдеулерге $q_H(t)$ және $q_B(t)$ үшін мысал шартында берілген абсолютті өткізгіштіктің гамма-үлестірілімділігінің тығыздығын қойып, келесі теңдікті аламыз:

$$q_H(t) = \frac{b k_H h \Delta \bar{p}}{\mu_H l} \int_0^{k_*} \frac{k^2 e^{-k/\bar{k}} dk}{\bar{k}^2} = .$$

Сәйкесінше су дебиті үшін

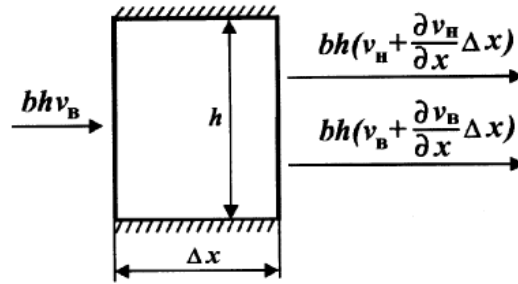
$$= \frac{b k_H h \Delta \bar{p}}{\mu_H l} \left[2 \bar{k} (1 - e^{-k_*/\bar{k}}) - k_*^2 / \bar{k} e^{-k_*/\bar{k}} - 2 k_* e^{-k_*/\bar{k}} \right]$$

Есептеу тәртібі келесідегідей: алдымен суланған қабатша өткізгіштігін k^* анықтау керек, кейін келтірілген формула бойынша осы қабатшаның сулану t^* уақыты, осыдан кейін берілген уақыт үшін мұнай және су дебиттерін есептейміз. Есептеулерді k^* және t басқа мәндері үшін балама әдістермен қайталаймыз.

4.8-суретте уақыт бойынша мұнай және дебиттерінің өзгеріс графигі көрсетілген, бұдан абсолютті өткізгіштік үлестірілімділігінің берілген түрі үшін жүйе элементінде қабаттың сулануы өте тез өседі, 400 тәуліктен кейін $q_H = 15.7 \text{ м}^3/\text{тәу}$, ал су дебиті $q_B = 19 \text{ м}^3/\text{тәу}$.

4.3 Біртекті қабат өндірісі көрсеткіштерінің екіфазалық фильтрация моделі негізінде есептелуі

Мұнай қазба орындарының өндіріс процесін есептеудің барлық танымал әдістемелері мұнайды сумен ығыстырудың поршеньсіз сипатын есепке ала отырып, біртекті сұйықтықтарды сәйкесінше сүзу теориясына негізделген. Сүзудің мұндай түрін мұнайшылар «екі фазалы сүзу» деп атайды. Екі фазалы сүзу теориясын түзусыздықты біртекті қабаттан мұнайды сумен ығыстыру мысалында қарастырайық. Бұл мысал мұнайды бұрғы орналасуының бірқатарлы жүйе элементінен сумен ығыстыру жағдайына сәйкес келеді.



4.9-сурет. Мұнайды поршеньсіз сумен ығыстыру кезіндегі қабат элементінің схемасы.

Екі фазалы сүзуді (мұнайды сумен поршеньсіз ығыстыру) қарастыра отырып түзу сызықты қабатта ұзындығы Δx , биіктігі h және ені b болатын, жазықтыққа перпендикуляр бағыттағы элементті белгілейміз (4.9-сурет). Жалпы жағдайда сол жағынан элементке қабылданады, ал оң жағынан мұнай мен су ағылады. Сонымен қатар сол жақта су шығыны bhv_B , ал оң жағында $-bh(v_B + \frac{\partial v}{\partial x} \Delta x)$ теңдігіне ие болады.

Қабат элементінде жинақталған су мөлшері $bhm \frac{\partial s}{\partial t} \Delta x$ (v – суды сүзу жылдамдығы; s – қабаттың сумен қанығуы; t – уақыт) құрайды. Заттардың сақталу заңына сәйкес қабат элементіне кіретін және шығатын су жылдамдықтарының арақатынасы қабат элементінде судың жинақталу жылдамдығына тең. Айтылғандарды математикалық өрнек ретінде былайша жазуға болады:

$$-bh(v_B + \frac{\partial v}{\partial x} \Delta x) + bhv_B = bhm \frac{\partial s}{\partial t} \Delta x.$$

$\Delta x \rightarrow 0$ ұмтылуы кезінде сәйкес бөліктерді қысқартудан кейін

$$\frac{\partial v_B}{\partial x} + m \frac{\partial s}{\partial t} = 0 \quad (4.43)$$

Кеукті ортада тек мұнай мен су болатындықтан кеукті ортаның мұнаймен қанығуы $s_H = 1 - s$. Алдыңғыға балама ретінде қарастырсақ мұнайдың қабат элементіне ену және одан шығу жылдамдығы:

$$\frac{\partial v_{BM}}{\partial x} - m \frac{\partial s}{\partial t} = 0 \quad (4.44)$$

(4.43) және (4.44) теңдіктерін қойып, мына теңдікке ие боламыз:

$$\frac{\partial}{\partial x}(V_M + V_B) = 0; V_M + V_B = V(t) \quad (4.45)$$

Осылайша, мұнай мен су сүзуінің суммалық жылдамдығы x координаты бойынша өзгермейді, себебі мұнай мен суды қысылмайтын сұйықтықтар қатарына жатқызады.

Сәйкесінше қабат режимі қатты су ағысының күші жоғары. Мұнай мен су сүзуінің жылдамдықтары ортақ Дарси заңына бағынатындықтан,

$$V_B = -\frac{kk_B(s)}{\mu_B} \frac{\partial \rho}{\partial x}; \quad V_M = -\frac{kk_M(s)}{\mu_M} \frac{\partial \rho}{\partial x}; \quad (4.46)$$

мұндағы, k_B және k_H , μ_B және μ_H – сумен қанығуға s және мұнай мен су иілімділігіне тәуелді болып табылатын қатысты өткізгіштіктер.

Бакли-Левверетта функциясы деп аталатын $f(s)$ функциясын қарастырамыз. Бұл

$$f(s) = \frac{V_B}{V_B + V_H} = \frac{k_B(s)}{k_B(s) + \frac{\mu_B}{\mu_M} k_M(s)} \quad (4.47)$$

Немесе

$$f(s) = V_B / V(t) \quad (4.48)$$

(4.48) теңдеуден, x бойынша v_B мәнін дифференциялап, мына теңдікті аламыз:

$$\frac{\partial v_B}{\partial x} = V(t) f'(s) \frac{\partial s}{\partial x} \quad (4.49)$$

(4.49) теңдеуін (4.43) теңдеуіне орналастырғаннан кейін s мәнін анықтау үшін бірінші реттік бір дифференциалды теңдік аламыз, яғни

$$V(t) f'(s) \frac{\partial s}{\partial x} + m \frac{\partial s}{\partial t} = 0. \quad (4.50)$$

Мұнайды түзу сызықты қабаттан сумен ығыстыру шамасы бойынша мұнай ығыстырушы фронт қабаттың соңына қарай жылжып, суланған аймақтың әр қиылысындағы сумен қанығу үздіксіз жоғарылайды. Мұнайды түзусызықты қабаттан сумен ығыстыруды басқа жолмен жазуға болады, бұл қабат бойынша сумен қанығу өзгерісін бақылай отырып жүзеге асады. Егер, мысалы, уақыттың кез келген мезетінде қабаттың кейбір қиылысында сумен қанығу $s = s_1$ болса, онда белгілі бір уақыт өткеннен кейін бұл сумен қанығу қабаттың соңында да болады, себебі мұнай одан бірте-бірте шығарылып, оның орнын су басады. Жоғарыда келтірілген үшін $s = \text{const}$ келесі түрде жазуға болады.

$$\frac{\partial s}{\partial x} \frac{\partial x}{\partial t} + \frac{\partial s}{\partial t} = 0. \quad (4.51)$$

(4.50) және (4.51) теңдеулерін салыстырайық. Олар келесі түрдегідей қойсақ бірдей болады.

$$\frac{\partial x}{\partial t} = \frac{f'(s)V(t)}{m} \quad (4.52)$$

Алынған өрнекті (4.52) bh -қа көбейтеміз, бөлеміз және интегралдаймыз. Нәтижесінде:

$$bhm x = f'(s) Q_{B3}(t); \quad Q_{B3}(t) = \int_0^t bhV(t) dt \quad (4.53)$$

Мына түрге келтіреміз

$$\xi = bhm x / Q_{B3}(t), \quad (4.54)$$

сонда

$$\xi = f'(s). \quad (4.55)$$

(4.55) теңдеуінен s мәнін тауып, сумен қанығудың берілген мәні үшін қабатқа кіруден бергі қашықтықты анықтауға болады. Алайда сусыз жабдықтау кезінде толтырылған су қабаттың соңына әлі жетпейді. Мұндайды сумен ығыстыру фронтының жағдайын орнату және ығыстыру фронтында сумен қанығуды орнату үшін қабатқа толтырылған судың материалды теңдігін қарастырамыз. Егер t уақыт мезетінде қабатқа $Q_{B3}(t)$ -ға тең болатын су көлемі толтырылған болса, $x=0$ -ден ығыстыру фронтына дейінгі қашықтық x_B тең, сумен байланысқан қабаттың қанығуы $s=s_{CB}$, демек

$$Q_{B3}(t) = bhm \int_0^{x_B} S(X) dX - bhm x_B s_{CB}. \quad (4.56)$$

Келесі өрнектерді қолданамыз:

$$X = \frac{Q_{B3}}{bhm} \xi; \quad x_B = \frac{Q_{B3}}{bhm} \xi_B; \quad dX = \frac{Q_{B3}}{bhm} d\xi \quad (4.57)$$

Онда (4.57) формуласын (4.56) формуласына қойып, мына мәнді аламыз:

$$\int_0^{\xi_B} s(\xi) d\xi - s_{CB} \xi_B = 1 \quad (4.58)$$

$\xi = f'(s)$ болғандықтан, $d\xi = f''(s) ds$ болады.

Сәйкесінше (4.58) теңдеуінен

$$\int_{s_*}^{s_B} s f''(s) ds = 1 + s_{CB} f'(s_B) \quad (4.59)$$

(4.59) өрнегінде $x=0$ және $\xi=0$ кезінде, яғни қабатқа кіруде бірден сумен қанығу s^* орнатылады. s^* кезінде $kH=0$, ал ығыстыру фронтында оның мәні барлық процестер ағымында sB болады.

(4.59) теңдеуінің сол жақ бөлігін бөлік бойынша интегралдап, келесі теңдікті аламыз:

$$\int_{s_*}^{s_B} s f''(s) ds = \int_{s_*}^{s_B} s f'(s) ds - \int_{s_*}^{s_B} f'(s) ds = s_B f'(s_B) - s_* f'(s_*) - f(s_B) + f(s_*) \quad (4.60)$$

Айтылғандарға сәйкес сумен қанығу $s^* \xi=0$ қиылысында орнатылады. Сәйкесінше, $f'(s)=0$, сондықтан (4.60) формуласындағы екінші бөлік те нөлге тең. Ары қарай, $kH(s^*)=0$ болғандықтан, (4.47) теңдеуіне сәйкес, $f'(s)=1$. Осылайша, (4.59) және (4.60) теңдеулерінен алатынымыз:

$$f'(s_B) = \frac{f(s_B)}{s_B - s_{CB}} \quad (4.61)$$

$\mu B/\mu H=0.5$ кезіндегі қатыстық өткізгіштіктер қисық сызығын есепке ала отырып тұрғызылған график келтірілген.

$f(s)$ қисық сызығы бойынша sB мәнін графиктік жолмен табуға болады. Демек,

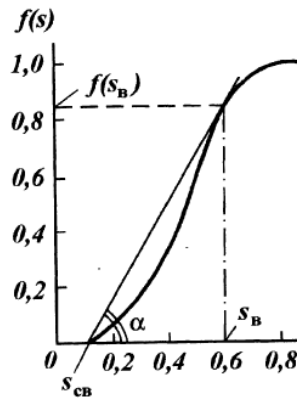
$$f'(s_B) = \operatorname{tg} \alpha = f(s_B) / (s_B - s_{CB}).$$

$f(s)$ қисығына тиісті $s_B = s_{CB}$ нүктесінен жүргізе отырып, сырғу нүктесі бойынша *4.10-суретін* қараңыз) $f(s_B)$ және s_B мәндерін анықтаймыз.

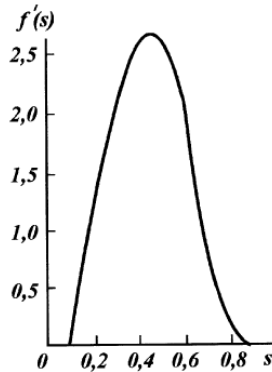
Сумен қанығудың қабат ұзындығы бойынша үлестірілімділігін анықтау үшін $f'(s)$ қисық сызығын тұрғызу керек (*4.10-сурет*). Мұны $f(s)$ қисық сызығын графиктік дифференциялау әдісімен жасауға болады немесе қатыстық өткізгіштік қисық сызығын аналитикалық түрде келтіріп, дифференциялауды аналитикалық жолмен іске асыру арқылы орындауға болады.

Мұнайды өндірудің сусыз кезеңдерінің ұзақтылығын анықтаймыз, яғни ығыстыру фронты қабаттың соңына жеткенде уақыт моменті $t=t^*$, және сәйкесінше xB 1-ге тең болады. Осы уақыт мезетінде қабатқа $QB_3=Q^*(t^*)$ болатын су толтырылған деп есептейміз. (4.57) теңдеуінен алатынымыз:

$$\frac{b h m l}{Q_*(t^*)} = f'(s_B) \quad (4.61)$$



4.10-сурет. $f(s)$ s -тен тәуелділік графигі



4.11-сурет. $f'(s)$ s -тен тәуелділік графигі

(4.62) теңдеуінен $Q^*(t^*)$ және сәйкесінше t^* мәнін анықтаймыз. $bhml$ шамасы қабат кеуегінің көлеміне тең. Режим қатты су ағысының күші жоғары болғандықтан уақыт моментіне қарай $t=t^*$ қабатқа толтырылған су көлемі дәл осы уақыт сәтіне қарай қабаттан өндірілген мұнай көлеміне QH^* -тең, яғни $Q^*(t^*)=QH^*$. Сусыз мұнай өнімі $\eta_0 = \eta_{01} \eta_2$, мұнда η_{01} – сусыз кезеңде алынған мұнайды сумен ығыстыру коэффициенті. Сондықтан

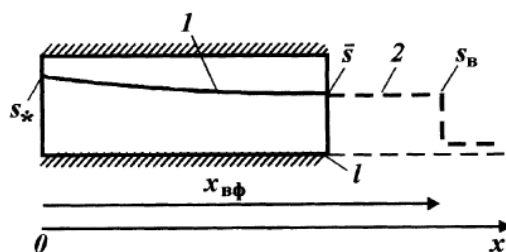
$$\eta_0 = \frac{Q_* \eta_2}{V_n(1-s_{CB})} = \frac{\eta_2}{f'(s_B)(1-s_{CB})} \quad (4.63)$$

Сумен қанығудың қабатта үлестірілуі мұнайды сумен ығыстыру фронтының қабат тереңдігіне қозғалуы s_B шамасының x_B және s^* ығыстыру фронтында қабатқа кіру орнында өзгеріссіз қалатындай болған жағдайда өзгеретіндігін ескеру қажет. Осылайша, сумен қанығудың үлестірілуінің қисық сызығы «созылады». Кейбір шамалардың мұндай үлестірілуі, сумен

қанығу немесе басқа да шамалар болсын, автомобильді деп аталады. Сәйкес тапсырмалар шешімі де автомобильді атауына ие болады.

Алынған формулалар сумен қанығудың үлестірілімділігін судың өндіру бұрғыларының сызығына келген кезде анықтауға мүмкіндік береді, яғни қабат өңдеудің сусыз кезеңінде.

Алайда мұнайды қабаттан өндіру ығыстыру фронтының $x=1$ болған кездегі қабат соңына өткеннен кейін де жалғаса береді.



4.12-сурет. Мұнайды түзу сызықты қабаттан өндірудің сулы кезеңінде сумен ығыстыру схемасы. Сумен қанығу үлестірілімі: 1 – шынайы; 2 – фиктивті.

Ағымдағы мұнай өнімін және $t > t_*$ кезіндегі өнімнің сулылығын анықтау үшін, яғни қабат өңдеуінің сулы кезеңінде, келесі әрекетке көшеміз. Ығыстыру фронты қабатты өңдеудің сулы кезеңінде де қозғалыста деп есептейік, бірақ бұл фронт қабат шетінде оң жаққа таралады (4.12-сурет). Сумен қанығу ығысудың осындай фиктивті фронтында және мұндай жағдайда s_B -ға тең әрі тұрақты болып қалады, ал сумен қанығу $x=1$ кезінде s шамасына тең. Кейбір уақыт кезеңінде $t > t$ фиктивті фронт қабатқа кіру орнынан $x_{вф}$ қашықтықта орналасқан болсын (4.12-сурет). (4.54) және (4.55) теңдеуіне сәйкес $t > t$ кезінде былайша жазуға болады:

$$\frac{bhml}{Q_{B3}(t)} = f'(\bar{s}) \quad (4.64)$$

(62) және (64) теңдеулерінен келесі өрнекті аламыз:

$$\frac{f'(\bar{s})}{f's_B} = \frac{Q_*(t)}{Q_{B3}(t)} / t_* \quad (4.65)$$

(4.65) теңдеуінен t әртүрлі уақыт мәні үшін s анықтаймыз. $Q_*(t_*)$, $f'(s_B)$ және $Q_{B3}(t)$ мәндерін біле отырып, алдымен $f'(s)$, кейін $f(s)$, функциясының графигінің көмегімен – s мәнін анықтаймыз.

Қабат өндірудің сулы кезеңінде мұнай және су дебиттері келесі мәндерді құрайды:

$$q_H = \frac{bhkk_H(\bar{s})}{\mu_H} \left(\frac{\partial p}{\partial x} \right)_{x=1}; \quad q_B = \frac{bhkk_B(\bar{s})}{\mu_B} \left(\frac{\partial p}{\partial x} \right)_{x=1} \quad (4.66)$$

Бұдан өнімнің ағымдық сулануын v анықтау үшін мына теңдеуді аламыз:

$$v = \frac{q_B}{q_B + q_H} = \frac{k(\bar{s})}{k(\bar{s}) + \frac{\mu_B}{\mu_H} k_H(\bar{s})} \quad (4.67)$$

1) Жиналған өнімнің орнатылған көлемін теңдеумен табамыз:

$$Q_H = \int_0^t q_H(t) dt;$$

2) Осы мұнай өнімі жиналған көлемді, бірінші қабаттағы мұнай көлеміне қатынасы $bhm(1-s_{CB})$. Бірақ мұнай қабатының анықталған өнім көлемін су қаныққандығының өзгеруі арқылы анықтауға болады, қабат режимі қатты су өткізгіштігін ескеру керек. Сонымен, теңдікке сәйкес қабатқа енген су көлемі мұнай ығыстырылып шығаруы кезінде алатынымыз:

$$\begin{aligned} Q_H &= bhm \left[\int_0^1 S(x) dx - s_{CB} l \right] = qt \left[\int_0^t sd \left(\frac{bhm x}{qt} \right) - s_{CB} \left(\frac{bhm x}{qt} \right) \right] = \\ &qt \left[\int_0^{\xi(1)} sd\xi - s_{CB} f'(\bar{s}) \right] = \frac{bhm x}{f'(\bar{s})} \left[\int_0^{\xi} s f''(s) ds - s f'(\bar{s}) \right] = \\ &= \frac{bhm l}{f'(\bar{s})} \left[\bar{s} f'(\bar{s}) - s_* f'(s_*) - f\bar{s} + f(s_*) - s_{CB} f'(\bar{s}) \right] \end{aligned} \quad (4.68)$$

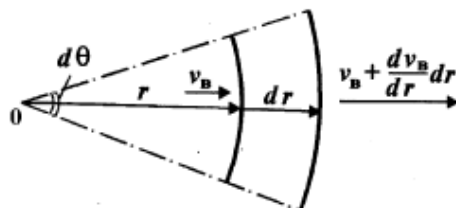
(4.68) теңдеуі әр жағдайда уақытқа тең $t > t^*$ болуы керек. $t \rightarrow \infty$ кезінде, су қанықтылығы әр қабатта s^* тең болуы керек. Бірақ басқа мәнде суға қаныққандылығы $s=s^*$ қабатқа сіңген кезде $\xi=0$ болғанда орындалады. Онда (4.55) теңдеу $f'(s^*)=0$. 4.68 теңдеуден алатынымыз

$$Q_H = V_{II} = \left[\bar{S} - S_{CB} + \frac{1-f(\bar{S})}{f'(\bar{S})} \right] \quad (4.69)$$

(4.68) теңдеу ағады, ағымдағы қабаттағы мұнай өнімі су кезеңі кезінде эксплуатация

$$\eta = \frac{Q_H \eta_2}{V_{II}(1-S_{CB})} = \frac{\left[\bar{S} - S_{CB} + \frac{1-f(\bar{S})}{f'(\bar{S})} \right] \eta_2}{1-S_{CB}} \quad (4.70)$$

Осыдан-ағымдағы мұнай өнімдерімен алынған өнімнің мөлшерінің технологиялық көрсеткішін қабат элементін зерттеу.



4.13-сурет. Радиалды қабаттың қалыпты схемасы

Пішінсіз мұнайды сумен ығыстыруын радиалды бағытта, қарастырамыз, мысалы, элементті өндіру жеті жақты жүйені су айдауда қолданылады. Осындай қабат элементтің көлемі үшін 4.13-суретте осыған арналған сызба көрсетілген.

Фильтрациялық судың жарылмауы осындай көлемде, балансты еске ала отырып ағатын және енетін суды dt уақытта теңдігі:

$$2\pi r d\theta h dt - 2\pi (r+dr)d\theta h \left(V + \frac{\partial V}{\partial r} dr \right) dt - 2\pi r dr d\theta m ds = 0. \quad (4.71)$$

Жақшаны ашып алатынымыз (4.71) қатысты мәндерді қысқарта отырып және орнатылған мәнді ауыстырып аламыз:

$$\frac{\partial V_B}{\partial r} + \frac{V_B}{r} + m \frac{\partial s}{\partial t} = 0 \quad \text{немесе} \quad \frac{1}{r} \frac{\partial (V_B r)}{\partial r} + m \frac{\partial s}{\partial t} = 0. \quad (4.72)$$

Аналогикалық түрінде, су қаныққандылық мұнайдың кеуекті ортада $s_H=1-s$ қабаттағы мұнайды фильтрациядан ажырамау үшін сәйкесінше орнатамыз:

$$\frac{1}{r} \frac{\partial (v_B r)}{\partial r} - m \frac{\partial s}{\partial t} = 0. \quad (4.73)$$

(4.72) формуланы (4.73) ала отырып аламыз:

$$V = v_H + v_B = \frac{q(t)}{2\pi r h} \quad (4.74)$$

Қорыта келе, бірсызықты мұнайдың сумен ығыстыруын $f(s)$ функцияланған (4.47) теңдеуінен табамыз және (4.72) формуланы қойып, (4.74) теңдеуінен бір дифференциалды теңдеуді су қаныққандылығын анықтау үшін S түрде:

$$m \frac{\partial s}{\partial t} + \frac{q(t) f'(s)}{2\pi r h} \frac{\partial s}{\partial r} = 0. \quad (4.75)$$

болып өрнектеледі.

Сонымен қатар бірсызықты тең уақытқа байланысты қабатта ауысуын $S=\text{const}$ кезінде

$$ds = \frac{\partial s}{\partial r} dr + \frac{\partial s}{\partial t} dt = 0.$$

(4.75) және (4.76) осылардан

$$\frac{\partial r}{\partial t} = \frac{q(t)f'(s)}{2\pi r h m}.$$

Осыдан:

$$f'(S) = \xi \frac{\pi m h r^2}{Q_{E3}}; \quad (4.77)$$

$$Q_{E3} = \int_0^t q(t) dt.$$

Игеріліп біткен қабат балансын және одан алынған суды қарастырамыз. Ұңғыма радиусын нөлге тең деп алып ($r_c \rightarrow 0$), осыдан алатынымыз:

$$\int_0^{r_B} 2\pi h m s r dr - \pi m S_{CB} h r_B^2 = Q_{EB}. \quad (4.78)$$

(4.77) ескере отырып,

$$f''(S) ds = \frac{2\pi m h r dr}{Q_{B3}}; \quad f'(S) = \frac{\pi m h r_B^2}{Q_{B3}}$$

(4.78) формуласынан интегралдап алатынымыз:

$$\int_{S_*}^{S_B} S f''(S) ds = 1 + S_{CB} f'(S_B),$$

мұнда мұнайды сумен ығыстырып бірқалыпты жер қыртысынан алынғаны (4.59) теңдеуі қатынасына тең келеді.

Сондықтан радиалды жер қыртысынан мұнайдың сумен ығыстыруы (4.60) теңдеуіне тең келеді және келесі тұжырым бойынша (4.61) теңдеуге қоса мұнайды сумен ығыстыруы кезінде қабатқа су қаныққандылығын анықтауға болады, сонымен қатар анықталған SB графикалық әдісін сипаттайды. (4.77) теңдеуі. t ж уақытты жер қыртысында сусыз өңдеудің радиусын r_k анықтаймыз. Егер $Q_{B3} = qt$ деп алатын болсақ, онда:

$$t = \pi r k^2 m / q \quad (4.79)$$

$t > t$ кезінде (4.66) және (4.67) теңдеу ұқсастығын ағымды белгіленген жер қыртысындағы v өнімді табамыз. Сәйкесінше қазіргі мұнайбергiштiк коэффициент (4.70) теңдеуден табамыз. Мұнайды сумен ығыстыруы кезінде барлық технологиялық көрсеткіштерді анықтаймыз.

Мысалы: (4.2) бірқалыпты элементін өндіру системасы мен мұнайды сумен ығыстыруы орындалады. Шартты түрде мұнай мен суды барлық жер қыртысына бір уақытта, бір тізбектей қозғалысын қабылдаймыз.

Қабат ұзындығы $l=600$ м, ені $d=600$ м, әсер ету қалыңдығы $h_0=20$ м. Қабаттағы мұнайдың су қамтылған коэффициенті $\eta=0.75$, қалыңдығы $h=15$, өткізгіштігі $k=0.5$ мкм², кеуектілігі $m=0.2$, қабаттағы мұнайдың тұтқырлығы $\mu H=4 \cdot 10^{-3}$ Па*с, су тұтқырлығы $\mu v = 10^{-3}$ Па*с шекара $x=0$ кезінде аз $q=200$ м³/тәул. бітеді және сонша сұйық $x=1$ кезінде қосылып, осы өңдеу периоды кезінде қарастырылады.

Беріліс бойынша өткізгіштіктер берілген:

$$k_H(S) = \left(\frac{S_* - S}{S_* - S_{CB}} \right)^2 \text{ при } S_{CB} \leq S \leq S_*;$$

$$k_B(S) = \left(\frac{S - S_{CB}}{S_* - S_{CB}} \right) \text{ при } S_{CB} \leq S \leq S_1;$$

$$k_B(S) = \left(\frac{S - S_{CB}}{S_* - S_{CB}} \right) \text{ при } S_1 \leq S \leq S_*$$

Осыдан $S_{CB}=0.1; S_*=0.8$. S_1 мәлім болған мұнай мен суды өткізгіштігіне қатысты табамыз $S=S_1$.

Теория беріліс бойынша уақыт қатысты қазіргі мұнай бергіштiк пен V өнімнің қатысты η анықтаймыз.

Есепті шығару алдында S_1 табамыз. Беріліс бойынша:

$$\left(\frac{S_1 - S_{CB}}{S_* - S_{CB}} \right)^2 = 0,8 \left(\frac{S_1 - S_{CB}}{S_* - S_{CB}} \right)^{\frac{1}{2}}$$

Бұдан:

$$\left(\frac{S_1 - S_{CB}}{S_* - S_{CB}} \right)^{\frac{3}{2}} = 0,8; \left(\frac{S_1 - S_{CB}}{S_* - S_{CB}} \right)^3 = 0,64;$$

$$S_1 - S_{CB} = (S_* - S_{CB}) 0,64^{\frac{1}{3}}, S_1 = 0,7032.$$

Сонымен $S_{CB} \leq S \leq 0.7032$ кезінде Бакли-Леверетта функциясы:

$$f(S) = \frac{k_E(S)}{k_B(S) + \frac{\mu_B}{\mu_H} k_H(S)} = \frac{\left(\frac{S-S_{CB}}{S^*-S_{CB}}\right)^2}{\left(\frac{S-S_{CB}}{S^*-S_{CB}}\right)^2 + 0,25\left(\frac{S^*-S}{S^*-S_{CB}}\right)^2} = \frac{(S-S_B)^2}{(S-S_B)^2 + 0,25(S^*-S)^2}$$

$f(S)$ функциясы келтірілген теңдеу бойынша (4.14-сурет) график түрінде көрсетілген. (4.61) теңдеу бойынша ығыстыру кезінде суқанықтылығын табамыз, $S=S_{CB}$ нүктесінен $f(S)$ қисығына жанама сызық жібереміз. 4.13-суреттен алатынымыз: $S_B=0,413$; $f(S_B)=0,723$ тең. Енді $f'(S)$ қисығын саламыз, $f(S)$ үшін қарастырған теңдеу қарапайымдылықпен қатынас арқылы аламыз, сонда оны графикалық дифференциалды функциямен $f(S)$ емес, жай түрде табамыз:

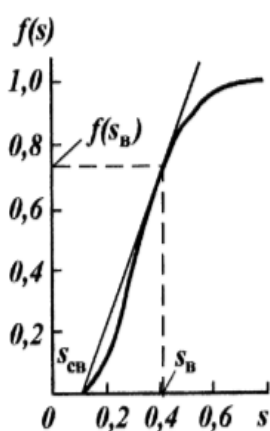
$S_{CB} \leq S \leq 0.7032$ кезінде

$$f'(S) = \frac{2(S-S_{CB})}{(S-S_{CB})^2 + 0,25(S^*-S)^2} - \frac{(S-S_{CB})^2 [2(S-S_{CB}) - 0,5(S^*-S)]}{[(S-S_{CB})^2 + 0,25(S^*-S)^2]^2}$$

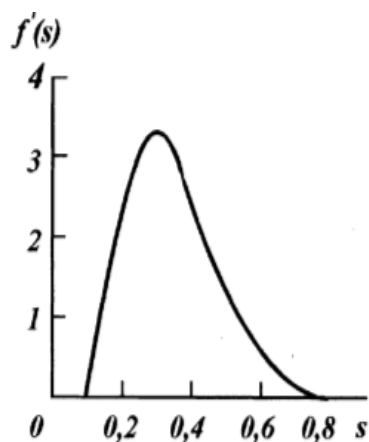
Соңғы формуладан көретініміздей, егер $S=S_{CB}$ мәні $f'(S_B) \neq 0$. Осыдан 4.14-сурет.

$S=S^*=0.8$ кезінде

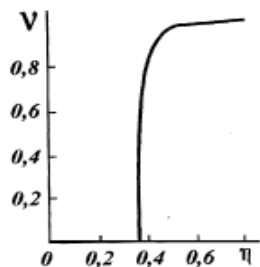
$$f'(S^*) = 0,956 \left[\frac{0,5}{0,956(S-S_{CB})} - \frac{0,478}{0,956^2(S-S_{CB})} \right] = 0$$



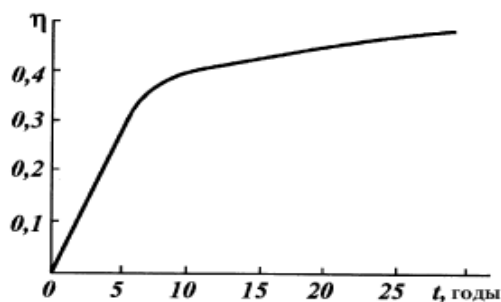
4.14-сурет. $f'(S)$ пен S тәуелділігі



4.15-сурет. $f'(S)$ пен S тәуелділігі



4.16-сурет. v мен η тәуелділігі



4.17-сурет. Уақытқа байланысты ағымдағы мұнай өнімі

$S=S^*$ болғанда $x=0$ болуы шарты орындалады. 4.15-суретте көрсетілгендей $f'(S)$ -ы S -ке тәуелділігі көрсетілген. $S^*=S_{CB}=0,413$ кезінде $f'(S_B)=2,31$.

Енді қабат элементінің сусыз өңдеу кезіндегі уақытты табамыз. (4.62) теңдеуін аламыз.

$$t^* = \frac{bhml}{qf'(S_B)} = \frac{0,2 \cdot 600 \cdot 15 \cdot 600}{200 \cdot 2,31} = 2388 \text{ тәул} = 6,41 \text{ жыл.}$$

Сусыз өндіру кезінде жиналған мұнай өнімсіз анықтаймыз.

$$Q_H^* = qt^* = 200 \cdot 2388 = 0,468 \cdot 10^6 \text{ м4.}$$

Сусыз мұнай беріштігі:

$$\eta_0 = \frac{0,75}{2,32(1 - 0,1)} = 0,361.$$

v өнімді анықтау үшін сумен өңдеу периодында η мұнайберіштігі арқылы (4.65) формуласы қолданылады. Ол келесі түрде болады:

$$\frac{f'(\bar{S})}{f'(S_B)} = \frac{t_*}{t} \quad \text{немесе} \quad f'(S) = \frac{2388 \cdot 2,31}{t} = \frac{5401}{t}$$

S берілген мәні бойынша уақыттан (4.15-сурет) график арқылы сәйкесінше туынды табамыз.

Суландыру (V) $f'(S^-)$ -тан тұрады. Мұнайберіштік η әр (S^-) мәні үшін (4.70) теңдеуімен анықталады. Сонымен суландыру мен мұнайберіштік тәуелділігін құрауға болады (4.16-сурет). 4.17-суретте осыған қатысты графиктер және мұнайберіштіктің уақытқа тәуелділігі көрсетілген. Мұнай беріштік 30 жылдан кейін элемент өндіруде 0,48 мәніне тең болады. Суландыру өнімі, элементтен алынған осы периодта 0,965 мәніне жетеді.

4.4 Жарылым-кеуекті қабаттағы мұнайдың сүмен ығыстырылуын зерттеу

Зерттеулердің нәтижелері мен зерттеулер тәжірибелері бойынша мұнай кен орындарында мынадай шешім тұжырымдауға болады: басым көп қабатта, карбонатты түрде ғана емес, сонымен қоса терригенді тау жыныстарында, құмтастар мен алевролиттер сияқты осы немесе басқа дәрежедегі жарықшақтылар орналасқан.

Кейбір жағдайда, әсіресе, тау жыныстары аз кеуекті және әлсіз өткізгіштер, жарылымдар бұл басты (каналдар) одан мұнай ұңғыма қабатынан алынатын осындай тау жыныстарынан өндірілетін каналдар арқылы қозғалады. Сәйкес емес гидродинамикалық ұңғыманы зерттеулер кезінде алынатын нәтиже – керн өткізгіштігі мен өткізгіштік. Тиімді өткізгіштік керн бойынша әрдайым көбінесе, жоғары анықталады.

Жарықшақты-кеуекті қабатты өндіру үдерісінде серпімді режимде қысымның өзгеруі жарылым жүйесі бойынша тез таралады, нәтижесінде жарылым мен блогты жыныстар арасында сұйықтың ағыны пайда болады, матрицалы серпімді режим кезінде осындай сипаттамаға тән жыныстар реттелген қысым салыстырмалы түрде бірқалыпты қабатта қысымның таралуы болады.

Жарылым және жарықшақты-кеуекті қабаттардың өңдеуі сұйықтық қысымның өзгеруі әсерінен жылдам жарылым көлемі өзгеруіне алып келуі мүмкін, нәтижесінде қанықты жарылымдарда тау жыныстарының деформациялы өзгереді.

Зерттеулердің ең қиыны жарылым-кеуекті қабаттарды зерттеу кезінде ол әсер етуші үдерістерге байланысты, олардың әртүрлі заттар құрамымен қабатқа енуі және бірінші түрде қабатты суландыру қолданылады.

Бұл кезде қауіп төндіретін су жүйесі бойынша қабатта жылдам өндіріліп жатқан ұңғыма жарылымы бойынша қозғалады, мұнайды тау жыныстарының бөлігінде қалдырып, сонымен қатар эксперименталды зерттеулер бойынша және зерттеудің тәжірибелері, осы берілген жүйедегі жарылымдардағы мұнайды ығыстырушы тиімді және ығыстырушы коэффициенті 0,8-0,85-ке жетеді. Тәжірибе көрсетуі бойынша, жарылым кеуекті қабаттардың матрицасы, олардың сулануы мұнайды ығыстырады, бірақ мұнайды ығыстырушы коэффициенті салыстырмалы 0,20-0,30 түрде болады. Тұжырымдай келе, осындай күштердің әсерінен мұнайды сүмен ығыстыру матрицасы жарылым-кеуекті қабаттарда болады.

Бір күш анықталуы бойынша, бірақ соңғы уақытқа дейін және өңдеу үдерістерінің есебінде нашар саналады. Бұл күш шартты түрде жарылым жүйесіндегі тау жыныстарының қоршауына әсер етуші қысым градиентіне тең.

Басқа күш қысымының капиллярлы әртүрлілігіне байланысты мұнаймен судағы қаныққан қоршау түрінде болады. Бұл күштің әсері капиллярлы

сіңуші тау жыныстар әсерінен, мұнай мен судың араласуының әсері капиллярлы қысымның көрсетуші көрсеткіштердің әсер етулерінен пайда болады. Егер тау жыныстары гидрофилді болса, капиллярлы сіңіруші мүмкін болады. Капиллярлы сіңіргіш матрицасы немесе блогты жарылым-кеуектілік қабаттың түсіндірілуі капиллярлық күш әсерінің позициясымен ғана емес, сонымен энергетикалық көзқараста, минимум энергия беті мұнай мен су шекарасында жетеді, мұнай бірігіп жарылымға жиналады, матрицаның буы қанықпайды, себебі ол қиын, қатты таралу бетте орналасқан.

Зерттеулердің анықтауы бойынша, егер тау жыныстарының жарылым-кеуекті қабаттың ұзындық қырының I^* блогын алатын болсақ, біріншіден, қаныққан мұнай және оның суда сыйымдылығы (аналогикалық жүйеде болатын, қабат жылдарымен қоршаушы, ал жарылымдар суға толы болған жағдайларда) онда жылдамдық $\varphi(t)$ капиллярлы сіңіру судың блокқа, сәйкесінше, одан мұнайдың ығыстыруы, гидродинамикалық теория бойынша мұнайды сумен ығыстыруды капиллярлы күш арқылы есептеу, оның уақытына тәуелді болады. Ол келесі түрде:

$$\varphi(t) \sim 1/\sqrt{t}.$$

Энергетикалық жағдайда қарастырғанда, капиллярлы сіңіргіштің жылдамдығы мұнай мен судың бөлігінде беттік қысқаруы жылдамдығына пропорционал, өзінің кезегіндегі беттік бөліктің ауданына пропорционал. Бұл кезде келесідей анықталады:

$$\varphi(t) \sim e^{-\beta t},$$

мұндағы, β – кейбір коэффициент.

Егер қабаттардағы мұнайдың жарылым-кеуекті үдерісі кезінде капиллярлы пропитка әсерінен бөліп алса, онда гидродинамикалық және энергетикалық жолмен алса дұрыс болады. Бұл жағдайда капиллярлы пропитканың жылдамдығын Э.В. Скворцов пен Э.А. Аваклин теңдеуі бойынша қолдануға болады:

$$\varphi(t) = \frac{ae^{-\beta t}}{\sqrt{\beta t}} \quad (4.80)$$

Мұндағы, a – тәжірибелік коэффициент

Өлшемді және физикалық үдерісінің сіңіруші коэффициенті β -дан келесі теңдікті жазуға болады.

Шексіз уақытта сіңірген ұзындық қыры $I_{ж}$ кубикті блоктан судың көлеміне тең бөлініп алынған мұнайға байланысты a коэффициентінің мәнін табамыз. Айтылған мәнге сәйкес теңдеу:

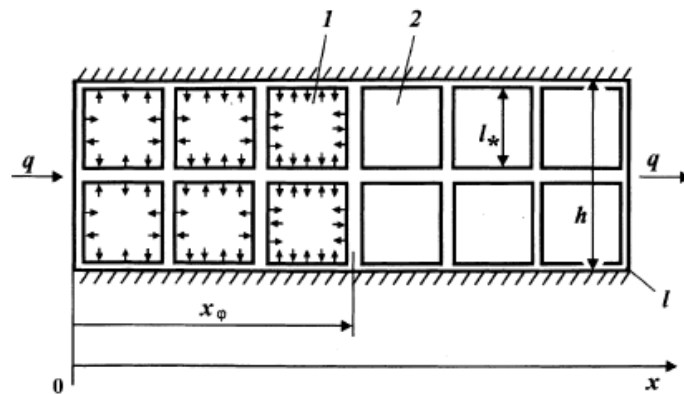
$$\int_0^{\infty} \varphi(t) dt = ml_*^3 S_{H0} \eta^*, \quad (4.82)$$

мұндағы, S_{H0} – жыныс блогының бастапқы мұнай қаныққандылығы, $\eta_ж$ – капилярлы пропитка кезінде блокты мұнай өнімінің соңы.

(4.80) теңдеу анықтау мүмкін болса,

$$\int_0^{\infty} \varphi(t) dt = \int_0^{\infty} \frac{ae^{-\beta t}}{\sqrt{\beta t}} dt = \frac{a}{\beta} \int_0^{\infty} \frac{e^{-\tau} d\tau}{\sqrt{\tau}} = \frac{a\sqrt{\pi}}{\beta} \quad (4.83)$$

Жыныстарының блок түрінде болуы кезінде мұнайды сумен жарылым-кеуекті қабаттардан ығыстыру үдерісіне көшеміз. Бұл блоктарды ұзындық қырымен кубок түрінде елестеуге болатынына сенейік (4.18-сурет).



4.18-сурет. Түзусызықты жарылымды-кеуекті қабаттың сулану сызбасы: 1 – капилярлы пропиткамен қамтылған блок, 2 – капилярлы пропиткамен қамтылмаған блок

Мұнайды сумен ығыстыруы қабат шекарасы $x=0$ -ден басталады, онда бірінші блоктар қабаттың кірер жерінде орналасқан, сумен алшақ орналасқан қабаттарға қарағанда қатты сіңіреді. Судың шығыны q түзусызықты қабатта аяқталуына, жыныстардың нақты блоктарына кететін, әр сәт сайын пропитка уақыты мына ауданда $0 \leq x \leq x_{\phi}$ (x_{ϕ} – капилярлы пропитканың фронты) кездеседі.

Егер әр кесік қабат уақытқа байланысты сіңірсе, онда судың сіңіру жылдамдығы осы уақытқа байланысты алынады. Ағыс уақыты $\Delta\lambda$ болсын, кірісті пропитка блогына кейбір мәндері судың шығыны мынаны құрайды:

$$\Delta q = bh\varphi(t - \lambda)v_{\phi}(\lambda)\Delta\lambda/l_*^3 \quad (4.86)$$

Судың сіңіру жылдамдығы $\varphi(t)$ бір блок үшін анықталған. Жарықшақты кеуекті қабаттың көлем бірлігіне судың сіңіру жылдамдығын енгізу үшін

(4.86) теңдеуде көрсетілгендей $\varphi(t)$ -ты I_*^3 -ке бөлу қажет. Тағы айтып кететін жағдай (4.86) теңдеуде көрсетілген $X_\varphi(\lambda)$ координатасындағы шектің сумен шегіне сіңіретін алғы шепке (фронт) сәйкес келіп, сіңіру жылдамдығы λ сәтінен есептеледі.

(4.86) теңдеуінен Δq шығынды ала отырып, $\Delta\lambda$ -ны нөлге шектейміз, бұдан:

$$q = \frac{bh}{I_*} \int_0^\infty \varphi(t - \lambda) v_\varphi(\lambda) d\lambda \quad (4.87)$$

теңдеуді аламыз.

Кейде q шығын өзі беріледі, бұл кезде пропитка фронтының қозғалу жылдамдығын табамыз. $V\varphi(\lambda)$ онда (4.87) формулада $V\varphi(t)$ мәні үшін интегралды теңдеу көрсетілген.

(4.80) теңдеуі бойынша сіңіруші жылдамдығын табатын болсақ, онда (4.87) теңдеуді аламыз:

$$q = bh\beta\eta_* m_{K0} \int_0^t \frac{e^{-\beta(t-\lambda)} v_\varphi(\lambda) d\lambda}{\sqrt{\pi\beta(t-\lambda)}}. \quad (4.88)$$

Интегралды теңдеудің шешімі (4.88) Лаплас теңдеуінің өзгеруі мына түрде аламыз:

$$v_\varphi(t) = \frac{dx_\varphi}{dt} = \frac{q}{bh\eta_* m_{K0}} \left[\frac{e^{-\beta t}}{\sqrt{\pi\beta t}} + \operatorname{erf}(\sqrt{\beta t}) \right]. \quad (4.89)$$

Фронт артында X_φ қабат керісінше жақын орналасқан, онда капилярлы сіңіру аяқталып қалған. Сонымен қабатта капилярлы сіңіру шекарасымен қозғалыс болады.

(4.80) теңдеуімен жарылым-кеуекті қабатындағы мұнайды ығыстыруын есептеу жақын мәнде, блок сіңірушісі орнаған жағдайда, ол капилярлы сіңірушімен ғана шектелген емес, сонымен жарылым жүйесінің градиент қысымымен (4.80) және (4.81) теңдеу бойынша мұнайды ығыстыру тау жыныстарының болғанда күш әсерінен болады, $\sigma \cos\theta$ функция көмегімен анықталатын, оның өлшемі $[\sigma \cos\theta] = \text{Па м}$ болады.

Мұнайды су жыныс блоктарынан гидродинамикалық әдіспен ығыстыру кезінде су блогына түседі, ал мұнайды олардың градиент қысымының әсерімен ығыстырады. Өлшемі $\text{grad}K_p$ Па/м тең. Капилярлы және гидродинамикалық күштер бір өлшемде болады, егер $\sigma \cos K\theta$ орнына $\sigma \cos\theta / I_*$ өлшемін алса, онда:

$$B = \frac{Ak}{I_* \mu_n} \left(\frac{\sigma \cos\theta}{I_*^2} + \text{grad}p \right). \quad (4.90)$$

(4.90) теңдеуі блок сіңірушілері капиллярлы күшімен және жарылым жүйесіндегі қысым градиентмен де есептелінеді.

Жоғарыда тек бастапқы физикалық теңдеулердің жарылым-кеуекті қабатты өңдеудің толық есептеу үдерісі арнайы зерттеулер мен есептеу тәсілдерін қолдануды талап етіледі, қазіргі кезге дейін есептеу заттары жетілмеген мұнайды сумен ығыстыру қолданылады.

4.5 Мұнай кен орындарында суландыруды қолданудың технологиялық көрсеткіш әдістерінің есептеулері

Бастапқы кезінде мұнайды сумен ығыстырылу үдерісін поршеньді үдеріс деп санадық. Содан мұнайды қабаттан поршеньді ығыстыру моделі пайда болды. Бірақ, егер бұл модельді бірқалыпты қабатта қарастырса, сулану шартында мұнайды өңдеу кен орындарында өте ыңғайтылған болу керек. Осындай модельді қолдану кезінде мынадай шешім қабылдауға болады: бұл қабат бірқалыпты, кен орынды зерттеуде өнім алуын толығымен орындайды. Бұл тұжырым түбінде нақты берілісі барлық кен орындардағыдай, сулану мен өңделген сулы пайдаланудың ұзақ кезеңі орындалуының болуы. Белгіленген заттың өнімін есептеу үшін мұнай саласын екі бағытта қарастырады.

Бірінші бағытта қабатты әртүрлі қабат өткізгіштігі құралғанын баяндайды. Поршеньді мұнайды сумен ығыстыру моделін, қабатты бірқалыпты қабатты модельмен сәйкестендіре, әсіресе, мүмкіндік статикалық орналасу қабатшалардың абсолюттік өткізгіштігі бойынша саналуы белгіленген өнім санын санауға мүмкіндік береді.

Екінші жолы, мұнай мен судың поршеньсіз ығыстыру моделі немесе екі фазалы фильтрация моделі құралады. Бұл модельді алғаш зерттеген американ зерттеушілері – Бакли мен Левертом. Мұнай қабатын өндіру кезіндегі көптеген әдістердің негізгісі болып, мұнай мен судың фильтрациялануы бірге жүргенде есептелінеді.

Мұнайды сумен ығыстыру поршеньсіз үдерісте бірқалыпты қабаттың моделін сәйкестендіре белгіленген өнімнің өндіру кезінде өнім кезеңі есептелінеді. Сонымен бірге нақты бірқалыпты емес қабатты да есептеу керек еді. Әдістердің ең негізгісі, мұнайды сумен ығыстыру кезінде поршеньсіз сипаттамадағы қолдануды қабатты-бірқалыпты емес қабатты моделі, Ю. П. Борисовтың ұсынылған әдістемесі бойынша қабылданды және тағы да басқа авторлар да қатарда болды. Бұл әдіс «ВНИИИ-1 әдісі» деп аталады.

Бұл әдістеме бойынша қабат бірнеше жинақы жеке қабаттардан қабатшалардан (ток құбыры) тұрады. Абсолютті өткізгіштіктің статистикалық мүмкіншілік заңы бойынша анықталуын орнатады. Көбінесе, осындай заңға логарифм нормалды заңы қолданылады. Жақынырақ мәнді қабылдауда, су шығыны жеке қабаттарға таралған, осы қабатқа абсолют

өткізгіштігі пропорционал. Фильтрациялы кедергі есебі үшін мұнай мен судың біркелкі қозғалу аймағында эксперименталдық тәуелділік қолданылып, аппроксимация қатысты өткізгіштік негізінде алынады. Жоғарыда айтылғандай, суландырылған зат өнімін анықтауда мұнайды сумен ығыстырушы поршеньсіз моделін қабатты – бірқалыпсыз қабаттарды сәйкестендіру негізінде болады. Келесі қадамда, статикалық заңның мүмкіншілігі кен орындарды зерттеу негізіндегі есептеулер басқа түрде орындалуы қарастырылып жатыр.

Кен орынды игерудің есептеулерінде ықтималдық-статистикалық заңдарды қолданудың келесі қадамын Э.Д. Мухарский мен В.Д. Лысенко іске асырды. Олар бұл үлестіруде бір параметрді – вариациялық коэффициентті ауыстыруды ұсынды. Және ауыстыру кезінде бұл параметрдің өзгерісінде тек мұнайды сумен поршеньсіз ығыстырудың сипатын ескеріп қана қоймай, сондай-ақ басқа да факторларды, мәселен, су-мұнай жапсарының алғашқы жағдайын, мұнайды сумен ығыстыру фронтының тұрақсыздығын және мұнай мен су тұтқырлықтарының өзгешелігін ескеру қажет. Абсолюттік өткізгіштіктің бастапқы үлестіруіне аталған авторлар гамма-үлестіруді қабылдады.

Қатпарлы-біртексіз қабат моделімен үйлесім тапқан поршеньді немесе поршеньсіз ығыстыру модельдеріне негізделген бірқатар әдістемелер басқа да авторлармен (Гипростокнефть, СибНИИИП, БашНИПИ әдістемелері және т.б.) ұсынылып, қолданыс тапқан.

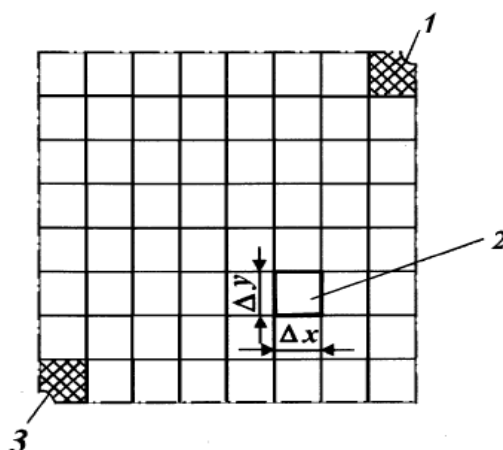
Бірақ аталған әдістемелер тек бір өлшемді қабаттарда – тұзусызықты және радиалды қабаттарда қолданылу үшін немесе күрделі геометриялы шынайы қабатқа сәйкес бір өлшемді қабат қойылатын кезде, яғни квази-түптік өлшемді модель қолданылатын жағдайда пайдалану үшін жасалған. Мұнай кен орындарын екі өлшемді жағдайларда суландыруды қолданып игеру есебі мұнайды сумен ығыстыру үдерісінде күрделірек өрнектерді қолдануды қажет етті. Өткізгіштіктің ықтималдық-статистикалық үлестіруін қолдану да қиындықтар туғызды. Әрине, ықтималдық-статистикалық үлестіруден кен орнының барлық ауданына таралған қатпарлардың соңғы санының сәйкес жинағына көшуге болады. Бірақ мұнай кен орындарын суландыруды қолданып игеру үдерісін бұл әдістеме бойынша есептеу өте күрделі келеді.

Жоғарыда айтылғандар кен орынды игерудің есептеу әдістемелерінің тарихына көбірек келеді.

Компьютерлерді қолданумен орай модификацияланған, салыстырмалы, өткізгіштігі ескерілген екі өлшемді немесе үш өлшемді мұнай мен судың бірлескен фильтрациясына негізделген әдістемелер қолданылууда.

Көпфазалы, көпқұрамды фильтрациялар және қабаттардың адрестік модельдері теорияларының қолданылуына тікелей негізделген әдістемелер кең қолданыс тапты. Мұнай кен орындарын суландыруды қолданып игерудің екі өлшемді есебін шешу әдістемесін жалпы сипатта қарастырамыз. Кейбір

кен орындарды берілген нұсқаның біреуі бойынша беснүктелік игеру жүйесін қолданып игеруге шешім қабылданды делік. 4.19-суретте бұл игеру жүйесі элементінің сызбасы көрсетілген. Қабат жыныстарының қасиеттері, оның қалыңдығы мен сызықтық өлшемдері, мұнай мен судың қасиеттері, ұңғымалардағы қысым немесе қабатқа айдалатын судың шығымы берілген. Игерудің технологиялық көрсеткіштерін, мысалы, ағымдағы мұнайбергіштік, өнімнің сулануы мен егер ұңғымалар арасындағы қысымның түсуі белгілі болса, онда мұнай мен судың дебитін, ал егер дебиттер белгілі болса, онда керісінше – айдау және өндіру ұңғымаларының аарсындағы қысымның түсуін анықтау қажет.



4.19-сурет. Беснүктелік игеру жүйесі элементінің сызбасы:

1 – айдау ұңғымасының $\frac{1}{4}$ -і; 2 – ауданы $\Delta x \Delta y$ болатын соңғы-таратпалы ұяшық; 3 – өндіру ұңғымасының $\frac{1}{4}$ -і

Бұл есепті шешу кезінде мұнай мен су фильтрациясының екі өлшемді теңдеуін пайдаланады. Олардың шығарылуы үшін қарапайым қабат көлеміндегі мұнай мен су балансын қарастырамыз (4.19-суретті қараңыз). Қабат элементіне құйылатын және одан x және y осьтері бойынша ағып шығатын су мөлшерін, сондай-ақ $\Delta x \Delta y h$ элементінде жиналған су көлемін ескеріп,

$$\frac{\partial v_{ex}}{\partial x} + \frac{\partial v_{ey}}{\partial y} + m \frac{\partial s}{\partial t} = 0, \quad (4.91)$$

өрнегін аламыз.

Мұнда, v^{BX} , v^{BY} – сәйкесінше x және y осьтеріндегі судың фильтрация жылдамдығы.

Қабат элементіне кіретін және одан шығатын және кеуекті ортадағы мұнайға қанығушылық $S_H = 1 - S$ екендігін есепке алғандағы мұнай балансын қарастырудан келесі теңдеуге ие боламыз:

$$\frac{\partial v_{hx}}{\partial x} + \frac{\partial v_{hy}}{\partial y} - m \frac{\partial s}{\partial t} = 0. \quad (4.92)$$

Мұнай мен судың бірлескен фильтрациясы заңына сәйкес:

$$v_{ex} = -\frac{kk_g(s)}{\mu_g} \frac{\partial p}{\partial x}; \quad v_{ey} = -\frac{kk_g(s)}{\mu_g} \frac{\partial p}{\partial y}; \quad (4.93)$$

$$v_{hx} = -\frac{kk_h(s)}{\mu_h} \frac{\partial p}{\partial x}; \quad v_{hy} = -\frac{kk_h(s)}{\mu_h} \frac{\partial p}{\partial y}. \quad (4.94)$$

(4.94) теңдеуін (4.92) және (4.93) теңдеулеріне қоя отырып, P мен S анықтау үшін келесі екі теңдеулі жүйені аламыз:

$$\frac{\partial}{\partial x} k_h(s) \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} k_g(s) \frac{\partial p}{\partial y} - \frac{\mu_g m}{k} \frac{\partial s}{\partial t} = 0. \quad (4.95)$$

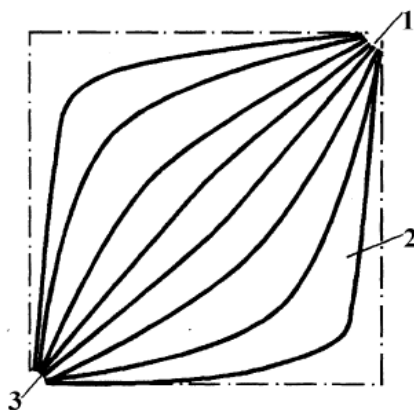
$$\frac{\partial}{\partial x} k_h(s) \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} k_{ж}(s) \frac{\partial p}{\partial y} - \frac{\mu_g m}{k} \frac{\partial s}{\partial t} = 0. \quad (4.96)$$

Содан кейін жоғарыда келтірілген жеке туындылардағы дифференциалдық теңдеулер жүйесін соңғы-таратпалы теңдеулермен ауыстырамыз. Сәйкесінше, игерудің беснүктелі жүйесі элементін ұзындығы x осі бойынша Δx -ке тең, ал y осі бойынша Δy -ке тең бірнеше ұяшықтарға бөлеміз. Сонымен бірге айдау ұңғымаларының $1/4$ -ін және өндіру ұңғымаларының $1/4$ -ін сәйкес ұяшықтармен (4.19-сурет штрихталған бөлік) ауыстырамыз. Қарастырылып отырған жағдайда ағыстың барлық ауданы 64 ұяшыққа бөлінген. Ұяшықтар саны неғұрлым көп болса, соғұрлым қысым өрісі мен қанығушылықты есептеу дәл болады. Бірақ ұяшықтардың ұсақталуы есептеудің уақытын ұзартады. Сондықтан қажетті есептеу дәлдігін инженерлік бағалау қажет.

Жоғарыда айтылған негізгі әдістен бөлек, қазіргі таңда қабаттан мұнайды сумен ығыстыру есебін шешудің басқа да әдістері белгілі. Мысалы, токтың қатты түтіктері әдісі жиі қолданылуда. Егер беснүктелік жүйенің сол элементін алсақ, онда біртекті сұйықтық – мұнай немесе судың фильтрациясына сүйеніп, аналитикалық жолмен немесе компьютердің не электроинтегратордың көмегімен ондағы ток сызықтарының орналасуын анықтауға болады. Айнымалы қима тогының түтіктерінен мұнайды сумен ығыстыру теориясын одан әрі қолданып, уақыттың әр сәтінде ондағы қысым мен суға қанығушылықты анықтауға болады. Содан кейін өндіру

ұңғымасына токтың әр түтігінен келетін мұнай мен су шығындарын орнатады. Ұңғымаға токтың әр түтігінен келетін мұнай мен су мөлшерін қосады. 4.20-суретте игерудің беснүктелік жүйесі элементіндегі ток түтіктерінің орналасуы көрсетілген. Жылдам, бірақ біршама беткейлі есептеу үшін айнымалы қимадағы ток түтіктерін дәл сондай ұзындықтағы тұрақты қимадағы ток түтіктеріне ауыстыру әдісін (В.И. Колганов, М.Л. Сургучев және Б.Ф. Сазонов әдістемесі) қолданады. Онда мұнайды сумен токтың әр жеке түтігінен ығыстыруын есептеу кезінде мұнайды сумен тұзусызықты қабаттан ығыстыру әдістемесін қолдануға болады.

Ұзақ уақытта пайдаланудағы кен орынды, ондағы мұнай мен су таңдауы жайлы жеткілікті нақты деректер белгілі болған кезде, игеруін қысқа мерзімде бағалап болжау үшін кен орынды алдыңғы игерулердің нәтижелеріне сүйеніп, игерудің келешектегі көрсеткіштерінің есебін қарапайымдатылған әдістемелерді қолдану арқылы жүзеге асыруға болады. Бұл әдістемелерді эмпирикалық деуге болады, өйткені олар игеру болжамын нақты деректер бойынша береді.



4.20-сурет. Беснүктелік игеру жүйесі элементіндегі ток түтіктері сызбасы:
1 – айдау ұңғымасының $\frac{1}{4}$ -і; 2 – ток түтіктері; 3 – өндіру ұңғымасының $\frac{1}{4}$ -і.

Мұнай кен орындарын игеруді жобалау тәжірибесінде әртүрлі эмпирикалық әдістемелер, сондай-ақ орташаланған деректерге негізделген, “ығыстыру сипатына қарай игерудің көрсеткіштерін есептеу әдістемелері” атанған әдістемелер белгілі. Бұл әдістемелермен есептеген кезде не мұнай мен судың бірлескен фильтрациясы теориясы арақатынасын қолданады, содан кейін кейбір фильтрациялық сипаттамаларды өзгерте отырып, сулану – айдалатын судың жиналған көлемі, сулану – жинақталған мұнайды өндіру немесе ағымдағы мұнайбергіштік – айдалатын судың жиналған көлемі сынды қисықтардың теоретикалық және нақты қисықтарының сәйкес келуін жүзеге асырады немесе көрсетілген нақты қисықтарды, олардың экстраполяциялануы арқылы тікелей игеру көрсеткіштерін болжау үшін қолданады.

Сәйкес нақты тәуелділікпен келісілген өнімнің ағымдағы сулануының ағымдағы мұнайбергіштікке теоретикалық тәуелділігі негіз болатын игеру көрсеткіштерін болжаудың эмпирикалық әдістемесін қарастырамыз.

Сонымен, кейбір ұзақ уақыт бойы игеріліп жатқан, түгел немесе түгелге жуық өндіру ұңғымалары суланған кен орындарда барлық кен орыннан өндіріліп жатқан өнімнің ағымдағы сулануының v ағымдағы мұнайбергіштікке η тәуелділігі белгіленді делік. Бұл тәуелділік 4.16-суретте көрсетілген түрге ие. Қарастырылып отырған уақыт сәтінде $t=t^1$ мұнайбергіштік $\eta=\eta^1$ мөлшеріне жетті.

Бұл эмпирикалық әдістеменің жалпы арақатынасын шығарамыз. Қарапайымдату үшін мұнай мен су дебиттері, сондай-ақ G^0 қорлары көлемдік бірлікте қабаттық шарттарда берілген деп санаймыз. Кен орыннан мұнай өндіруді, жалпы алғанда, сұйықты өндіру мен өнімнің сулануымен келесідей көрсетуге болады:

$$q_H = q_{жс} - q_в = q_{жс} - vq_{жс} = q_{жс}(1 - v). \quad (4.97)$$

Одан басқа,

$$Q_H = \int_0^t q_H(t) dt; \quad (4.98)$$

$$\eta = \frac{Q_H}{G} \quad (4.99)$$

мұнда, G – кен орындағы мұнайдың геологиялық қоры.

Осыдан:

$$\frac{d\eta}{dt} = q_H(t)G. \quad (4.100)$$

(4.97) теңдеуін ескеріп, келесіні аламыз:

$$\frac{d\eta}{1-v} = \frac{d\eta}{1-f(\eta)} = \frac{q_{жс}(t)dt}{G} \quad (4.101)$$

Немесе

$$\int_0^\eta \frac{d\eta}{1-f(\eta)} = \frac{1}{G} \int_0^t q_{жс}(t) dt. \quad (4.102)$$

Өнімнің ағымдағы сулануының ағымдағы мұнайбергіштікке $v=f(\eta)$ тәуелділігі жобаланған кезеңде өзгермейді деп санасақ, онда ағымдағы сұйықтық таңдауының әртүрлі мәндерінен (4.102) өрнегімен қазіргі уақыт мезетімен сәйкес ағымдағы мұнайбергіштікті, $v=f(\eta)$ қисығымен өнімнің сулануын және одан кейін (4.99) теңдеуімен ағымдағы мұнай өндіруді анықтауға болады.

Тағы да айта кетсек, жоғарыда көрсетілген әдістеме тек игеру көрсеткіштерін салыстырмалы түрде қысқа уақыт кезеңіне (белгілі бір сенімділікпен $v=f(\eta)$ қисығын экстраполяциялауға мүмкін болатын кезең) болжау кезінде қолайлы. Қарапайымдатылған әдістемелермен кен орынның игеру көрсеткіштерін одан да ұзақ уақытқа, кен орынды жоспарланған $v=f(\eta)$ тәуелділігін экстраполяциялау қиынға соғатын кезде, есептеуге бола ма? Болады, бірақ ол үшін қабаттың қосымша сипаттамаларын қолдану керектігі туады, оның біреуі ретінде мұнай мен су үшін модификацияланған өткізгіштіктің кен орындағы орташаланған суға қанығушылыққа S тәуелділігі болуы мүмкін. Тағы бір айта кететін жайт, бұл параграфта кен орынды игеру көрсеткіштерін есептеу үшін қарапайымдатылған, эмпирикалық әдістемелер қолданылуда. Негізінде, гидродинамикалық есептеу әдістемелерін де қолдануға болады. Бірақ ол үшін қабаттың біртексіздігі жайлы, жекелеген ұңғымаларды пайдалану көрсеткіштері жайлы кең ауқымды материалдар жинағы, сондай-ақ кен орынды игеру жайлы есептік және нақты мәліметтердің сәйкестігі қажет.

Айтылғандармен орай, кен орынды игеру көрсеткіштерін қарапайым болжау үшін модификацияланған салыстырмалы өткізгіштікті қалай қолдануға болатынын көрсетеміз.

Егер модификацияланған суға қанығушылық S кен орынның қарастырылып отырған қабатындағы орташа суға қанығушылыққа тең деп қабылдасақ, онда кен орындағы ағымдағы суға қанығушылық:

$$v = f(\bar{S}) = \frac{k_g(\bar{S})}{k_b(\bar{S}) + \frac{\mu_b}{\mu_n} k_n(\bar{S})}. \quad (4.103)$$

Енді жалпы кен орын бойынша ағымдағы мұнайбергіштік пен орташа суға қанығушылық S арасында байланыс орнату қажет. Кен орындағы алғашқы мұнай қорын G^{i0} деп белгілейміз. Онда:

$$G_{n0} = V_{qab} m(1 - s_{cv}) \rho_{n0} b_{n0}, \quad (4.104)$$

мұнда, $V_{пл}$ – қабат көлемі; ρ_{n0} – газсыздандырылған мұнай тығыздығы; b_{n0} – көлемдік коэффициент.

Кен орындағы орташа суға қанығушылық S теңескен кездегі қабатта қалған мұнай қоры:

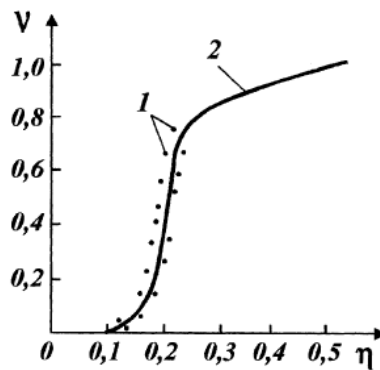
$$G_{n\text{ қалд}} = V_{qab} m(1 - \bar{s}_{cv}) \rho_{n0} b_{n0} \quad (4.105)$$

(4.104) пен (4.105) теңдеулерінен мынаны аламыз:

$$\eta = \frac{(G_{н0} - G_{н\text{ост}})}{G_{н0}} = (\bar{s} - s_{св.}) / (1 - s_{св.}) \quad (4.106)$$

Сонымен модификацияланған салыстырмалы өткізгіштікті қолданып, (4.103) пен (4.106) теңдеулері негізінде есептеуге болады.

4.4-мысал. Геологиялық қоры $G=180$ млн. т мұнай болатын қайта ашылған бір мұнай кен орны игерілуге жіберілді. Қабаттық жағдайдағы мұнай тығыздығы $\rho_{\text{м.т.}}=0,8$ т/м³, сондықтан қабаттық жағдайдағы мұнай көлемі $V_0=180 \cdot 10^6 / 0,8 = 100 \cdot 10^6$ м³. Коллектор жыныстардың және қарастырылып отырған кен орындағы мұнайдың физико-геологиялық құрамы бұрыннан белгілі және бұрыннан игеріліп жатқан кен орындағы сәйкес құраммен ұқсас және ол үшін өндірілетін өнімнің ағымдағы сулануының v ағымдағы мұнайбергіштікке η тәуелділігі анықталған (4.21-сурет). Қысқа мерзім ішінде алдағы 15 жылға кен орыннан мұнай мен су өндіру мүмкіндігін бағалауды жүзеге асыру қажет. Берілген кен орындағы ұңғымаларды пайдалануға беру қарқынын аналог-кен орындағыдай ($v=v(\eta)$ тәуелділігі белгілі кен орын) етіп сақтау керек.



4.21-сурет. Ағымдағы суланудың v ағымдағы мұнайбергіштікке η тәуелділігі:

1 – аналог-кен орын бойынша нақты мәліметтер; 2 – есептік тәуелділік

Кен орынның өндіргіштік мүмкіндігін бағалауға берілген уақыттың және оның біртексіздігі жайлы толық мәліметтердің аздығынан кен орынды игеру есептеулерін күрделі компьютерлік бағдарламаларды қолданып жүзеге асыру орынсыз, жоғарыда келтірілген әдістемені ((4.97) – (4.102) теңдеулері) қолдану қолайлы.

Өндірілетін өнімнің сулануының мұнайбергіштікке тәуелділігін (4.21-суретті қараңыз) келесідей аппроксимациялауға болады:

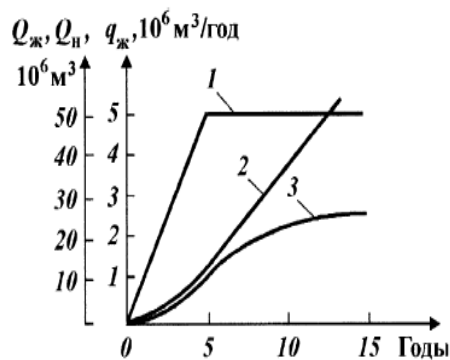
$$0 \leq \eta \leq 0,25 \text{ кезінде } v = 34,08(\eta - 0,1)^2;$$

$$0,25 \leq \eta \leq \eta^e \text{ кезінде } v = 1,232(\eta - 0,1)^{1/4}.$$

Есептеулер көрсеткендей, жоғарыда берілген тәуелділік үшін өнімнің соңғы сулануы $V_c=0,98$ кезінде: $\eta_c=0,5$.

(4.102) тендеуін интегралдаймыз:

$$I = \int_0^{\eta} \frac{d\eta}{1 - v(\eta)}.$$



4.22-сурет. q^{\ast} , Q^{\ast} , Q^i -лардың t уақытқа тәуелділігі: 1 - q^{\ast} ; 2 - Q^{\ast} ; 3 - Q^i .

Бұны интегралдың астына келтірілген тендеулерді қою арқылы немесе η -дің әртүрлі мәндері үшін $v = v(\eta)$ алғашқы тәуелділігін қолдану арқылы интегралды есептік жолмен шешуге болады.

Жылдық сұйықтық таңдауының q^{\ast} t уақытта өзгеруін білу қажет. Бұл тәуелділік 4.21-суретте көрсетілген. Интегралдау арқылы жинақталған сұйықтықтың $Q^{\ast}(t)$ t уақытқа тәуелділігі құралады (4.22-суретті қараңыз). $\eta = Q^i(t) / G^0$ болғандықтан η -дің әр мәніне $Q^i(t)$ анықтауға болады. Өйткені (IV.102) формуласына сәйкес $I(\eta) = Q^{\ast}(t) / G^0$, онда η мен t әр саны үшін $Q^{\ast}(t)$ мен $Q^i(t)$ белгілі болады (4.22-суретті қараңыз). 15 жылдан кейін $Q^i \approx 26 \cdot 10^6 \text{ м}^3$ болатыны көрініп тұр.

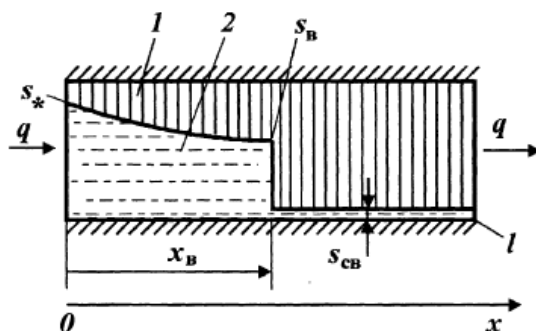
4.6 Ұңғыма дебиті мен қабат қысымын есептеу

Сұйықты тереңнен бетке көтеру әдісін таңдау мақсатында ұңғымалардағы түп қысымын анықтау кезінде, мұнай мен судың фазалық жағдайын бағалау кезінде, сондай-ақ фильтрацияланатын заттардың орын

ауыстыру жылдамдығын анықтау мен су-мұнай шекарасы арасын анықтау мақсатында қабат қысымы градиентін есептеу кезінде қабат қысымы өрісін білу қажет.

Біртекті сұйықтардың, жеке алғанда мұнай мен судың, фильтрациясының есебін шешу кезінде суға қанығушылық өрісімен қатар қабат қысымы өрісін де анықтайды. Түзусызықты немесе радиальды қабаттан ығыстырудың поршеньді моделін қолданумен мұнайды сумен ығыстыру жағдайында қысым өрісі есептеледі.

Мұнайды сумен поршеньсіз ығыстыру жағдайында тіпті, түзусызықты қабатта қысымның таралуын орнату біршама күрделірек. Сондықтан бірөлшемді түзусызықты фильтрациялық жағдайы үшін соңғы жағдайды толығырақ қарастырамыз.



4.23-сурет. Түзусызықты қабаттан мұнайды сумен поршеньсіз ығыстырудың сызбасы:
1 – мұнай; 2 – су

4.23-суретте келтірілгенге сәйкес мұнай мен су фильтрациясының қосынды жылдамдығы үшін:

$$v = v_с + v_н = -k \left(\frac{k_с}{\mu_с} + \frac{k_н}{\mu_н} \right) \frac{\partial p}{\partial x} \quad (4.107)$$

өрнекті аламыз.

Осыдан $f(s)$ функциясы үшін өрнекті ескеріп, мынаны аламыз:

$$q = (v_с + v_н)bh = \frac{bhk}{\mu_с} \left(k_с + \frac{\mu_с}{\mu_н} k_н \right) \frac{\partial p}{\partial x} = \frac{bhk}{\mu_с} \frac{k_с(s)}{f(s)} \frac{\partial p}{\partial x}. \quad (4.108)$$

Теңдеуді қарапайымдату үшін бұл параграфта қабатқа айдалатын судың көлемін $V_{\hat{a}\zeta} = qt$ деп аламыз. Өйткені:

$$x = \frac{qt}{bhm} \xi; dx = \frac{qt}{bhm} d\xi, \quad (4.109)$$

бұны (4.108) теңдеуіне қойып,

$$q = -\frac{bhk k_0(s) \partial p}{\mu_0 f(s) \partial \xi} \frac{\partial \xi}{\partial} = -\frac{b^2 h^2 m k k_0(s) \partial p}{q \mu_0 t f(s) \partial \xi}$$

өрнек аламыз.

$d\xi = f''(s) ds$ екендігін ескеріп және жеке туындыларды жай туындылармен алмастырып, (IV.109) теңдеуінен:

$$q = -\frac{b^2 h^2 m k k_0(s) \partial p}{q \mu_0 t f(s) f''(s) \partial s}$$

немесе

$$\frac{q \mu_0 t}{b^2 h^2 m k} \frac{f(s) f''(s)}{k_0(s)} ds = -dp \quad (4.110)$$

4.22-суретке сәйкес, $x^a \leq x \leq 1$ жағдайында қабат ауданында таза мұнай қозғалады. Бұл ауданда мұнайдың фазалық өткізгіштігін абсолюттік деп санаймыз. Онда тұзусыздықты қабатта қысымның толық түсуін Δp :

$$\overline{\Delta p} = \frac{q \mu_{n(1-k_0)}}{bhk} + \frac{q^2 \mu_0 t}{b^2 h^2} \int_{s_*}^{s_0} \psi(s) ds$$

$$\psi(s) = \frac{f(s) f''(s)}{k_0(s)}$$

$$x_0 = \frac{f'(s_0) q t}{b h m} \quad (4.111)$$

деп өрнектейміз.

Ығыстыру фронтындағы суға қанығушылықты S^a келтірілген әдістеме бойынша есептейміз. Суға қанығушылық функциясынан $\Psi(s)$ интегралды сандық жолмен есептеуге болады. Сонымен бірге кірме функция $\Psi(s)$ мен $f(s)$ функциясының екінші ретті туындысын сандық дифференциалдау жолымен табуға болады.

Сәйкес формулалар негізінде, радиалды жағдай үшін:

$$q = -\frac{2\pi k h r k_0(s) \partial p}{\mu_0 f(s) \partial r} \quad (4.112)$$

өрнегін аламыз.

(4.77) теңдеулер дифференциалдап:

$$f''(s) ds = -\frac{2\pi h m r dr}{q t} \quad (4.113)$$

(4.113) теңдеуін (4.112) өрнегіне қойып және жеке жеке туындыны жай туындымен алмастырып, мынаны аламыз:

$$q = -\frac{4\pi^2 m r^2 h^2 k}{q t \mu_g} \cdot \frac{k_g(s) \partial p}{f''(s) f(s) \partial s}$$

немесе

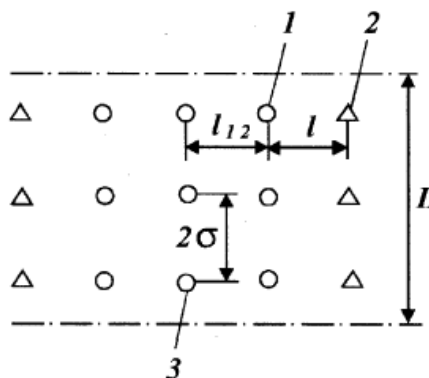
$$\frac{q \mu_g}{4\pi k h} \frac{f(s) f''(s)}{f'(s) k_g(s)} ds = -dp. \quad (4.114)$$

Ұңғыма мен қорек контуры арасындағы қысымның толық түсуін ΔP :

$$\Delta p_c = \frac{q \mu_g}{4\pi k h} \int_{S_*}^{S_g} \frac{f(s) f''(s)}{f'(s) k_g(s)} ds + \frac{q \mu_H}{2\pi k h} \ln \frac{r_u}{r_g}. \quad (4.115)$$

деп өрнектейміз.

S_B және r_B мәндеріне сәйкес теңдеулермен анықтаймыз.



4.24-сурет. Үш қатарлы жолақты игеру жүйесі бөлігінің сызбасы:
1,3 – өндіріліп жатқан ұңғыманың сәйкесінше бірінші және екінші қатары; 2 – айдау ұңғымаларының қатары.

Мұнайды сумен ығыстырудың сандық әдістерімен жазық есептерді шешу кезінде қабат қысымы өрісін суға қанығушылық және мұнайға қанығушылық өрістерімен бір мезетте есептейді.

Тәжірибеде айдау және өндіру ұңғымалары түп қысымдарының түсуін барлық кезеңге анықтамай, игерудің белгілі бір кезіне, мысалы, қабатта суланбаған мұнай қозғалатын игерудің алғашқы кезеңінде немесе қабаттан өндірілетін өнімді суландыру басталғаннан кейінгі кейбір кезеңдерде анықтау маңызды болып табылады.

Бағалау үшін, бұл қысым түсулерін мәні 2-тарауда ашылған эквивалентті фильтрациялық кедергілер әдісін қолданып анықтауға болады.

Эквивалентті фильтрациялық кедергілер әдісімен ұңғымалардың үш қатарлы орналасу жағдайындағы қабат қысымының таралуын есептейміз. Жеңілдету үшін біртекті қабатты аламыз және мұнайды сумен поршеньдік ығыстыру жүргізіліп жатыр деп санаймыз.

Мысал үшін мынадай жағдайды қарастырамыз, сулану үдерісі жаңадан басталып және мұнай тек $r_c \leq r \leq r_B < \sigma/\pi$ ауданынан, айдау ұңғымасының r^a радиусты (4.23-суретті қараңыз) айналасымен ығысқан кезде. Айдау қатарларының арасына енгізілген өндіру ұңғымаларының үш қатарын құрайтын игеру жолағының бөлігіне q шығынмен су айдалады деп санаймыз. Қарастырылып жатқан жолақ бөлігінің ұзындығы L -ге тең. Сонымен, егер айдау ұңғымаларының оң жақ қатарын алсақ (4.24-суретті қараңыз), онда оның сол жағынан, яғни қарастырылатын жолаққа $q/2$ шығынмен су келіп түседі. Судың қалған бөлігі оң жақта орналасатын көрші жолаққа кетеді. Қабатты игеру режимі су арынды болғандықтан, судың көлемдік шығыны қабаттық шарттардағы мұнайдың көлемдік дебитіне тең. Қарастырылып жатқан жолақ бөлігінің өндіру ұңғымаларының бірінші қатарының дебиті q_1 -ге, ал ұңғымалардың екінші (орталық) қатарындағы дебит q_2 -ге тең. Өйткені ұңғымалардың орталық қатарына мұнай сол жақтан да түседі, онда қабаттағы сұйықтың балансының:

$$\frac{q}{2} = q_1 + \frac{q_2}{2}. \quad (4.116)$$

арақатынасын аламыз.

Эквивалентті фильтрациялық кедергілер әдісіне сәйкес, $r^a \leq \sigma/\pi$ екендігін ескеріп, 4.24-суретке сәйкестендіреміз:

$$p_n - p_g = \frac{q\mu_g \ln \frac{r_g}{r_c}}{2n_n \pi k k_g h}; \quad p_g - p'_n = \frac{q\mu_n \ln \frac{\sigma}{\pi r_g}}{2n_n k k_n h}; \quad p'_n - p'_{c1} = \frac{q\mu_n l}{2k k_n h L};$$

$$p'_{c1} - p_{c1} = \frac{q_1 \mu_n \ln \frac{\sigma}{\pi r_c}}{2n_{c1} \pi k k_n h}; \quad p'_{c1} - p'_{c2} = \frac{q_2 \mu_n l_{12}}{2k k_n h L};$$

$$p'_{c2} - p_{c2} = \frac{q_2 \mu_n \ln \frac{\sigma}{\pi r_c}}{2n_{c2} \pi k k_n h} \quad (4.117)$$

$$p_H - p_{c1} = \frac{q}{2kh} \left(\frac{\mu_H \ln \frac{r_g}{r_c}}{n_H \pi k_g} + \frac{\mu_H \ln \frac{\sigma}{\pi r_c}}{n_H \pi k_H} + \frac{\mu_H l}{k_H L} \right) + \frac{\mu_H \ln \frac{\sigma}{\pi r_c}}{2n_{c1} \pi k k_H h}. \quad (4.118)$$

мұндағы, n^i , n^{n1} және n^{n2} – сәйкесінше айдау, бірінші және екінші қатарлардағы ұңғымалар саны. Қалған белгілеулер көрсетілген (4.24-суретті қараңыз) немесе ертеректе қабылданғанмен сәйкес.

(4.117) формуласының соңғы үшеуін қосамыз. Нәтижесінде:

$$p_{c1} - p_{c2} = \frac{q_2}{2kh} \left(\frac{\mu_H l_{12}}{k_H L} + \frac{\mu_H \ln \frac{\sigma}{\pi r_g}}{n_{c2} \pi k_H} \right) - \frac{q_1 \mu_H \ln \frac{\sigma}{\pi r_c}}{2n_{c1} \pi k k_H h}. \quad (4.119)$$

өрнекті аламыз.

Белгілі болғандай, мұнай кен орындарын игеру үдерістерін есептеу кезінде келесілер берілген: 1) ұңғымалар дебиті, айдау және өндіру ұңғымаларының түптері арасындағы қысымның түсуін табу керек; 2) қысымның түсуі, ұңғымалар қатарының шығымын табу керек.

Бірінші жағдайда (4.118) және (4.119) теңдеулерін қолданған жөн, екінші жағдайда,

$$A_q + B_{q1} = p_H - p_{c1}; C_{q2} - B_{q1} = p_{c1} - p_{c2}; q = 2q_1 + q_2; \quad (4.120)$$

$$A = \frac{1}{2kh} \left(\frac{\mu_g \ln \frac{r_g}{r_c}}{n_H \pi k_g} + \frac{\mu_H \ln \frac{\sigma}{\pi r_g}}{n_H \pi k_{Hhl}} + \frac{\mu_H l}{k_H L} \right); B = \frac{\mu_H \ln \frac{\sigma}{\pi r_c}}{2n_{c1} \pi k k_H h};$$

$$C = \frac{\mu_{Hl12}}{2k k_H h l} + \frac{\mu_H \ln \frac{\sigma}{\pi r_c}}{2n_{c2} \pi k k_H h}.$$

сияқты үш сызықты алгебралық теңдеуден тұратын жүйені шешу қажет.

Бұл теңдеу жүйесін шешу арқылы мынаны аламыз:

$$q_2 = \frac{(2A + B)(p_{c1} - p_{c2}) + B(p_H - p_c)}{(A + B)B + 2AC};$$

$$q_1 = \frac{Cq_2 - (p_{c1} - p_{c2})}{B}.$$

Осындай тәсілмен бес қатарлы және ұңғымалардың орналасуының басқа да сызбаларына тиісті есептерді шешеді.

4.5-мысал. Кейбір мұнай кен орындарын игеру кезінде ұңғымаларды үш қатарлы орналастыру сызбасы (4.24-суретті қараңыз) қолданылған. Айдау және өндіру ұңғымаларының арасындағы қашықтық бірдей, яғни $2\sigma_i = 2\sigma_{ii} = 2\sigma = 500$ м. Айдау ұңғымаларының қатары мен өндіру ұңғымаларының бірінші қатары арасындағы қашықтық, сондай-ақ өндіру ұңғымаларының қатарлары арасындағы қашықтық бірдей және мынаған тең: $l_{12} = 600$ м. Айдау ұңғымаларының радиусы $r_{ii} = 0,1$ м, ал өндіру ұңғымаларының олардың түптік зоналарындағы өткізгіштігінің нашарлауы әсерінен келтірілген радиусы $r_{ii} = 0,01$ м. Қабат қалыңдығы $h = 10$ м. Қабаттық шарттардағы мұнай тұтқырлығы $\mu_i = 3 \cdot 10^{-3}$ Па·с, ал судың тұтқырлығы $\mu_a = 10^{-3}$ Па·с. Мұнайды сумен поршеньді ығыстыру жүргізіледі және қабаттың сумен шайылған ауданында су үшін фазалық өткізгіштік $k_{oi} = 0,4$ мкм², ал мұнайға қаныққан аудандарда мұнай үшін фазалық өткізгіштік $k_{oi} = 0,5$ мкм². Қарастырылып отырған жыл мезгілінде, қабаттан мұнайды ығыстыра, $r_a = 0,5\sigma/\pi$ қашықтыққа орын ауыстырады. Айдау ұңғымаларындағы түптік қысым $P_i = 20$ МПа, ал бірінші және екінші қатардағы өндіру ұңғымаларының түптік қысымы: $P_{n1} = P_{n2} = 15$ МПа.

Бірінші және екінші қатарлардағы дебиттерді q^1 және q^2 , сондай-ақ ұзындығы $l = 1500$ м болатын жолақ бөлігіне келетін, айдалатын су шығымын анықтау керек.

Есепті шешу кезінде алдымен А, В және С мәндерін табамыз.

$$A = \frac{1}{2h} \left(\frac{\mu_a \ln \frac{r_a}{\pi r_{nc}}}{\pi n_{c1} k k_{ii}} + \frac{\mu_i \ln \frac{\sigma}{\pi r_{ii}}}{\pi n_{c2} k k_{ii}} + \frac{\mu_i l}{k k_{ii} L} \right) = \frac{1}{2 \cdot 10} \left(\frac{10^{-3} \ln \frac{0,5 \cdot 250}{3,14 \cdot 0,1}}{3,14 \cdot 3 \cdot 0,4 \cdot 10^{-12}} + \frac{3 \cdot 10^{-3} \ln \frac{250 \cdot 3,14}{3,14 \cdot 0,5 \cdot 250}}{3 \cdot 3,14 \cdot 0,5 \cdot 10^{-12}} + \frac{3 \cdot 10^{-3} \cdot 600}{0,5 \cdot 10^{-12} \cdot 1500} \right) = 221,6 \cdot 10^6 \text{ Па} \cdot \text{с} / \text{м}^3;$$

$$B = \frac{\mu_i \ln \frac{\sigma}{\pi r_c}}{2 n_{c1} \pi k k_{ii} h} = \frac{3 \cdot 10^{-3} \ln \frac{250}{3,14 \cdot 0,01}}{2 \cdot 3 \cdot 3,14 \cdot 0,5 \cdot 10^{-12} \cdot 10} = 286,1 \cdot 10^6 \text{ Па} \cdot \text{с} / \text{м}^3$$

$$C = \frac{\mu_i l_{12}}{2 k k_{ii} h L} + \frac{\mu_i \ln \frac{\sigma}{\pi r_c}}{n_{c2} \pi k k_{ii} h} = \frac{3 \cdot 10^{-3} \cdot 600}{2 \cdot 0,5 \cdot 10^{-12} \cdot 10 \cdot 1500} + \frac{3 \cdot 10^{-3} \ln \frac{250}{3,14 \cdot 0,01}}{2 \cdot 3 \cdot 3,14 \cdot 0,5 \cdot 10^{-12} \cdot 10} = 406 \cdot 10^6 \text{ Па} \cdot \frac{\text{с}}{\text{м}^3};$$

$$q_2 = \frac{B(p_n - p_{c1})}{(A+C)B + 2AC} = \frac{286,1 \cdot 10^6 \cdot 10^6}{627,6 \cdot 286,1 \cdot 10^{12} + 2 \cdot 221,6 \cdot 406 \cdot 10^{12}} = 0,4 \cdot \frac{10^{12} \text{ м}^2}{\text{с}} = \frac{344 \text{ м}^3}{\text{сут}},$$

$$q_1 = \frac{Cq_2}{B} = \frac{406 \cdot 10^6 \cdot 344}{286,1 \cdot 10^6} = 488 \text{ м}^3 / \text{сут}$$

L ұзындықты жолақ бөлігіне айдалатын судың шығыны

$$q = 2q_1 + q_2 = 2 \cdot 488 + 344 = 1320 \text{ м}^3 / \text{сут}$$

4.7 Су айдауды қолданудағы кен орынды игеру мәселелері

Ресейде мұнайлы қабаттарға су айдауды өндірістік қолдану 1948 жылы девондық горизонттардың Туймазинск мұнайлы кен орнын игеруден басталады. Бұл уақытқа дейін қабат энергиясын ұстап тұру үшін мұнайлы қабатқа су айдау тәжірбиесі белгілі болды. Бұл әдіс басқа мемлекеттерде қолданылған.

Алғашқыда мұнайлы кен орындарды игеру кезінде су айдаудың нұсқа сыртынан су айдау әдісі қолданылады. Бірақ айдау ұнғымаларын мұнайлылық нұсқасының ішінен, оның бойымен бұрғылады. Өндіру ұнғымаларын мұнайлылық нұсқа бойына орналастырды. Айдау ұнғымаларының қатары өндіру ұнғымаларының бірінші қатарынан 1-6 км қашықтықта болды.

Нұсқа сыртынан су айдауды өнімділік қабаттары негізінен өнімділігі 0,3-1,0 мкм² құмтастар (песчаник) мен алевриттерден тұратын кен орындарында қолданған. Су айдау кен орындарында мұнайдың тұтқырлығы қабат жағдайларында 1-5*10⁻³ Па*С құраған.

Нұсқа сыртынан су айдау жиі кен орныды игерудің алғашқы сәтінен бастап емес, біраз уақыт өткеннен соң, қабат қысымының төмендеуі байқалғаннан бастап қолданылды. Дегенмен, қабаттың нұсқа сыртына су айдау, бір-екі жыл ішінде қабат энергия қорын толтырғаны соншалықты, ол тұрақты қалыпқа келді.

Мұнайлы қабатқа су алғашында айдау ұнғыларының төмен қабылдауына байланысты технологиялық қиыншылықтардың пайда болуына алып келді. Дюпи формуласы бойынша қабаттар қысымының төмендеуі кезінде алдын ала дайындалған шығынын жұту керек еді, бірақ оны қабылдамады. Ұнғыманың түптік аймағына эсер ету әдістерін, қабатты гидравликалық жару, қышқылмен өңдеу және айдауға жоғары қысымды пайдалану кеңінен қолданысқа енді. Осыларды қолдану барысында айдау ұнғымаларының қабылдануын жоғарылатуға және игеру мәселелерін шешуге алып келді.

1. Нұсқа сыртынан су айдау қабат қысымын бастапқы қалыпта ұстап тұрып қана қоймай оны жоғарылатуға мүмкіндік береді.

2. Нұсқа сыртынан су айдауды қолдану бастапқы игеру қорларын 5-7%-ға жоғарылауын жеткізіп, кен орныды игерудің максималды қарқынына

мүмкіндік береді. Салыстырмалы біртекті қабаттарда соңғы мұнайбергіштігі жоғары 0,50-0,55 кезінде және қабаттық жағдайларда мұнай тұтқырлығы 1-5*10⁻³ Па*с кезеңінде ұнғыма торының тығыздығы 20-60*104 м²/ұңғ. парометрмен игеру жүйесі қолданылады.

3. Ауданы жағынан үлкен кен орындарды өндіру ұнғымалар қатары бесеуден көп, игеру кезінде нұсқа сыртынан су айдаудың орталы бөлігіне әсері әлсіреп қалады. Осының нәтижесінде осы бөліктерден мұнайды игеру төмендейді. Бұл үлкен кен орындарды игеру қарқыны нұсқа сыртынан су айдау кезінде тұтастай жоғары болуы мүмкін еместігін көрсетеді.

4. Нұсқа сыртынан су айдау және локальды қабат бөліктерінен мұнайды игеруін жылдамдату барысында әртүрлі қабаттарда қабат қысымын теңестіру арқылы жүзеге асыруға мүмкіндік бермейді.

5. Нұсқа сыртынан су айдау кезінде қабатқа айдалатын судың басым бөлігі сулылық (водоносную) аймаққа кетеді және мұнайды қабаттан ығыстырмайды. Сулылық аймақ мұнайлылық нұсқасының сыртында орналасқан.

Мұнайлы қабаттарға нұсқа сыртынан су айдаудың жоғарыда көрсетілген нәтижелері мұнайлы кен орындарды игеруді одан әрі жетілдіруге және нұсқа ішінен су айдауды өте ірі кен орындарда, қабаттарды алаңдап немесе блоктап айдау ұнғымалар қатарымен бөлу арқылы қолдануға алып келді.

Одан әрі зерттеулер және игеру тәжірибелері игерілу қабаттарындағы айдау ұнғымаларын және блоктарға жүйелі бөлуін көрсетті. Блоктағы айдау ұнғымалар қатарының арасында өндіру ұнғымаларының қатары бесеуден аспауы керек.

Осылай әртүрлі қатарлы жүйені мұнайлы кен орныды игерудің: бірқатарлы, үшқатарлы және бесқатарлы блоктық жүйесін кеңінен қолдану пайда болды. Бұл жүйелерді алғаш рет Самарск облысындағы кен орындарда қолдана бастады.

Нұсқа ішінен бөлу жүйесін игеру кезінде қолдану игеру қарқынын нұсқа сыртынан су айдауға қарағанда 2-2,5 есе ұлғайтуға және игерудің техникалық-экономикалық көрсеткіштерін жақсартуға мүмкіндік берді. Көптеген мұнай өндіруші аудандарда, әсіресе, Батыс Сібірде мұнайлы кен орындарды игеру кезінде блокты қатарлы жүйелер кеңінен қолданыс тапты.

Негізгі қосымша ұнғымаларды орналастыру мақсатында, кен орныды игеруді интенсификациялау және реттеу, таңдап және ошақтап су айдау сызбасы қолданыла бастады. Осыларды қолдану кезінде айдау және өндіру ұнғымалары қабылданған тізбекті игеру жүйесі бойынша емес, қабат бөліктерінде орналасады.

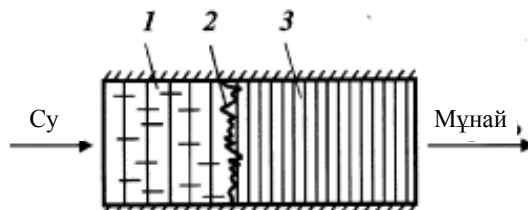
Ошақтап және таңдап су айдауды алғаш рет Татарстан мұнайлы кен орындарында қолдана бастады. Қазіргі таңда мұнайлы қабатқа су айдаудың әртүрлі әдістері мұнайлы қабаттардан мұнайды шығарудың басты әсер ететін әдістері болып табылады. Бұл су айдаудың басты әдістері XX ғасырда ғана емес, XXI ғасыр басында да сақталғанын білеміз.

Жалпы фактілік мәліметтер, мұнайлы кен орнын су айдауды қолданып игеруі бойынша, көптеген жағдайларда осы немесе басқа да дәлдік дәрежесінің негізгі теориялық нәтижелерін көрсетеді. Оларға мұнайды біртекті, қатпарлы-біртекті емес, сондай-ақ жарықшақты, жарықшақты-кеуекті қабаттардан сумен ығыстырудың поршеньдік және поршеньдік емес үлгісі негізінде алынады, егер үлгі шын қабатқа сәйкес болса қабат қысымының мұнай сұйықтықты игеру өзгерісі мұнайбергiштіктен ағымдық суланудың байланыстығы есептелінеді. Бірақ үлгіні дұрыс таңдау мәселесі қабатты игерудің негізгі ерекшелігін дәл көрсететін толық шешілуден әлі алыс. Қабаттарды игеру үлгілері тиянақты зерттеу негізінде және қабаттың қасиетін ескеру және қабатты игеру үрдісінің есебімен фактілік мәліметтерді салыстыру нәтижесінде құрылуы мүмкін. Соңғы жылдары есептеуіш-компьютерлік мүмкіншіліктердің өсуіне байланысты қабаттардың мекенжайлық үлгілері және игеру үдерістері жоғары дамуға ие. Оларды қолдану көп фазалы және кей жағдайларда көп компонентті фильтрацияның екі өлшемді және үш өлшемді есептерін шешу қажеттілігіне алып келеді. Ресейде су айдау әдісін қолдану тәжірбиесінің бай және алуан түрлілігі оның технологиялық мүмкіншілігін анықтап қана қоймай, сонымен қатар осы әдіске қатысты қабатқа әсер ету мәселелерінің қалыптасуын да анықтайды.

Су айдаудың алғашқы мәселесі зертханалық-эксперименттік зерттеулер кезеңінде пайда болды. Кең теориялық зерттеу және мұнайлы кен орындарды қабат мұнайының әртүрлі тұтқырлығы кезінде игеру анализі, мұнай және су тұтқырлық қатынасының жоғарылауы қабат жағдайында: $\mu_0 = \mu_{ж} / \mu_{с}$

Ағымдық мұнайбергiштік кезінде қабатқа айдалған су көлемінің Q_c қабат жыныс көлеміне $V_{ж}$ бірқалыпты қатынасының төмендеуін көрсетеді. Мысалы, егер соңғы шартты мұнайбергiштік ретінде үш көлемдік қабат арқылы айдау кезінде қабаттың жыныс көлеміне $3V_{ж}$ -ға тең су көлемінің мұнайбергiштігі қабылданса, орта есеппен $\mu_0 = 1-5$ кезінде соңғы ығыстыру коэффициенті өткізгіштігі $0,3-1,0 \text{ мкм}^2$ мұнай коллекторының жынысы үшін $0,5-0,7$ деп алуға болады.

Егер су айдауды мұнай тұтқырлығы қабаттық жағдайда $20-50 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$ мұнайлы кен орындарда қолданса, онда мұнайды сумен ығыстыру процесінің тұрақсыздығының күшеюінің нәтижесінде соңғы ығыстыру коэффициенті $0,35-0,4$ -ке дейін төмендейді.



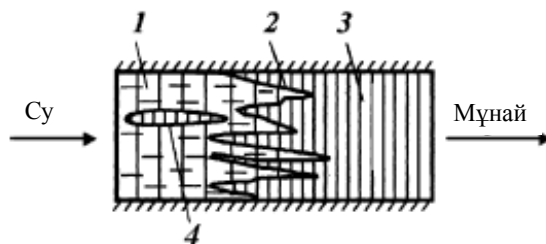
4.25-сурет. $\mu_0 = 15 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$ кезінде қабатта су мен мұнайдың әсерлесуінің қозғалыс сызбасы: 1 – сумен және қалдық мұнаймен толған аймақ; 2 – су мен мұнайдың әсерлесуі; 3 – мұнаймен толтырылған аймақ

Мұнайды сумен ығыстырудың зертханалық эксперименттік зерттеулерінің қабаттық үлгілерінде жүргізілген көрсетулері бойынша $\mu_0=1-5$ кезінде су мен мұнайдың әсерлесу сызығы салыстырмалы аз иіледі, бірақ $\mu_0=20-30$ кезінде ол күшті деформацияға ұшырайды. Сол кезде су, ығыстырылып жатқан мұнай сумен мұнайды айналып өту кезінде сумен мұнайдың әсерлесу аймағын артқа тастап жылжып жүреді.

Егер $\mu_0 > 100$ кезінде мұнайлы кен орындарда су айдау, қабаттарға кәдімгі суларды айдау арқылы жүргізу тиімсіз болады, өйткені соңғы мұнайбергіштік төмен (0,1 маңайында) болады.

Дәл осындай жағдай жоғары парафинді мұнайды қабаттардан ығыстыру үшін су айдауды қолдану кезінде пайда болады. Егер кен орнын табиғи режимде игеру кезінде мұнайдың күшті газсыздандыруына немесе қабат температурасынан төмен температурада қабатқа суды айдау мақсатында парафиннің кристалдық температурасына қарағанда қабат температурасының төмендеуіне жол береді, онда бастапқы мұнай құрамында ерітінді күйде болған парафин кейін оның құрамынан бөлінеді, сол кезде мұнайдың тұтқырлығы жоғарылайды және ол ньютондық емес қасиеттерге ие болады. Бұл ақырында мұнайбергіштіктің төмендеуіне алып келеді.

Мұнайлы кен орындарды су айдауды қолдану арқылы игерудің бірінші мәселесі мұнай мен судың тұтқырлығының жоғары қатынасының, сондай-ақ мұнайдың ньютондық емес қасиеттерінің ағымдық және соңғы мұнайбергіштікке кері әсерін жоюдан тұрады.



4.26-сурет. $\mu_0=20-30 \cdot 10^{-3}$ Па*с кезінде қабатта су мен мұнайдың әсерлесуінің қозғалыс сызбасы: 1 – сумен және қалдық мұнаймен толған аймақ; 2 – су мен мұнайдың әсерлесуі; 3 – мұнаймен толтырылған аймақ; 4 – су мен мұнайдың әсерлесуінен кейін қалған мұнай жиынтығы

Зерттеу және игеру тәжірибесі осы мәселелерді шешудің:

- 1) қабатқа ыстық суды және су буын айдауды қолдану;
- 2) суды полимерлі қоспалармен және басқа да заттармен қоюлату;
- 3) ылғалды және ылғалдығы жоғары ішкі қабаттың жануды қолдануды сияқты бағыттарына алып келді.

Су қабаттан шығарылатын мұнайды ауыстыратын, шынымен ең қолжетімді және экономикалық тұрғыдан тиімді зат екенін атап өткен жөн.

Демек, мұнайлы кен орындарды игерудің жаңа тиімді әдістері қабатқа су айдауға негізделген болады. Бірақ жыныстан мұнайды шығару механизмі кәдімгі су айдау механизмінен түпнегізімен ерекше болады.

Су айдаудың екінші мәселесі мұнайды сумен, тіпті коллекторлардың өткізгіштігі ең тиімді жағдайларда және параметрлерінің кіші мәндерінде толық ығыстырып шығу мүмкін еместігімен байланысты.

Қабаттардың су айдау аймағынан мұнайды сумен толық ығыстыра алмауының басты себебі су мен мұнайдың араласпауы болып табылады. Мұнайдың ығыстырушы затпен араласуын қамтамасыз ету арқылы немесе қабатқа жоғары температурамен эсер етуде мұнайдың бусыздануы жүру мүмкіндігін қолдану арқылы қабаттардан мұнайды толығымен ығыстыруын қамтамасыз ету мәселесін шешуге болады.

Үшіншісі, ең кең тараған мәселе, анализдің нәтижесінен және мұнайлы кен орындарды су айдаумен игеру тәжірибесін жалпылаудан пайда болған. Су айдау үдерісі қабатты толығымен қамтамасыз ету мәселесі болып табылады. Игеру көрсеткендей бірнеше себептерімен игеру объектісіне кіретін жеке қабатшалар суды жұтпайды және олардан мұнай ығыстырылмайды. Жеке мұнайлы ұңғымаларының, тіпті, кен орнының мұнайлылық ауданында белгілі тізбекпен орналасса да, сулану біркелкі болмайды. Бұл қабатта су айдау жетпеген мұнайлылық аймағының қалып қоюына алып келеді.

Су айдауды қолдану тәжірибесі қабаттардың жоғары қамтылу мәселесін өндіру және айдау ұңғымаларының түптік аймағына эсер ету әдістерін комплекстік қолдану арқылы шешуге болатынын көрсетті. Оларға айдау қысымын жоғарылату, ұңғымалардан сұйықтықты эффективті көтеру құралдары, кен орнын игеру әдістерін реттеу, сондай-ақ кен орнының физика-геологиялық жағдайы үшін оның ең қолайлы игеру жүйесін таңдау және сәйкес игеру объектілерін және ұңғыма торының тығыздығын таңдау жатады.

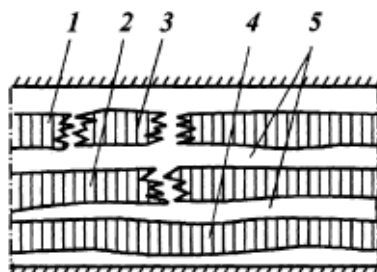
Кен орны толығымен зерттелмегенде игеру жүйесін технологиялық игеру сызбасын құру кезеңін таңдауға тура келеді.

Тиімді игеру объектілерін таңдау кезінде жеке қабаттардың вертикалды хабарлау дәрежесін білу маңызды рөл атқарады. Жарылым карбонатты коллекторларға ғана емес құмтастар мен алевриттерден құралған қабаттарға тиісті екені мәлім. Көптеген жағдайларда қабаттардың вертикалды хабарлаудың жоғарылауы бөлгіш қабаттардың өткізбейтін қатпарларын жеке терезелердің, демек, өткізгіш бөліктердің болуына көмектеседі.

Тиімді игеру объектілерін және ұңғыма торларының тығыздықтарын техника-экономикалық анализ негізінде таңдаған жөн. Алайда, қабаттың су айдаумен қамтылу коэффициенті η_2 игеру объектісіндегі қабаттардың бірігу деңгейінен және ұңғыма торының тығыздық параметрінен S_2 кен орнындағы қабаттардың геологиялық құрылымын және әртүрлі игеру жүйелер кезіндегі одан мұнайды сумен ығыстыру үдерісін бірлесіп зерттеу негізінде ғана анықталады.

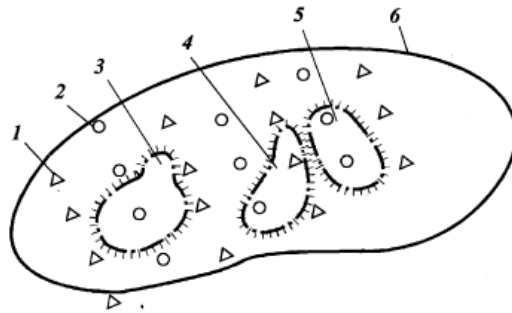
Келтірілген қалыптағы бір иллюстрация үшін негізгі сипатта $\eta_2 = \eta_2(S_c)$ тәуелділігін табу әдісін қарастырамыз. Оны кен орнының біртекті емес аймақтың картасын қолдану арқылы S_c параметрінің әртүрлі мәндері кезінде кен орныды игерудің мүмкін болатын нұсқалардың анализі негізінде зерттейді.

Кен орнында игеріліп жатқан қабат бірнеше қабатшалардан тұрады деп аламыз (4.27-сурет). Олар қатпарлы өткізбейтін жыныстармен бөлінген. Қабат үшін $\eta_2 = \eta_2(S_c)$ тәуелділігін құру мақсатында одан жеке қабатшаларды кезекпен бөліп алатын боламыз және әр қабатшаның су айдаумен қамтылуының ұңғыма торының тығыздығына тәуелділігін зерттеу. Жеңілдету үшін әр қабатшалардың біртекті еместігі басқа қабат бөлігімен хабарласпайтын линзалармен сипатталады деп санайтын боламыз. Егер ұңғыма торының кейбір тығыздықтары кезінде линзаны бір мезетте екеуден кем емес ұңғыма ашса, онда бұндай линза игерумен қамтылған деп саналады. Егер линзаны ешқандай ұңғыма ашпаса, олардың біреуі – өндіру, ал екіншісі – айдау, онда бұл линза игеруге қатыспаған болады. Ал ондағы мұнай қоры игерумен қамтылған қор құрамынан шығарылады.

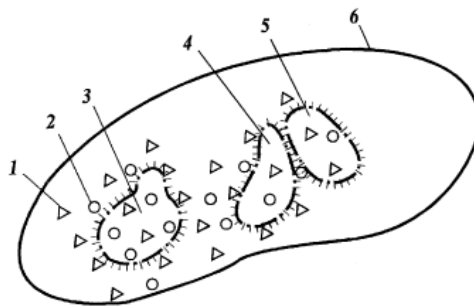


4.27-сурет. Бірнеше қабатшалардан тұратын қабат бөлігінің вертикалды қимасының сызбасы: 1, 2, 4 – А, А, С сәйкес қабатшалар; 3 – қабатшадағы линза; 5 – өткізбейтін қатпарлар

Зерттеліп отырған бөліктен игеріліп жатқан қатпарлы қабаттан А қабатшасын бөліп аламыз (4.28-сурет). Бұл қабатша бөлік аумағында үш: 3, 4 және 5 линзадан тұрады. Кен орнын игеру кезінде ұңғымаларды орналастырудың біртекті сызбасын қолданады деп санайық. Ұңғымаларды осындай орналастыру сызбасы кезінде қабаттың игерумен қамтылу өзгерісін қарастырайық, бірақ екі әртүрлі S_{c1} және S_{c2} , $S_{c1} > S_{c2}$ кезінде $S_c = S_{c1}$ сәйкес жағдайында игерумен тек 4 линзаға қамтылады. 3 және 5 линзадағы мұнай қоры қарастырылып жатқан қордан шектелуі тиіс.



4.28-сурет. $Sc=Sc_1$ кезінде А қабатында ұңғымалардың орналасу сызбасы; 1, 2 – сәйкесінше айдау және өндіру ұңғымалары; 3, 4, 5 – линзалар; 6 – мұнайлылықтың шартты нұсқасы



4.29-сурет. $Sc_1 > Sc_2$ кезінде А қабатшасында ұңғымалардың орналасу сызбасы; 1, 2 – сәйкесінше айдау және өндіру ұңғымалары; 3, 4, 5 – линзалар; 6 – мұнайлылықтың шартты нұсқасы.

Екінші жағдайда ұңғымалардың орналасуы бірінші жағдай кезіндегідей ұңғымаларының тығыздығы жоғары ($Sc_2 < Sc_1$) және А қабатшасындағы 3 және 5 линзаларға, кем дегенде бір айдау және бір өндіру ұңғымалары түсірілген (4.29-сурет). Демек барлық линзалар игерумен қамтылады және қабатты қамту коэффициенті бірінші жағдайға қарағанда жоғары болады.

Өткен мысалдан көретініміз кен орнын игерумен қабаттарды қамту коэффициент тәуелділігін табу үшін ең бірінші зерттеп және қабаттың біртекті еместігін білу керек. Осы кезде кен орнын игерумен қабатты қамтуға линза көргіштік қана әсер етпейді және басқа да біртекті еместік түрлері және техникалық бұзылулар әсер ететінін атап кеткен жөн. Қабаттардың жарылғыштығы оларды игеру мен қамтуда пайдалы рөл атқаруы мүмкін. Өйткені жарылымдар арқылы тектоникалық және біртекті емес қабатшаларды қосады. Осы арқылы қабаттың біртектілігі жоғарылайды. Алайда ұзын жарылымдардың болуы айдалатын судың өндіру ұңғымаларына алдын ала жарып кетуіне және су айдаумен қамтылу коэффициентінің төмендеуіне алып келеді.

Су айдаумен қабаттардың қамтылуын жоғарылату мәселесін шешу үшін әртүрлі игеру жүйелері кезінде біртекті емес қабаттарда мұнайды сумен ығыстыру үдерісінің мінезін көлемді болжау және игеру жүйесінің бөлшектеп өзгеруі бойынша іс-шараларының осы немесе басқа ұңғымалардың жұмыс режимдерінің қандай нәтижеге алып келу мүмкіндігін есептеу керек.

Осындай есептеулерді шешу мұнайды сумен ығыстырудың екі өлшемді және үш өлшемді есептерін қазіргі таңдағы жылдам жұмыс істейтін компьютерлерде жүзеге асады.

Ертеректе көрсетілгендей, ұңғыма торын тығыздығының және игеру жүйелерінің су айдаумен қабаттарды қамтуының әсерін зерттеу мәселесі S_c , әртүрлі параметрлерінің кен орнын фантомды игерудің көп факторлы анализ әдістерін қолданудың жалпы түрінде шешіледі. Осындай қоршаған ортамен шектелген тәуелділіктер ғана пайда болады. Оларды нақты кен орны үшін жуықтап қолдануға мүмкіндік бар.

Осындай $\eta_2 = \eta_2(S_c)$ жалпы тәуелділіктерінің аппроксимациясы үшін ВНИИ мұнай формуласын:

$$\eta_2 = A - BS_c \quad (4.122)$$

немесе В. Н. Щелкачевтың формуласын қолданады:

$$\eta_2 = e^{-\lambda S_c} \quad (4.123)$$

Мұндағы, A , B және α – тұрақты коэффициенттер.

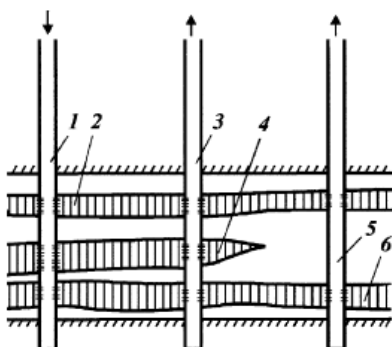
Қолданылатын нақты кен орындарға (4.122) және (4.123) теңдеулерін қолдану үшін дәл осы кен орнының A , B немесе α коэффициенттерін анықтау керек. Мысалы, біртекті емес зоналық карталарды және кен орныды игеру жүйелерін зерттеу арқылы.

Жоғарыда көрсетілгендей су айдаумен қабаттардың қамтылуын жоғарылату мәселесін шешу игеруді тиімді реттеу мүмкіндігінің маңызды түріне байланысты.

Мұнайлы кен орнын игеруді реттеу және су айдаумен қабаттардың қамтылуын жоғарылату мәселелерін шешу кезінде ең бірінші пайда болған сұрақтардың бірі пайдаланудан суланған ұңғымаларды шығару сұрағы болып табылады. Игеріліп жатқан қабаттың және қабатшалары бойынша сумұнайлы байланыстың жүру мөлшері бойынша өндіру ұңғымалары суланады. Мынадай сұрақ туындайды: мұнайбергiштіктің елеулі төмендеп кетпеуі үшін өнімнің қандай сулануы кезінде өндіру ұңғымаларының жұмысын тоқтату керек?

Мысалы, егер қабатты үшқатарлы жүйемен игеру кезінде төмен өткізгішті ортаңғы қабатша өндіру ұңғымаларының бірінші ядросының маңайына ортаңғы қабатша мұнай қорының басым бөлігін сақтаса, онда

суланудың аса төмен кезінде ұңғымалардың бірінші қатарын пайдаланудан шығару мұнайбергiштiктiң айтарлықтай төмендеуiне алып келедi (4.30-сурет).



4.30-сурет. Үшқатарлы сызбамен орналасу кезінде игеріліп жатқан қабатты қию сызбасы. Ол қабат үш қабатшадан тұрады: 1 – айдау ұңғымасы; 2 – қабатша; 3 – бірінші қатардың өндіру ұңғымасы; 4 – бірінші және екінші қатарлы өндіру ұңғымалары арасындағы қабатша; 5 – екінші қатардың өндіру ұңғымасы; 6 – қабатша

Мұнайлы кен орындарын реттеу мәселесінде әлі де көптеген басқа да шешілмеген сұрақтар бар.

Мұнайлы кен орындарын су айдау әдісін қолдану арқылы игеру кезінде туындайтын жалпы мәселелерден басқа бірқатар арнайы мәселелер де туындайды, мысалы, қабаттың өткізгіштігі төмен болған жағдайда, қатты біртекті емес қабаттарда, кен орындардың сумұнайлы аймақтарында, саздылығы жоғары коллекторларда, біртекті емес жарылымы бар, жарылымды-кеуекті қабаттарда игерудің тиімді әдісін құру.

Көрсетілген мәселелер кәдімгі су айдаудың орнына мұнайлы кен орындарын игерудің басқа әдістерін қолдану арқылы шешуге болады.

Мұнайды жинау кезінде өндіруші ұңғымаларда су жарылымы болады.

4.31-сурет. Ұңғылар сулануының негізгі факторларының классификациясы

Ұңғыны судың жарып өту себептеріне:

- өткізгіштілігі және шөгінділердің біртекті қабаттылығы (қабат қалыңдығы бойынша);
- ығыстырудың тұрақсыз тұтқырлығы;
- өндіруші және айдаушы ұңғымаларды орналастыру ерекшеліктері;
- табан суларының жиналуы;
- қабаттың еңкіштігі;
- жоғары өткізгіштіктің каналдары мен жарықтардың болуы, әсіресе жарықшақты-кеуекті коллекторларда;
- пайдаланушы тізбектің және цементті сақинаның саңылаусыздығы жатады.

Көптеген зерттелулердің нәтижелері бойынша өндіру ұңғыларының сулану факторы классификациясына (4.31-сурет) сәйкес, ұңғылар өнімінің сулануының негізгі себептері:

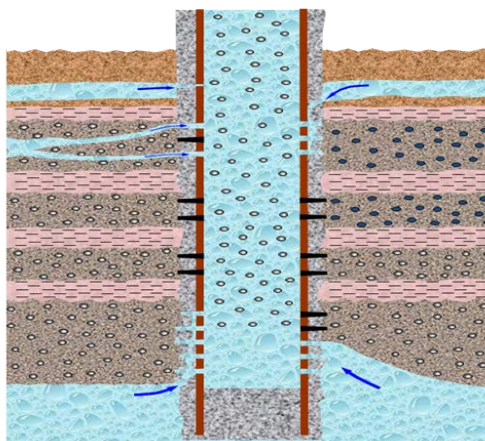
- техникалық;
- геология-физикалық және технологиялық екі үлкен топқа бөлінеді.

Техникалық себептердің топтарына бұрандалы қосылыстардың әлсіреу әсерінен, коррозиялық қирауының, электр тоғынан күйі, жөндеу жұмыстары кезінде құбырлардың механикалық бұзылуы және басқа да себептерден өнімді перфорация аралығынан ұңғы бекітілуінің қирауынан пайдалану тізбегінің саңылауының бұзылуы жатады.

Екінші факторлар топтары өнімді қабаттардан түсетін сулар әсерінен ұңғылардың сулану себептерін біріктіреді. Қабаттарды біріктіріп пайдалану кезінде ұңғылардың сулану қарқындылығы жыныстардың физика-геологиялық қасиеттеріне және үлкен қысымдармен табиғи түрде су айдау кезінде оларды қанықтыратын сұйықтарға тәуелді. Су мен мұнай тұтқырлықтарының айырмасы аудан және қалыңдығы бойынша қабатта су фронтының біртекті емес қозғалу үрдісін күшейтеді.

Уақытынан бұрын сулану келесілердің (4.31-сурет):

- зоналы біртекті шөгінділердің ауданы бойынша айдалатын су «тілдерінің» түзілуі (сулануды аудан бойынша қамту);
- табан суларынан конустың пайда болуы;
- өткізгіш қабат бойынша (қабат қалыңдығы бойымен қамту) судың озып қозғалуы;
- жоғары өткізгішті жарықтар бойымен судың қозғалуы;
- тізбек пен цементті сақина саңылаусыздығының әсерінен жоғары, ортаңғы және төменгі сулы қабаттардан судың келуі нәтижесінде болуы мүмкін.



4.32-сурет. Өндіру ұңғысына судың өтуі

Қабаттар мен ұңғымалардың уақытынан бұрын сулануы мұнай өндіруді төмендетуге және соңғы мұнай бергіштікке (шайылған белдеулерде су пайдасыз қозғалады), үлкен экономикалық шығындарға, тасымалдауға, судың үлкен көлемін қабатқа дайындауға және қайта айдауға әкеледі.

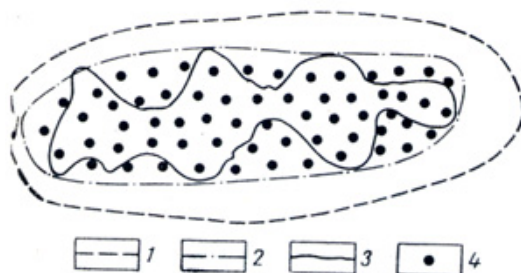
Қабат қысымы мен шығымына, қабаттың физикалық қасиеттеріне байланысты қабат саны мен оқпан жұмысының термодинамикалық шарттары бойынша газды және газконденсатты ұңғымалар бірнеше қабаттарды бірігіп пайдалану үшін фонтанды құбырлармен жабдықталады, ал қабаттарды жеке қолдану кезінде пакерлер мен фонтанды құбырларын пайдаланады.

Пайдалану нысандарын, яғни жеке игеру объектісін дұрыс таңдау және бөлу өте маңызды болып табылады.

Жеке нысан ретінде бөлінетін қабаттар мына шарттарға сәйкес болуы керек:

- өндіретін газ қорының рентабельдігі;
- өткізбейтін жыныстардан жоғары және төмен жатқан жыныстармен бөлінетін бір немесе бірнеше газға қаныққан қабаттардың болуы;
- қабат қысымының, ұңғыны пайдаланудың технологиялық режимдері мен қабаттарды игеру режимдері, литологиялық-физикалық қасиеттері жағынан жақын болуы жеткілікті;
- агрессивті компоненттері жоқ болуы шарт (H_2S , CO_2).

Бірнеше қабаттарды бір пайдаланушы нысанға біріктірудің мақсаты – ұңғыма шығымын арттыру және газды алу шектерінде қазбаларды қорғау шарттары мен кен орынды игеруді реттеуде ұңғылардың санын қысқарту.

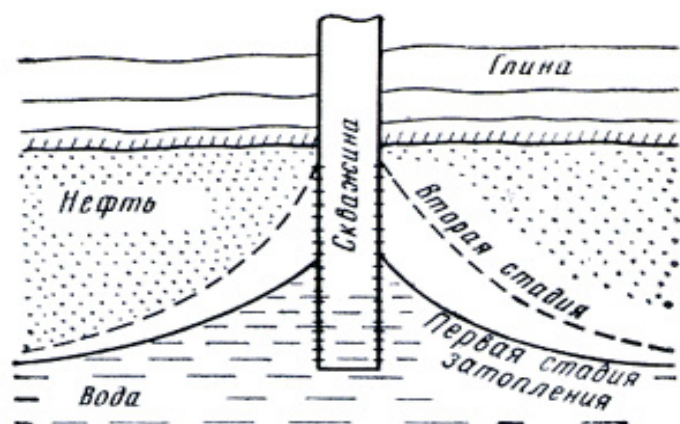


4.33-сурет. Сулану тілдердің пайда болу сұлбасы: 1 – сыртқы мұнайлылық нұсқасы; 2 – ішкі мұнайлылық нұсқасы; 3 – шоғырдың сулану сызығы; 4 – ұңғымалар

Қабаттан мұнайды шығару шарасы бірнеше сумұнайлы байланысын біртіндеп көтереді, ал мұнайлылық нұсқасы шөгінді орталығына тартылады. Әуелі мұнай нұсқасына жақын орналасқан ұңғылар, ал содан кейін шөгінді ортасындағы ұңғылар суланады. Нұсқа суы ұңғы түбіне жеткенде қабатты пайдалану тоқтатылады, мұнайдың орнына барлық ұңғылардан су алынады. Қабат толығымен сулануына қарамастан, қабатта әрқашан едәуір мөлшерде игерілмеген мұнай қалады.

Барлық үрдістердің нәтижесінде су нұсқасы бірқалыпсыз қабат ортасына жылжуы мүмкін, ол «сулану тілдерінің» түзілуіне әкеледі (4.33-сурет).

Су «тілдерінің» болуы қабатты жоспарлы пайдалануды қиындатады. Қабат мұнайы уақытынан бұрын суланады: бөлек «тілдер» бір-бірімен бірігуі мүмкін және қабатты оқшауланған аудандарға бөледі.



4.34-сурет. Сулану конусының пайда болу сұлбасы

Қабатта көп мөлшерде игерілмеген мұнай қалуы және қабаттың табан бөлігінің барлығын су басуы мүмкін. Ұңғыдан мұнайды интенсивті шығару мұндай жағдайларда күшпен көтеруді және ұңғы түбінің астынан ұңғының түп маңы аймағында «сулану конусы» түзіледі (4.34-сурет).

Қабаттар мен ұңғымалардың сулануымен күресу мәселесі аса өзекті мәселе болып келеді.

Газды ұңғымалардың түбінен сұйықты жою әдістерінің:

- механикалық (плунжерлі лифт, газлифттің әртүрлі модификациясы, автоматты үрлеу және басқалары);
- физико-химиялық (көбіктүзуші реагенттердің көмегімен) түрі қарастырылады.

Газды ұңғымалардан сұйықты периодты жою үшін:

- сұйықтың жұтылуы үшін ұңғыны тоқтату (БӨЗ қосып);
- ұңғыманы атмосфераға үрлеу;
- сифонды түтікшелер арқылы үрлеу;
- көбіктүзушінің ұңғымаға енгізу жолымен сұйықты көбіктендіру.

Суды үздіксіз жою үшін:

- түптен суды шығаруды қамтамасыз ететін газ жылдамдығы кезінде ұңғыны пайдалану;
- сифонды және фонтанды түтікшелер арқылы үздіксіз үрлеу;
- плунжерлі лифт;
- тереңдік сораппен сұйықты сору;
- сұйықты көбіктендіру шаралары қолданады.

Өндіруші ұңғыларда суокшаулаушы материалды қолданумен жүргізілетін жөндеу-оқшаулау жұмыстарының маңызы – сулаушы көздерге әсер етуде су ағынының ұңғыға өтуін: яғни: аралас қабаттар мен суландырғыш қабаттарды; өнімді объектіде суланған аймақтарды; коллектордағы су ағыны өтетін жарықшақтарды және тізбек сыртындағы кеңістікте басқа да

арындарды және т.с.с жабу жатады. Осы мақсатқа жету үшін әртүрлі әдістер қолданумен су оқшаулаушы материалдар және техникалық құралдар өңделген.

Ұңғыларға судың өтуін шектеу әдістері перфорациямен ашылған мұнайлы қабаттың бөлігінің өткізгіштігіне реагентті айдау әсеріне байланысты селективті және селективті емес болып бөлінеді. Осылай бөлудің өзі материалдың физикалық-химиялық қасиеттерімен анықталады.

Сұйықты жою әдісін таңдау кен орнының геология-өндірістік сипаттамасына, ұңғы конструкциясына, кен орнын игеру сатысына, қабаттан ұңғыға келіп түсетін су мөлшері мен себептеріне негізделген.

Судың аз шығымы кезінде периодты әдістер айтарлықтай тиімді, үлкен шығым кезінде үздіксіз әдістер тиімдірек.

Сұйықты жоюдың қымбат емес, тиімді және кең қолданылатын әдістерінің бірі түп сұйығын көбіктендіру әдісі болып табылады. Бұл әдіс бойынша ұңғыға белгілі мөлшерде беттік-әрекеттік заттарды (БЭЗ): ұңғы түбінде сұйықта еритін көбіктүзушіні айдайды. Нәтижесінде қабаттан ұңғыға түсетін газдың бүлкілдеуінен көбік бағанадан жеңіл көтеріледі. Тығыздығы аз болғандықтан, жоғарыға оңай шығарылады.

Егер мұнай және газ кен орындарында бірнеше жыныс қабаттары болса, онда көп қабатты кен орынды игеруді тездетуге және мұнай мен газды өндірудің өзіндік құнын төмендетуге ұңғыманы екі немесе бірнеше қабаттарды бір уақытта бөлек пайдалануды қолданып қол жеткізуге болады.

Қабаттарды бірмезгілде бөлек пайдаланудың әртүрлі жағдайлары кездеседі:

- барлық қабаттар – мұнайлы немесе барлық қабаттар – газды;
- бір қабаттар газды, басқалары мұнайлы;
- барлық қабаттардан мұнай алынады және бір уақытта барлығына немесе бөлек қабаттарға жұмысшы агент (су, газ) айдалады.

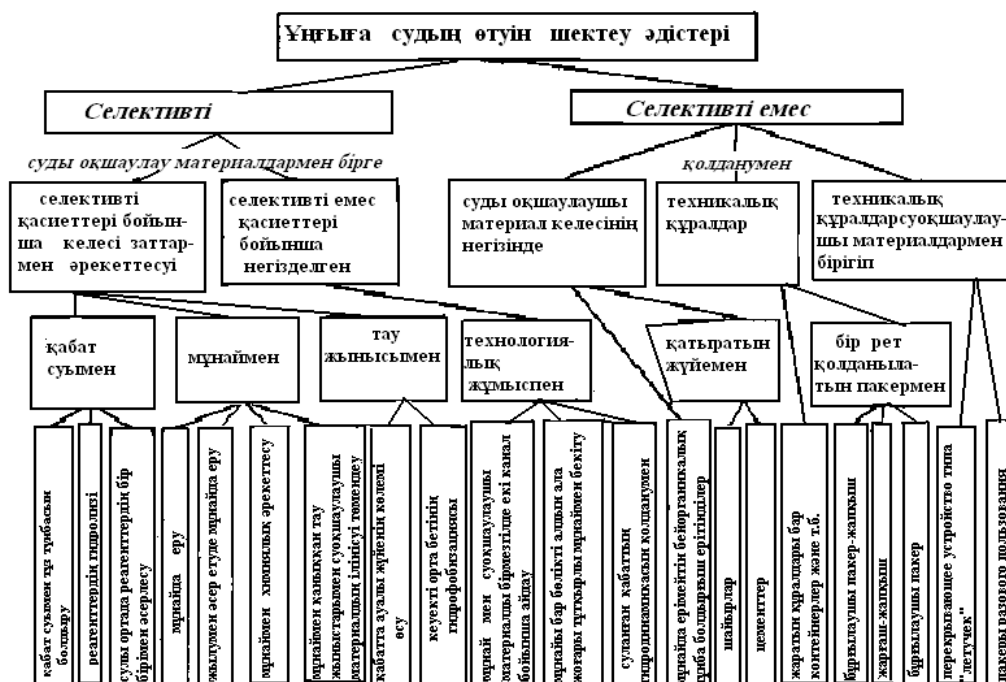
Бұл әдістің маңыздылығы қабаттың барлық өнімі немесе олардың негізгілері бір ұңғымада ашылады (перфорацияланады) және одан кейін бір нысан ретінде игеріледі.

Қабаттарды бір-бірінен бөлу үшін пакерлерді перфорация интервал арасына орналастырып, оларды бөлек, бірақ бірмезгілде игереді.

Әрбір қабаттың жұмысы басқа қабаттардың жұмысына ықпал етпейді және әрбір қабатта қажет зерттеулер немесе олардың жұмыс режимін бірқалыпта ұстау үшін әртүрлі шаралар жүргізуге болады.

Пайдаланудың бұл әдісі ағынның ұңғыға:

- қабаттарды фонтан-фонтан пайдалану;
- сорап-сорап;
- фонтан-сорап, сорап-фонтан тәсілдермен келуіне байланысты орындалуы мүмкін:



4.35-сурет. Ұңғыға судың өтуін шектеу әдістерінің топтамасы (классификациясы)

Қабаттар мен ұңғылардың уақытынан бұрын сулануымен күресу үшін игеру үрдісін реттеуші әдістердің 1-тобын қолданады.

Мұнайлы кен орындарды реттеу деп игерудің жоғары технологиялық және экономикалық көрсеткіштеріне жету мақсатында технологиялық шешім шегінде қабатты ұстау және пайдалану шартының өзгеруін түсінеміз.

Реттеу әдісін:

- 1 әсер ету жүйесінің өзгеруінсіз және жаңа ұңғыларды бұрғылау;
- 2 әсер ету жүйесінің толығымен немесе бір бөлігінің өзгеруі екі топқа бөлуге болады.

Бірінші топқа:

- гидродинамикалық жағдайды және ұңғы өнімділігін арттыратын қабаттың түп маңы ауданына әсері;
- өндіруші ұңғылардағы су ағынын оқшаулау (шектеу);
- мұнай ағыны профилінің түзелуі және кеңеюі мен қабат қалыңдығы бойынша өндіруші және айдаушы ұңғыларға су айдау әдістерін жатқызуға болады.

Ұңғы жұмысының технологиялық режимдерін өзгерту үшін:

- өндіруші ұңғыларда (сұйықты қарқынды түрде алу, олардың өнімін алуды кезеңмен өзгерту);

- айдаушы ұңғыларда (айдау шығындарын көбейту немесе шектеу, айдау қысымын өсіру, ұңғылар бойынша айдауды қайта өзгерту, кезеңді және циклді айдау), көп қабатты кен орындарында 1-ұңғымаға біруақытта бөлек бірнеше қабаттарды пайдалану.

Игеруді реттеу кен орынды пайдалану кезінде жүзеге асырылады.

Сулардың тілдерінің және конустарының азаюына ұңғыма жұмысының технологиялық режимдерін тиімдендіріп қол жеткізуге болады, ал судың озып қозғалуын болдырмау үшін бір уақытта бөлек пайдалану әдістерін қолдану керек.

Жөндеу-оқшаулау жұмыстары:

- су ағынын селективті оқшаулау;
- су ағынын бағыттап оқшаулау (суға қаныққан интервалдар және төменгі суларді өшіру);
- тізбек сыртындағы ағындарды жою;
- пайдалану тізбектің саңылаулығын жою мақсатпен орындалады.

Су ағынын селективті оқшаулау барлық өнімді қабаттың суланып кету жағдайында қолданылады. Тәжірибе көрсеткендей, өнімді қабаттың анизотропиясының арқасында сулану шайылған және өткізгіштігі бар қабатшаларда болады. Сондықтан ұңғыға сулы ерітінді негізінде біріктіретін полимарлы құрам немесе басқа да тампонажды материалды айдау кезінде, оның қабатқа өтуі су ағымы болған каналдар бойымен мұнайдың гидрофобтық қасиетіне байланысты мұнайға қаныққан қабатқа әсерін тигізбей жүзеге асады. Осы кезде өткізгіштігі жоғары суға қаныққан аймақтарда біріктіретін полимерлермен селективті блокадасы құралады.

Су ағынын бағыттап оқшаулау және айдалатын сумен интервал бойынша сулануы немесе қалыңдығы бойынша фильтрациялық біртекті еместігі аса айрықшаланбайтын қабаттарда қолданылады. Тәжірибеде бағыттап оқшаулаудың технологиясы:

- пакер арқылы мұнаймен қаныққан аймақтарды бекітіп, суланған интервалдарға тұтқыр-серпімді құрамды (ТСК) бағыттап айдау;
- төменгі мұнайға қаныққан интервалдарды түйіршікті материалдармен бекітіп, ТСК-ны бағыттап айдау;
- алдын ала перфорация интервалына уақытша цементті көпірді орнатып, кейін оны бұрғылаумен суланған интервалдарды екінші рет ашу арқылы бағыттап ТСК-ны айдау үш сұлба бойынша орындалады.

Тізбек сыртындағы ағындарды жою арнайы қуыс тесіктер немесе төменгі және жоғары перфорация интервалдары арқылы орындалады. Пайдалану тізбектің саңылаулығын жою ақаудың сипатына қарай арнайы тампонажды құрамдарды қолданумен жүргізіледі. Барлық келтірілген жұмыс түрлерінде:

- төменмолекулярлы полиакриламид және біріктірушінің су ерітіндісі негізінде тұтқыр серпімді құрам (ТСК технологиясы);
- әртүрлі модификациялы кремнийорганикалық қосылыстар (АКОР технологиясы);

- синтетикалық шайыр негізіндегі құрамдар оқшаулаушы материалдар қолданылады.

Материалдың түрі жөндеу-оқшаулау жұмыстарын жүргізудің әр жағдайына байланысты таңдалады. Көбінесе, аралас технологиялар қолданылады, мысалы, ТСҚ+АКОР.

Еліміздің кен орындарын игерудің негізгі түрі су айдау болып табылады. Бұл тәсілде мұнайды шығару тиімділігі қабатқа айдалған судың әсерінен оны толық қоршап алуына тәуелді.

Қазіргі технологияның мақсаты – ұңғыманың түпкі аймағындағы мұнайлы қабатының өнімді бөлігіндегі сулы аймағын оқшаулау және қабат аралық ағындарды болдырмау.

Силикат гелдері (СГ) мен силикатты-полимерлі гелдерді (СПГ) пайдаланатын бұл технология әсерінің механизмі қабаттың жоғары температурасындағы ұңғымаға айдалатын силикатты полимерлі ерітіндінің гелге айналу есебінен жоғары өткізгіш сулы қабатшалар мен жарықшақтарды селективті оқшаулау болып табылады.

Бұл әдістердің технологиялық үрдісі ағын немесе суды жұту аймағын анықтаудан, гелді дайындау мен айдаудан, оны ұңғыманы жұмысқа енгізуден бұрын гелге айналу уақытын күту болып келеді.

Ерітіндінің гелге айналу уақыты ерітінді компоненттерінің табиғаты мен құрамына және қабат жағдайларына тәуелді болады. Бұл ерітіндіні дайындау үрдісін тек ұңғы сағасында ғана емес, сонымен қатар стационарлы қондырғыларда да жүзеге асыруға болады.

Ұсынылатын композициялар оқшаулау жұмыстарына арналған құрамдарға қойылған:

- оқшаулауды қамтамасыз ететін жеткілікті беріктік;
- сілті реагент әсерінен бұзылу қабілеттілігі;
- әртүрлі компоненттер қатынасында түрлі гелтүзілу қабат температурасына тәуелді гелтүзілудің ең рационалды уақытын таңдауды болдыру талаптарын қанағаттандырады.

Технология жоғары суланған қабат аралықтарын, жоғары температуралы, тұщы немесе минералданған су айдалатын мұнай кен орындарының өнімді қабаттарының айдау және өндіру ұңғымаларындағы шаншылған және қабатаралық ағындарды селективті оқшаулану үшін арналған.

Бұл технология температурасы жоғары, минералданған суайдалатын кен орындардың мұнай қабаттарындағы айдау және өндіру ұңғыларында жоғары суланған қабатшаларды және қабаттар арасындағы ағындарды оқшаулауға арналған. Өндіру ұңғысында айдау кезінде қабаттың орташа қабылдағыштығы 192 м³/тәуліктен, ал айдау ұңғысында 360 м³/тәу кем болмауы керек. Айдау қысымы қабатты сұйықпен жару қысымынан аспауы керек.

Өңдеуді жүргізу үшін кеніштің суланған аудандарындағы және қатпарлы-біртекті емес қабаттардағы ұңғы таңдалынады. Қабатта өндіру ұңғысына су өткен жоғары өткізгішті қабатшалар болуы керек. Ол үшін ұңғыларда ағын профилі және келу сұйығының сипаттамасы анықталады.

Кез келген технологияның негізгі мәселесі ол су келетін қабат интервалын ғана оқшаулап, ал мұнайға қаныққан интервал мұнай қозғалысы үшін ашық болатындай орындалуы керек. Осыған байланысты өндіру ұңғысының қабылдағыштығының профилі арқылы қабаттың қабылдағыштық интервалы анықталады. Айдау сұйығының негізгі жұтуымен және судың келу интервалдарының сәйкес келуінде ұңғының сулануының негізгі көзін оқшаулауға болады. Ұңғыға гелтүзуші құрамының айдау көлемі қабаттың суланған жоғары өткізгіштік аймағының қуатымен, қабат қысымымен, депрессиясымен, топырақты араласудың болуымен анықталады және қабаттың 1 метр қалыңдығына 1-10 м³ құрайды. Сұйықты айдаудың нақты көлемі әр ұңғы үшін жұмыстың жеке жоспарымен орнатылады.

ЖОЖ (жөндеу-оқшаулау жұмыстарының) технологиясы, қабаттың мұнай бергіштігін арттыру және мұнай өндірудің интенсификациясының басқа технологиялары сияқты қолданылатын геолого-физикалық шарттарға байланысты әртүрлі тиімділіктен тұрады. Осыған байланысты ЖОЖ технологиясының негізінде ұңғыға су келуін болдырмайтын қабаттың жоғары температурасында силикатты гелдің түзуі болады, анықталған кейбір талаптар қабат параметрі, мұнай құрамы, сонымен қатар жұмысты жүргізу шартына қойылады.

Жұмысты жүргізу үшін 0,5 м-ден және одан да көп топырақты араласулы бар біртекті емес қабаттар таңдалады, оларды пайдалану үрдісінде өндіру ұңғылары судың жоғары өткізгіштік қабатшасы бойымен жарып өтуінен суланған, ал аз өткізгіш қабатшалар айдау суының әсерімен жауланбаған.

Суды оқшаулау жұмыстарының технологиясы

Ұңғыны қажетті технологиялық жабдықпен жабдықтайды, біржарым еселі күтілу қысымына айдау желісін тексереді.

Сулы оқшаулағыш қоспаны дайындайды. Дайындалған қоспаны СКҚ арқылы ұңғыға айдайды және ығыстыру сұйығының есептік көлемімен қабатқа ығыстырады.

Қабатқа қоспаны айдауды жүзеге асыру мүмкін болмағанда, сығудың соңындағы қысымға тең қабатқа қысымға қарсы кері жууды орындайды. Жұмысты орындау үрдісінде сығу сұйығының оқшаулағыш құрамының шығынын айдау және сығу қысымын реттейді. Ұңғыны жабады және қоспа әсер ету үшін 24-48 сағатқа ығыстырған соңғы қысыммен қалдырады.

Суланған ұңғыларда тігісті жоғары серпімді тұтқыр полимерлі жүйе (СПЖ) арқылы қабатты селективті оқшаулау технологиясы

СПЖ технологиясы өткізгіштігі бойынша өткізбейтін және нашар өткізетін қабатшалармен өнімді интервалдардың арасында қабат және айдау сұйығының келуін оқшаулау және жарылыстарды оқшаулау үшін біртекті емес қабаттарда су келуін оқшаулау және шектеу үшін, сонымен қатар бағана маңындағы ағыстарды оқшаулау үшін қолданады.

Бұл технологияны мұнай газ кен орнының терригенді және карбонатты өткізгіштігі $0,05 \text{ мкм}^2$ -ден жоғары коллекторларында, қабат температурасы 1000C -ге дейін болғанда қолданады.

Бұл технология суланған өндіру ұңғысының қабат түп маңы аймағына СТҚ-ның (серпімді тұтқырлы құрамның) $25\text{-}200 \text{ м}^3$ -қа дейін көлемін айдап, суланған қабаттың қуаты және өткізгіштігіне байланысты, ашық жарылыстардың болуына байланысты гидроэкранды орнату жолымен жүзеге асады.

СТҚ-ды қолданумен суланған мұнай-газ өндіруші ұңғыларының бағана маңында ағыстарды оқшаулау және су келуін бағытталған оқшаулаудың технологиясы

Тампонажды құрамдарды айдау геологиялық ерекшеліктерге және коллекторлық қасиеттерге, пайдалану тізбектің сыртындағы цементтің болуына байланысты перфорацияланған интервал арқылы немесе тізбек сыртындағы ағындарға қарама-қарсы жасалған қуыстар арқылы жүргізіледі. Осы кезде перфорация интервалы мен жасалған қуыстар арасында пакер орнатылады. Тізбек сыртындағы ағындарды жою бойынша жұмыстарды, операцияларды орындаудың техникалық мүмкіндігі бола алатын (КРС бригадасымен бірігіп жұмыс жасау, арнайы пакерлердің болуы, пайдалану тізбектің саңылаусыздығы, пайдалану тізбекте пакердің өтуі) объектілердің арнайы жасалған қуыстар арқылы жүргізілгені жөн.

Тізбек сыртындағы ағындарда оқшаулау жұмыстары өндіру, айдау ұңғыларында жүргізіледі, олардың осы ұңғыларда жүргізілуінің арнайы ерекшеліктері болмайды.

Арнайы перфорациялық қуыстар арқылы айдалатын тампонаждау құрамының көлемі:

$$V_T = \pi \frac{(D_C^2 - D_K^2)}{4} h_1 + \pi R_o^2 h_2 \cdot m$$

формуламен анықталады.

Мұнда,

D_C – ұңғы диаметрі, м;

D_K – тізбектің сыртқы диаметрі, м;

h_1 – қабаттар арасындағы арақашықтық, м;

h_2 – су шығатын қабатшаның қалыңдығы, м;

m – қабат кеуектілігі, бірлік;

R_o – жұмыс сапасын жоғарылату үшін 1 м -ден кем болмайтын суоқшаулау экранын құрайтын өңдеу радиусы. Бұл радиус тұтқыр серпімді жүйені көтере алатын градиент қысымында және ұңғының түп маңында қысымның таралу сипатына қарай таңдалған.

Технологияның тағайындалуы

Бағытталу оқшаулау технологиясы қалыңдығы бойынша қабаттың фильтрациялық біртекті еместігі көп болмайтын және айдалатын сумен интервал бойынша және құбыр сыртындағы кеңістіктен өтетін қабаттар мен ұңғыларда қолданылады.

Бұл технология мұнайгаз кен орнының терригенді және карбонатты өткізгіштігі 0,05 мкм²-тан жоғары коллекторында, қабат температурасы 1000С-ге дейін болғанда қолданады.

Бағытталған оқшаулаудың технологиясы:

- мұнайға қаныққан қабаттарды пакер арқылы жауып, қабаттың суланған интервалдарына арнайы қоспаларды бағыттап айдау;
- мұнайға қаныққан төменгі интервалдарды түйіршікті материалмен толтыру арқылы қоспаларды бағыттап айдау;
- перфорация интервалында алдын ала уақытша цементті стаканды орнатып, кейін оны бұрғылап, суланған интервалдарды екінші ретті ашу арқылы бағытталған айдауды жүргізу бірнеше сызбалармен жүзеге асады.

Айдау перфорацияның бар интервалы арқылы және пайдалану бағанында арнайы тесік арқылы жүзеге асады.

Тампонажды қоспа ретінде полимер негізіне тігісті серпімді тұтқыр қоспасы, сонымен қатар цементті қоспалар қолданылады.

Технология суланған өндіру ұңғысының қабат түп маңы аймағында СПЖ суланған қабаттың қуатына және өткізгіштігіне, ашық жарылыстардың бар болуына, пайдалану бағанасының бұзылуына байланысты гидроэкранды орнату жолымен жүзеге асады.

4.2-кесте

ТСҚ негізінде ЖОЖ үшін гелқұрайтын композициялар құрамы

Жұмыс түрі	Реагенттер концентрациясы							
	Құрам 1				Құрам 2			
	GS-1, DP9-8177 және аналогтар		Хром ацетаты		АК-642		Хром ацетаты	
%	кг/м ³	%	кг/м ³	%	кг/м ³	%	кг/м ³	
Табан сулардың келуін және жарықшақтардағы фильтрацияларды шектеу, тізбек сыртындағы ағындарды жою	0,8-1,2	8-12	0,08-0,1	0,8 -1,0	1,2-2,0	12 - 20	0,2 -0,5	2 - 5

4.3-кесте

Жөндеу-оқшайлау жұмыстары үшін тұтқыр-серпімді құрамының технологиялық сипаттамалары

Көрсеткіш атауы	Өлшем бірлігі	Мөлшері
Гельге айналу уақыты	сағат	3 - 30
Гельдің қату уақыты	сағат	5 - 15
Гельдің қаттылығы	кг/м	30 - 100
Айдау кезінде композицияның мүмкін температурасы	оС	10 - 60
Қалдық кедергі факторы	Өлшемсіз мән	> 300
Қысым градиентінің шегі	МПа/м	0,2 - 10

Айдау ұңғымаларын біріктіргіш полимерлі қоспамен өндеу технологиясы

Қабаттың мұнайбергіштігін тігісті полимерлі жүйені қолдану арқылы арттыру технологиясы мұнайбергіштікті сулану мен қабатты жаулауды көтеру есебінен ағымды және соңғы коэффициентін көтеруге бағытталған.

Қолдану аймағы

Мұнай-газ кен орнының теригенді және карбонатты өткізгіштігі 0,05 мкм²-дан жоғары коллекторы. Қабат температурасы 100оС-ге дейін.

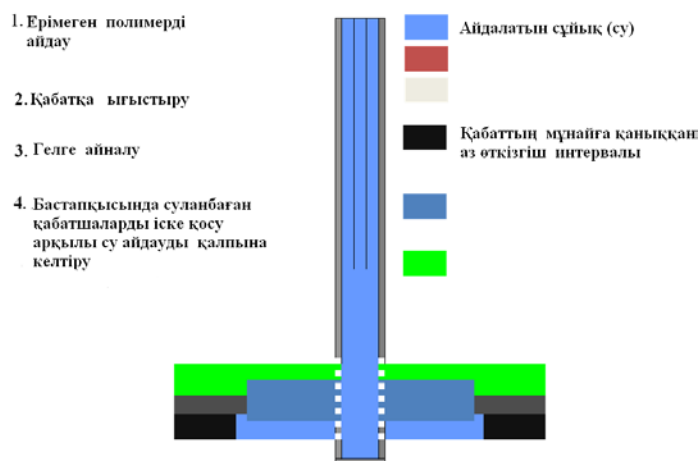
Технологияның мәні

ТПҚ қолдану едәуір арақашықтық қабаттың терең жеріне еруге қабілетті, қабатшалардың арасындағы гидродинамикалық байланыстың болуында да қабатта ағынды бөлуді тиімді реттеуге қабілетті ақырын тігетін қоспаны қолдануды қарастырады.

Тігісті полимерлі құрам:

полиакриломид (ПАА);

хром ацетаты келесі заттардан тұрады.



4.36-сурет. БПҚ технологиясы операциясының реті

Полимер және гель түзетін зат концентрациялары арқылы гелге айналу уақытын реттеу мүмкіншілігі бастапқы және соңғы кедергілердің берілген факторларымен қабат жағдайында ағысты болдырмайтын экрандарды тудырады.

Технологияны ендірудің қорытындысына:

- кеніштің өңделу алаңының қимасы және ауданы бойынша фильтрациялық ағынды бөлектеу;
- айдау ұңғыларына өндіру ұңғыларына судың жарып өтуін болдырмау;
- өткізгіштігі төмен зоналардан қиын алынатын қорларды игеруге қосу жатады (4.36-сурет).

Егер қабылдағыштық $200 \text{ м}^3/\text{тәу}$ -тен төмен, қысым 10 МПа -ға дейін болса, КПАС (3 м^3 -пен) берілген қабылдағыштыққа жеткенге дейін ТПҚ-ға айдау алдында ұңғыны қабылдағыштыққа сынау қажет.

Қабаттың мұнайға қаныққан аз өткізу интервалында ТПҚ берілген көлемін айдаудан кейін қабатқа қоспаны ығыстыру жүзеге асады, одан кейін ұңғы 48 сағат көлемінде гел түзуде ұсталынады.

Жоғарыда айтылған ұңғы өнімінің сулануын азайту бойынша технологиялар Қазақстанның көптеген кен орындарында жүргізілген және жақсы қорытындылар берген.

Бақылау сұрақтары:

1. Қабаттан ағымдағы мұнайды өндіру, ағымдағы сұйықтықты өндіру және өндіріліп жатқан өнімнің сулануы арасындағы байланыс формуласын шығарыңдар.
2. Қысымның тұрақты құлауы кезінде мұнайды сумен ығыстырудың поршеньді моделін қолдану арқылы тұзусызықты біртекті қабаттан мұнай дебиті үшін формула шығарыңдар.
3. Мұнайлы сумен поршеньдік ығыстыру кезінде тұзусызықты біртекті қабаттың сулану уақыты қандай формуламен анықталады?
4. Абсолюттік өткізгіштің кез келген заңымен орналасуы кезінде қатпарлы-біртекті емес тұзусызықты қабаттан өндіріліп жатқан су дебиті үшін формула шығарыңдар.
5. Мұнайды сумен ығыстырудың поршеньдік емес кезінде тұзусызықты біртекті қабаттан фронттың суға қанығушылығын анықтайтын формула шығарыңдар. Осындай суға қанығушылықты анықтаудың графиктік әдіс принципін түсіндіріңіз.
6. Мұнайды сумен ығыстырудың поршеньдік емес кезінде тұзусызықты қабаттың сусыз пайдалану уақытын қандай формуламен анықтайды?
7. Егер берілген эмпирикалық тәуелділік кезінде ағымдағы өнімнің сулануы, кен орнындағы ағымды сұйықтықтың таңдаулары әртүрлі болса, кен орны бойынша мұнай өндірудің уақытқа тәуелділігін қандай қатынас бойынша анықтауға болады?
8. Берілген қысым өзгерістері бойынша ұңғымалар дебитін есептеу эквивалентті фильтрациялық кедергілер әдісін қолданумен берілген ұңғымалар дебиттері бойынша үш және бес қатарлы жүйелерде игеру қысымын есептеуден қандай айырмашылығы бар?
9. Нұсқа сыртынан су айдауды қолдану арқылы мұнайлы кен орындарды игерудің кемшіліктері туралы айтып беріңіздер. Нұсқа сыртынан су айдау жүйесімен салыстырғанда нұсқа ішінен су айдау жүйесінің артықшылығы неде?

V тарау

МҰНАЙ-ГАЗ ЖӘНЕ МҰНАЙ-ГАЗКОНДЕНСАТТЫ КЕН ОРЫНДАРЫ МЕН АНОМАЛЬДЫ ҚАСИЕТІ БАР ҚАБАТТАРДЫ ИГЕРУ

Мұнай-газ кен орындары – бұл табиғи газ телпегі бар мұнай кен орындары. Оларда бастапқы қабат қысымы қанығу қысымына қарағанда әлдеқайда төмен болады, соның салдарынан газдың тек бір бөлігі ғана мұнайда ериді, ал қалған бөлігі алғашқы газ телпегін құрап, мұнайдың үстіне орналасады.

Мұнай-газконденсатты кен орындар – газды бөліктерінде майлы газ-конденсаттың көп мөлшері болатын C_3 - C_8 және ауыр көмірсутектердің қоспасы болып табылатын мұнайгаз кен орындары. Табиғи газ телпегіндегі 1 м^3 газда 150-200 г немесе одан аз конденсат болса, онда мұндай кен орныды мұнайгаздыға жатқызады. Газ телпегінде стандартты жағдайларда 1 м^3 газда 200 г конденсат болса, кен орныды конденсат мөлшері орташа мұнай-газконденсатты деп санайды. Газ телпегі газында бір кубометрде 600 г артық конденсаттың болуы жоғары деп саналады.

Егер көмірсутектердің 80-90% табиғи жағдайларда газда, ал қалғаны сұйық фазада, яғни мұнайда болса, шартты түрде ондай кен орнын газды немесе газоконденсатты деп санайды. Сұйық фазадағы көмірсутектер көп болған жағдайда кен орныды мұнайгаздыға немесе мұнайгазконденсаттыға жатқызады.

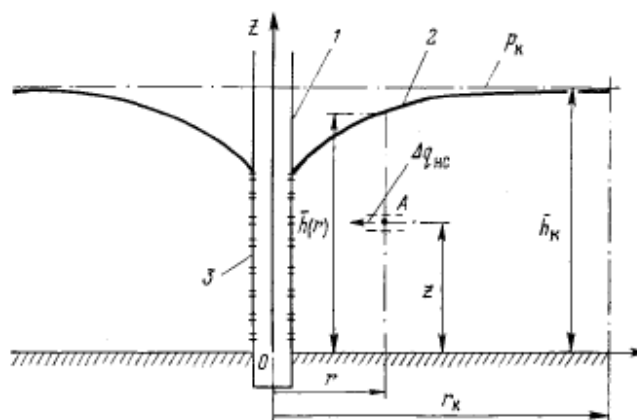
Мұнайгаз кен орындарының мұнайлы бөлігінде еріген газы бар мұнай, сондай-ақ байланысқан су болады. Бұл кен орындардың газды бөлігінде газ бен байланысқан су кездеседі. Кейбір мұнайгаз кен орындарының газды бөліктерінде мұнайға қанықтылық төмен кезде газ және байланысқан сумен бірге мұнай да болуы мүмкін деген болжам бар.

Мұнайгаз кен орындарын қабатқа әсер ету арқылы және т.б. игеру кезінде қойылатын **негізгі талап** мұнай газ телпегіне қарай жылжымауы қажет. Басқа сөзбен айтқанда, мұнай-газ кен орнын игеру газ-мұнай байланысы газ телпегіне қарай жылжымайтындай жүргізілуі қажет. Газ телпегіне қарай жылжыған мұнай онда қалдықты мұнайға қанықтылық тудырады, нәтижесінде газ телпегінде мұнай кеукті орта бойынша «жағылатын» мұнайдың қосымша шығыны пайда болады деп саналады.

Табиғи режимдермен мұнай-газ кен орындарын игеру кезінде газ-мұнай байланысының газ телпегіне қарай жылжуының алдын алу мұнай және газ бөліктері арасындағы қабаттық қысымның нөлдік немесе жағымсыз төмендеуін ұстап тұру арқылы іске асады.

Мұндай игеру, егер кеніштің мұнайлы бөлігінде қабаттық қысым белгілі бір мөлшерде төмендесе газ телпегінен газдың алынбауына немесе оның шектелуіне алып келеді. Алайда мұнай-газ кен орындарын игеру кезінде газ телпегінен газдың толық алынуын болдырмау қиын, себебі кен орны ауданы бойынша газ телпегі таралғанда газды конустар пайда болады. Мұнай-газ ұңғымаларына газдың бұзып өтуін болдырмау үшін белгілі арнайы шаралар қабылдауға қарамастан, мұнай-газ кен орындарының газ телпегінен алынатын газ мөлшерін негізінде мұнайлы ұңғымалар, әсіресе, газ-мұнай байланысына жақын орналасқан ұңғымалар шығымын төмендету арқылы шектейді. Мұнайлы ұңғымалар дебитін азайту бір жағынан, игерудің жеткілікті қарқынын ұстап тұрудың экономикалық себептерінің қажеттілігіне, екінші жағынан, кен орнын игерудің экономикалық көрсеткіштерін нашарлататын ұңғымалардың көп санын бұрғылау қажеттілігіне алып келеді.

Мұнай ұңғымаларының шығымы газды конустардың созылуына жол бермеу себебінен, шынымен де аз болуы керек деп елестету үшін газды конустардың пайда болуының қарапайым теориясын қарастырайық.



5.1-сурет. Мұнай-газ кен орны ұңғымасына мұнайдың келу сызбасы: 1 – ұңғыма; 2 – газ-мұнай байланысының беті; 3 – перфорацияланған бөлік

Мұнай-газ кен орнының мұнайлы бөлігі төменгі жағынан қабат табанымен шектеледі, яғни сумен жайылмайды деп алайық. Қабат түбінен есептелетін \bar{h}_c биіктік бойынша мұнай-газ кен орнының мұнайлы бөлігін ашқан ұңғымаға мұнайдың келуі газды конустың пайда болуымен жүреді (5.1-сурет). Ұңғыма центрінен r қашықтықтағы мұнай бағанының биіктігі мынаған $\bar{h} = \bar{h}(r)$ тең. Шартты қорек контуры: $r = r_k \bar{h} = \bar{h}_k$ болған кезде. Мұнай үшін қабаттың $k_{фн}$ фазалық өткізгіштігі k -ге тең деп аламыз. $\Delta \bar{h}$ биіктігі бойынша радиал бағытта ұңғымаға енетін мұнай дебитін q_{nc} оның көлденең бағыттағысына жуықтап есептеп,

$$\Delta q_{HC} = 2\pi r \Delta \bar{h} \frac{k}{\mu_H} \frac{\partial p}{\partial r} \quad (5.1)$$

түрінде анықтауға болады.

5.1-суретке сәйкес p қысымында қарапайым мұнай ағымы өтетін А нүктесінде ұңғыма ортасынан қашықтықта және қабаттың табанынан есептелгенде биіктігі есептелген:

$$p(r, z) = p_K + \gamma_{\Gamma} [\bar{h}_H - \bar{h}(r)] + \gamma_H [h(r) - z] \quad (5.2)$$

теңдеуін шығарамыз.

Мұнда, p_K қарастырылып отырған ұңғыманың жанындағы кеннің газды бөлігіндегі қысым; γ_H және γ_{Γ} - мұнай мен газға сәйкес үлес салмақтары.

Радиус бойынша қысымды өзгерте отырып, негізінде мынаны шығарамыз:

$$\begin{aligned} \frac{\partial p}{\partial r} &= \Delta \gamma \frac{\partial \bar{h}}{\partial r} \\ \Delta \gamma &= \gamma_H - \gamma_{\Gamma} \end{aligned} \quad (5.3)$$

(5.3)-ті (5.1)-ге қойып және $\Delta \bar{h} \rightarrow 0, \Delta q_{HC} \rightarrow 0$ шектері арқылы мынаны аламыз:

$$dq_{HC} = 2\pi r \frac{k}{\mu_H} d\bar{h} \Delta \gamma \frac{d\bar{h}}{dr}. \quad (5.4)$$

(4) теңдеуін $d\bar{h}$ интегралдап болып, $d\bar{h}/dr$, h тәуелді емес деп мына теңдеуді аламыз:

$$q_{HC} = 2\pi r \frac{k \Delta \gamma}{\mu_H} \bar{h} \frac{d\bar{h}}{dr}. \quad (5.5)$$

(5.5) теңдеуді тағы да интегралдап отырып, $\bar{h} = \bar{h}_k$ шекаралық шарттарын сақтай отырып, $r = r_k$ $\bar{h} = \bar{h}_c$, $r = r_k$ кезінде шекті газсыз шығым $q_{HC} = \bar{q}_{HC}$ үшін теңдеуді аламыз, яғни $r = r_k$ кезіндегі мұнай мұнарасының биіктігі кезіндегі h_c -ке тең және ұңғымадағы тек мұнай ғана ағып келеді:

$$\bar{q}_{HC} = \frac{\pi k \Delta x (\bar{h}_K^2 - \bar{h}_C^2)}{\mu_H \ln \frac{r_K}{r_C}}. \quad (5.6)$$

Осы теңдеу бойынша мұнайдың шекті газсыз дебитін анықтаймыз:

$$\Delta \gamma (\bar{h}_K^2 - \bar{h}_C^2) = 2 \Delta \gamma \bar{h}_{CP} (\bar{h}_K - \bar{h}_C); \quad \bar{h}_{CP} = \frac{\bar{h}_K + \bar{h}_C}{2}. \quad (5.7)$$

Осы өрнекті ескерсек,

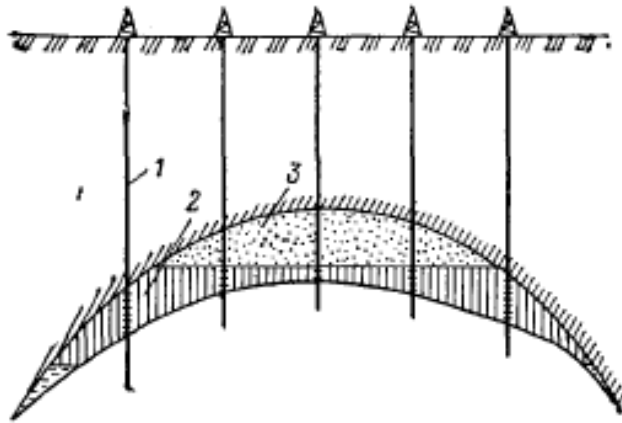
$$q_{HC} = \frac{2 \pi k h_{CP} \Delta \gamma \Delta \bar{h}}{\mu_H \ln \frac{r_K}{r_C}}. \quad (5.8)$$

Мұнай кен орындарын игеру тәжірибесінде Δp_c ереже бойынша бірнеше мегапиксельді құрайды. Осылайша, мұнай-газды кен орындары мұнай ұңғымаларының шекті газсыз шығымы қарапайым таза мұнай кен орындарының ұңғымаларында болатын шығымдарынан бірнеше ондық есе кем болады. Осы жағдай ұңғыма торларының ($3-4 \cdot 10^4 \text{ м}^2 / \text{унг}$) қатты тығыздалуын қажет етеді, яғни бұл берілген жылдамдықта мұнай-газды кен орындарының қыртысқа ешбір әсерсіз игеруін қамтамасыз ету мақсатында жүзеге асады.

Кейбір ерекше жағдайларды, мысалы, егер сусыз өнімдерді іріктеу аса қажет жағдайда, егер мұнай-газды кен орындары сулануы уақытында тұрақты сулы-мұнайлы эмульсиялар түзілсе, аса құнды мұнай жағдайында онда ұңғымалардың тығыз торсыз сулануынсыз-ақ тереңге шөкпеген мұнай-газды кен орындарын игеруге әбден болады. Алайда, мұнай-газды кен орындарының мұндай игеруден өткізілуі басқа барлық жағдайларда экономикалық жағынан ақталмайды, одан басқа, шын мәнінде, газды қалпақшада газдың сақталуына алып келеді. Сондықтан бұл кен орындарының қыртысқа әсері болатындай игеру қажеттілігі туындайды.

Мұнай-газды кен орнының қабатқа әсері болмайтындай игеру үрдісін есептеу мұнай кен орнын екінші газды қалпақшада игеру есептеу тәсілі бойынша жүзеге асады. Бұл тәсіл *3-тарауда* берілген.

Мұнай-газконденсатты кен орнының өңделуі. Бізде бір қыртысты антиклинальды бүктемеге ыңғайланған кен орны бар делік (*5.2-сурет*). Өнімді қыртыс тікелей сулы-мұнайлы контакт арқылы сыналады, сондықтан кен орнын тұйық деп есептеуге болады. Табиғи шөгім жағдайында кен орны газының құрамында көп мөлшерде конденсат бар бастапқы газды қалпақшасы болады. Одан басқа, көп мөлшердегі көмірсутек C_3-C_8 , яғни шын мәнісінде, конденсат ерітінді күйдегі мұнай құрамында да болады.



5.2-сурет. Мұнай-газконденсатты кен орындарының қимасы.

1 – өндіруші ұңғылар; 2 – кен орнының мұнай бөлігі; 3 – кен орнының газконденсат бөлімі

Қарастырылып отырған кен орнын газды конденсатты телпегі бар жеңіл мұнай кен орны деп септеуге болады. Алайда қысқарту үшін оны мұнай-газдыконденсатты деп атаймыз.

Ұңғымаларға келетін газ бен мұнай ағымдарын ағымды және ағымсыз тарамдалған сүзу теңдеулері бойынша анықтауға болады. Дегенмен, кен орындарын игеруді тұтастай жалпы фазалық қолдану қатынастары арқылы және көп компонентті материалды баланс теңдеулері арқылы қарастырамыз.

Алдымен кен орнының көмірсутекті құрамын үш топқа: көп бөлігін метан құрайтын газға; негізінен көмірсутектен C_3 - C_9 тұратын конденсатқа, C_{10} және одан да жоғары көмірсутектен тұратын мұнайға бөлеміз.

Газды компонент ретінде 1 индексімен белгілейміз, конденсатты 2 индексімен және сәйкесінше мұнайды 3 индексімен анықтаймыз. Бірінші және екінші компоненттер газ күйіндегі фазада және сұйық фазада да болады. Ал мұнайдың газдағы құрамын ескермейміз. Осыдан келе келесі қатынастарды шығарамыз:

$$N_1 = G_1 + L_1; \quad N_2 = G_2 + L_2; \quad N_3 = L_3; \quad (5.9)$$

Мұнда, N_1, N_2, N_3 – жалпы кен орнындағы компоненттердің ортақ массасы; G_1, G_2 , және L_1, L_2, L_3 – компоненттердің газ және сұйық фазалардағы сәйкес массалары.

Екінші компонент, яғни конденсат шексіз түрде үшіншіде, яғни мұнайда ериді, ал бірінші компонент – газ үшінші компонентте Генри заңы бойынша ериді деп есептейміз. Осылайша,

$$L_1 / L_3 = \alpha \bar{p}. \quad (5.10)$$

3-тараудағы сияқты сұйық фазадағы компоненттер көлемінің қосындысы үшін:

$$\frac{L_1}{\rho_{1K}} + \frac{L_2}{\rho_{2K}} + \frac{L_3}{\rho_3} = \bar{s}_ж V_{ОП}, \quad (5.11)$$

қатынасын аламыз.

Мұнда – сұйық көмірсутектер мен қыртыстың орташа қанықтырылуы; P_{1K}, P_{2K} – үшінші компонентте еріген бірінші және екінші компоненттердің көрінетін тығыздығы; p_3 – үшінші компоненттің тығыздығы; $V_{ОП}$ – игеру үрдісі жүріп жатқан қыртыстың көлемі.

Кен орнының өңдеу үрдісін изотермиялық деп есептейміз. Таза газ күйінің теңдеуі қарастырылып отырған кен орынына қатысты:

$$(1 - \bar{s}_ж) V_{ОП} = \frac{(G_1 + G_2) p_{АТ} \varphi_{CP}}{\rho_{ГАТ} p} \quad (5.12)$$

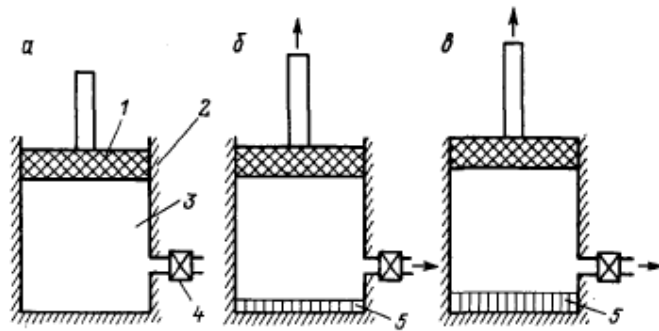
түріне ие болады.

Мұнда, p – қабаттың орташа қысымы.

(5.9)-(5.12) теңдеу жүйесі тұйық емес. Оның тұйықталуы үшін газды қалпақшадағы газдың жалпы құрамдық конденсатын анықтайтын қатынасты есепке алу қажет.

Өнімдік қыртыстағы көмірсутектердің фазалық күйін анықтау үшін Генри заңымен анықталатын және таза газдардың күйінің теңдеуі (5.12) түріндегі қатынастарынан гөрі одан да ортақ фазалық қатынастарды пайдаланған дұрыс. Мұндай теңдеулерге фазалық концентрация, газ күйінің теңдік және одан да жалпылама теңдеулерін жатқызады. Алайда, мұнай-газды конденсатты кен орындарының игерілуін жақын есептеулерін жүргізу үшін әлдеқайда қарапайым қатынастарды (5.10), (5.12) қолдануға болады.

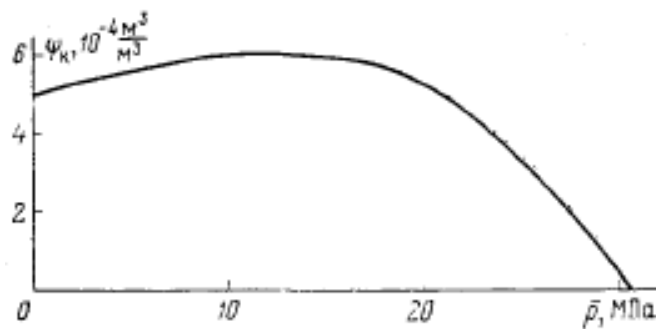
Мұнай-газ конденсатты кен орындарындағы төменгі қабат қысымы кезіндегі жүріп отырған үрдістің сипаттамасын түсіну үшін $\bar{p} = \bar{p}_0$ бастапқы қабат қысымы кезіндегі орнатылған конденсаты бар газ енгізілген pVT бомбасын қолданамыз (5.3 а-сурет).



5.3-сурет. pVT бомбасына конденсаттың түсу сызбасы.

1 – поршень, 2 – бомба корпусы, 3 – конденсатты құрамды газ, 4 – вентиль, 5 – сұйық конденсат

Еріген конденсаты бар газ бұл жағдайда бір фазадан құралады. Уақыт $t=0$ кезінде бомбадан газдың әлдебір көлемін конденсатпен бірге вентиль (4) арқылы шығарып алады. Одан басқа, поршень (1) де жоғары қарай жылжуы мүмкін. Газ бен конденсаттың шығаруы және поршеньнің бірнеше көртерілуінің нәтижесінде бомбадағы қысым бастапқымен салыстырғанда кемиді және оның төменгі бөлігінде конденсат қабаты пайда болады (5.3 а-сурет). Бұл қоспаны әрі қарай шығарғанда қысым одан әрі көп мөлшерде кеміп, бомбаның төменгі жағында шөгілген конденсат мөлшері арта түседі (5.3 б-сурет).



5.4-сурет. Конденсация изотермиясы

Конденсатты көмірсутектер массасының көмірсутекті газдың массасына қатынасы изотермиялық үрдістегі қысымға тәуелді болып табылады. Мұндай тәуелділік изотермді конденсация деп аталады. Ол 5.4-суретте көрсетілген түрге ие. Кейбір конденсатталған көмірсутектердің массасының газ массасына қатынасының кемуі конденсаттың кері (ретроградты) булануына байланысты.

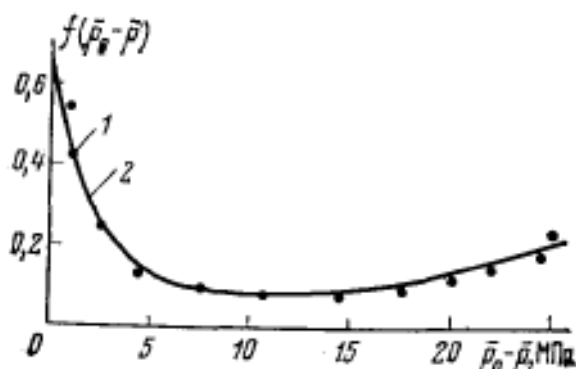
Мұнай-газды конденсатты кен орындарын игеру үрдісін есептеу үшін осы кен орнына тән конденсация изотермиясын білу маңызды, оны мұнай-газды конденсатты кен орындарының pVT немесе кеуекті орта құрылымдарындағы таусылу үрдісінің зертханалық үлгісін жасау нәтижесінде алады.

(5.9) - (5.12) қатынастарының жүйесінің тұйықталуы үшін:

$$G_2 / G_1 = f(\bar{p}_0 - \bar{p}), \quad (5.13)$$

тәуелділігін білу қажет.

Оны әрбір нақты кен орны үшін конденсация изотермияның есебімен құрастырады.



5.5-сурет. $f(\bar{p}_0 - \bar{p})$ -тың $(\bar{p}_0 - \bar{p})$ -ға тәуелділігі.

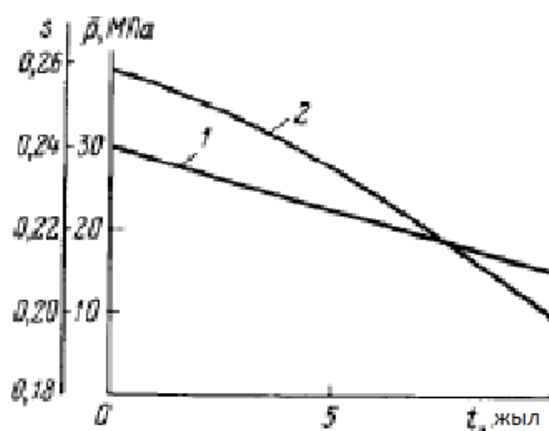
1 – эксперименттік нүкте, 2 – есептік нүкте

Егер тәуелділік (5.13) белгілі болса, онда мұнай-газды конденсатты кен орнын игеру қатынастарының жүйесі (5.9) - (5.12) тұйықталған. Бұл қатынастарда (теңдеу) – констант, яғни тұрақты. Егер N_1 , N_2 , N_3 және функциясы берілсе, онда жеті белгісіздерді табу үшін жеті теңдеу аламыз: $G_1, G_2, L_1, L_2, L_3, \bar{S}_{жс}, \bar{p}$. Функция түріне $f(\bar{p} - \bar{p}_0)$ байланысты бұл теңдеулер жүйесін ақырғы түрде немесе итерация пайдалану арқылы шешуге болады. N_1, N_2, N_3 әр сәттегі өлшемін білу міндетті. Олардың әрқайсысы өндірілген компонентті шегеріп, қыртыстың газ қаныққан бөлігінде түсуші конденсат мөлшерін қосқандағы оның бастапқы мәніне ие болады.

5.2 Қабатқа әсер ету арқылы кен орындарды пайдалану

Мұнай-газды және мұнай-газды конденсатты кен орындарды табиғи режимдерде игеру бірқатар қиындықтарға әкеп соқтырады, бұл қиыншылықтар негізінен ұңғыма торларының бірден тығыздалмағанның

арқасында қабаттан мұнайды алудың жоғары темпке жету мүмкін еместігіне, кейбір мұнай ұңғымаларындағы жоғары газ факторларының болуына, газ телпектерінен газды алуды шектеуіне байланысты болады, мұндай қиындықтардың шешімі ол қабатқа әсер ету болып табылады.



5.6-сурет. Уақытқа тәуелді қабат қысымымен қабатта конденсат түзілудің өзгеру графигі

Мұнай-газды және мұнай-газды конденсатты кен орындарының игерілуі кезінде қабатқа әсер ету арқылы келесі жүйелерді қолданады:

1. Игеру жүйесіндегі нұсқа сыртынан су айдаудың барьерлі су айдаумен қатар жүруі;
2. Игеру жүйесіндегі барьерлі су айдаумен нұсқа ішінен су айдауды, ал қажет болған кезде нұсқа сыртынан су айдауды да бірге қолдану.

Мұнай-газ конденсатты кен орындарын пайдалану үрдісінде негізінен барьерлі су айдау әдісімен қоса нұсқа ішінен су айдау әдісін үйлестіріп игеруге және оның газконденсатты бөлігіне газ айдауды қолдануға болады.

Алғашқы айтылған жүйелерді көлемі бойынша аз мұнайлы бөлігі бар мұнай-газды кен орындарын игеру кезінде қолданады, оны **мұнайлы жиек** деп атайды. Бұл жиекке оның кішігірім ені әсерінен тек бір-екі қатар ғана өндіруші ұңғымамен бұрғылауға болады.

Қабатқа әсер ету тәсілін қолданғанға қарағанда барьерлі су айдау тәсілін қолдану мұнай ұңғымаларының газ факторын 1,2-1,5 есе төмендетеді.

Жоғарыда айтылған жүйелердің екінші түрі, көлемі үлкен мұнай-газ кен орындарын игеруге арналған, олардың мұнайлы бөліктерінің еніне қарап, тек барьерлі су айдау тәсілін қолдану тиімсіз. Мұнай-газ кен орындарының игеру жүйесінің бірінші түріндегідей негізі барьерлі су айдау тәсілі кезінде кен орынның газға қаныққан бөлігі мұнайға қаныққан бөліктен жасанды түрде бөлінеді, оның өзі игеру кезінде мұнайдың газға қаныққан бөлікке ауысып кетпеуіне және сол бөлікте мұнайды жоғалтпауына әкеліп соғады.

Кейбір жағдайларда газды телпектен мұнай ұңғымаларына газдың ағып кетуін төмендету мақсатында, кен орнының газға қаныққан бөлікті, мұнаймен қаныққан бөліктен бөліп тұрған, бір емес, екі барьерлі қатар су айдау ұңғымаларымен бұрғылайды.

Бұл дегеніміз барьерлі су айдаудың бір қатарлы тәсілімен салыстырғанда газ факторының анағұрлым төмендегенін көрсетеді.

Кен орнының газға қаныққан бөліктерінде, газды бірқалыпты игеру кезінде, барьерлі су айдау қабат қысымының төмендеуіне әкеліп соғады. Егер де игеріліп отырған кен орнының қабат көмірсутектерінің қатынасы газды немесе мұнай жиіктерімен газконденсатты болатын болса, онда мұндай кен орынның ең басты өнімі бұл газ немесе газ және конденсат болады.

Барьерлі су айдау, кен орнының газды немесе газконденсатты бөлігі жалпылама болса, онда жер қойнауынан көмірсутектердің шығуын қамтамасыз ете алмайды. Қабат қысымы газды немесе газконденсатты бөліктерде төмендей бастайды, бірақ таусылу режиміне қарағанда жайымен төмендеуі мүмкін, ал конденсат кеуекті ортада жинала бастайды.

Бұл жерде газконденсатты кен орнының қабат қысымын толығымен ұстау үшін су, газ немесе газдысулы қоспаны айдау қажет. Мұнай-газ-конденсатты кен орнының газконденсатты бөлігінің сулануын ұңғымалардың қатарлы орналасуы кестесімен жүзеге асыруға болады.

Зертханалық тәжірибелерде көрсеткендей, газконденсатты қоспаны сумен ығыстыру поршеньді түрде іске асады, сол себептен де қабаттың суланған аумақтарында суланудан кейін шығару өте қиынға соғатын конденсатпен бірге газ қозғалмаған түрде болады.

Қабатқа айдалатын суларының техника-технологиясы сумен қамтамасыздандыру көзі су сапасына байланысты анықталады.

Мұнай қабаттарында айдаудың негізгі агенті болып су алынады. Олар жер үсті сулары болуы мүмкін, тереңдегі сулы горизонттан алынған немесе жер қабатына мұнай мен бірге шыққан суда қолданылуы мүмкін.

Айдалатын суға қойылатын талаптардың негізгілеріне:

1. Құрамында механикалық қоспалар және темір қосылыстарының минималды болуы;

2. Көмірсутек және көмірқышқылдың болмауы (ол жабдықты тез тотықтандырады);

3. Айдалып жатқан су және қабат суының біртекті болып кетпеуін қадағалау (олар қабат жыныстарының түсіп кетіп, айдау сумен араласып кету салдарынан болады);

4. Органикалық қоспалардан болмауы (бактерия, т.с.с.) жатады.

Көрсетілген талаптар кей кездерде өзен суларында, артизианды ұңғыларда және терең горизонт суларында байқалады, оларды қабатқа ешқандай өңдеусіз айдауға болады.

Белгілі болғандай газ кен орындарын игерудің соңғы кезеңдерінде, яғни таусылу режиміндегі газдың алынуы 0,92-0,95-ке жетеді. Газконденсатты кен орындарын игеру кезінде, газды алу жоғарыда көрсетілген сандардан кішкене жоғары келеді.

Бірақ осы кезде қабаттан газбен бірге газ құрамынан тек 45-50 %-ға дейін конденсат шығарылады. Қалған конденсат кеуекті ортада түзіледі және қозғалмаған түрде қалады. Егер конденсатты бөліктен көмірсутектердің қосылған шығарылуымен қарастырғанда өндіруі басталмай тұрып қабаттың құрамындағы 1 м^3 газбен конденсаттың келесідей көмірсутектердің мөлшері алынады: газ $Q_{г} = \eta_{к1} \rho_{01}$, конденсат $Q_{с} = \eta_{к2} f_{02} \rho_2$.

Мұндағы, $\eta_{к1}$ – соңғы газбергіштік; ρ_{01} – стандартты жағдайдағы газ тығыздығы; $\eta_{к2}$ – соңғы конденсат бергіштік; f_{02} – газдағы конденсаттың бастапқы құрамы; ρ_2 – конденсат тығыздығы.

Газ бен конденсаттың шығару мөлшерін бағалау үшін келесілерді қабылдаймыз:

$$\eta_{к1} = 0,9; \rho_{01} = 0,85 \text{ кг/м}^3; \eta_{к2} = 0,5;$$

$$f_{02} = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{м}^3; \rho_2 = 0,6 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3.$$

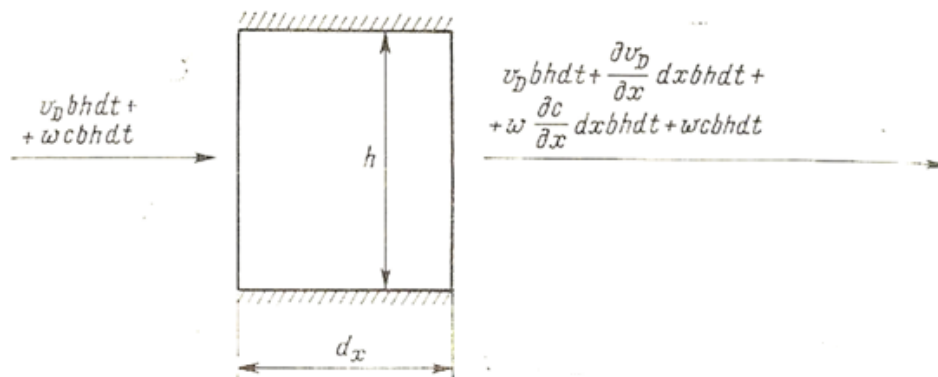
Онда қабаттың құрамындағы 1 м^3 газға келетін көмірсутектер мөлшері келесідей болады:

$$Q_{y1} = Q_{г1} + Q_{с1} = 0,9 \cdot 0,85 + 0,5 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3} \cdot 0,6 \cdot 10^3 = 0,915 \text{ кг}.$$

Кен орнының газконденсатты бөлігіне газ айдағанда, бастапқыда қабатта болатын стандартты жағдайдағы 1 м^3 газға келетін көмірсутек мөлшерін бағалайық. Суландыру кезіндегі көмірсутектердің соңғы коэффициенті: $\eta_{к1} = \eta_{к2} = \eta_{к} = 0,8$. Таусылу режимі кезіндегі газконденсатты бөлігін өндіргендей бастапқы көрсеткіштерді аламыз:

$$Q_{y2} = \eta_{к} \rho_{01} + \eta_{к} f_{02} \rho_2 = 0,8 \cdot 0,85 + 0,8 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3} \cdot 0,6 \cdot 10^3 = 0,920 \text{ кг}.$$

Осылай, кен орнының газконденсат бөлігін сулағанда, қабаттың бастапқы құрамындағы 1 м^3 газдан алынатын көмірсутекке қосымша 0,005 кг артық көмірсутек алынады. Осылайша, газконденсат кен орындарының немесе мұнай-газ кен орындарының газды бөлігінің сулануы көмірсутектердің қосалқы шығарылуын әр уақытта үлкейтпейді, газконденсат бергіштігі көбеюі мүмкін, бірақ газ бергіштік азаяды.



5.7-сурет. Турасызықты қабат элементінің сұлбасы

Кен орнының газконденсатты бөлігін игеру кезінде қабат қысымын ұстау оған құрғақ көмірсутегін айдау арқылы жүзеге асырылады. Осындай элементте конденсатқа ие майлы газ айдау ұңғымасына айдалатын құрғақ газбен ығыстырылады. Газ ығыстыру үрдісі турасызықты деп жуықтап есептейік, өйткені газдардың контакті кезінде молекулалық және конвективті диффузия жүреді.

Молекулалық диффузия араласатын газдағы молекулалардың хаосты қозғалысымен, ал конвективті қабат кеуектеріндегі газ бөлшектерінің нақты жылдамдықтарының айырмашылығымен сипатталады. Конвективті диффузиясы араласатын газдардың контакті кезіндегі қозғалыстың орташа жылдамдығына тәуелді болады.

Молекулалық және конвективті диффузияларының теңдеуін кеуекті ортадағы, қабаттың негізгі көлеміне және одан диффундаланатын және газ ағынымен тасымалданатын зат пен заттың балансын ескеретін теңдеу тәріздес салмақ тасымалдау теңдеуінен алынады. Бұл теңдеуді турасызықты қабатта шығару үшін қарапайым $bhdx$ көлемін қарастырамыз. Қарапайым көлемнің сол жақ шегінен $c(x,t)$ концентрациялы зат кіреді, ал оң жақ шегінен ол шығады. dt уақыт ішінде диффузия нәтижесінде $v_D b h dt$ -ға тең зат мөлшері келеді (v_D – зат тасымалының диффузиялық жылдамдығы), ал фильтрацияланатын ағын арқасында $\omega c b h dt$ келеді. Оң жақ шегі арқылы диффузия нәтижесінде фильтрацияланған ағынмен келесі мөлшерде зат шығады:

$$v_D b h dt + \frac{\partial v_D}{\partial x} dx b h dt + \omega \frac{\partial c}{\partial x} dx b h dt + \omega c b h dt$$

Қабаттың қарапайым көлемінде dt уақыт ішінде келесі мөлшерде зат жиналып қалады:

$$\frac{\partial c}{\partial t} b h d x d t.$$

Қабаттың қарапайым көлемінде концентрациясы $c(x,t)$ заттың қосылуын қарастыра отырып, дифференциалды теңдеуді аламыз:

$$\frac{\partial c}{\partial t} = -\frac{\partial \vartheta_D}{\partial x} - \omega \frac{\partial c}{\partial x}. \quad (5.14)$$

Егер молекулалық диффузия коэффициентінің D_0 орнына молекулалық және конвективті диффузияларын бірдей ескере отыратын, эффективті қосылған диффузия коэффициентін D_E пайдалансақ, кеуекті ортадағы заттың диффузиясын табуға болады. Алатымыз:

$$D_E = D_0 + D_k, \quad (5.15)$$

мұндағы, D_k – конвективті диффузия коэффициенті.

Онда диффузия заңы:

$$\vartheta_D = -D_E \frac{\partial c}{\partial x}. \quad (5.16)$$

түрінде болады.

(5.16) теңдеуін (5.14) теңдеуіне қойып турасыздықты қабаттың кеуекті ортадағы зат диффузиясының теңдеуін аламыз:

$$\frac{\partial c}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D_E \frac{\partial c}{\partial x} \right) - \omega \frac{\partial c}{\partial x}. \quad (5.17)$$

Келесі айнымалылармен табылатын қозғалмалы координат жүйесін енгізейік:

$$\xi = x - \omega t; \quad \tau = t. \quad (5.18)$$

(5.18) негізінде келесіні аламыз:

$$\frac{\partial c}{\partial x} = \frac{\partial c}{\partial \xi}; \quad (5.19)$$

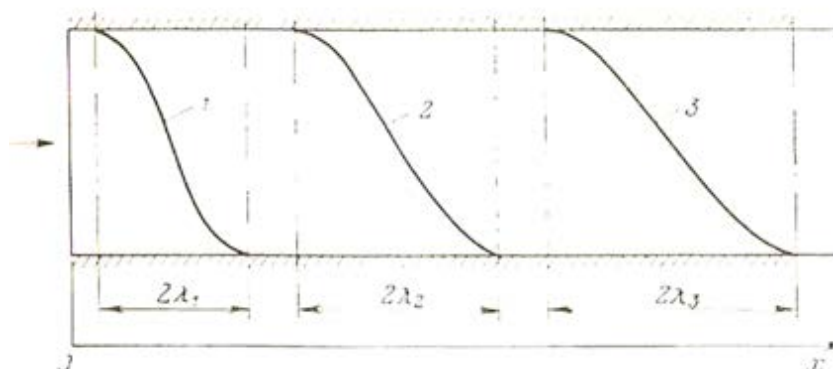
$$\frac{\partial c}{\partial t} = -\omega \frac{\partial c}{\partial \xi} + \frac{\partial c}{\partial \tau}.$$

(5.19)-ды (5.17)-ге қойып қозғалмалы координат жүйесіндегі турасыздықты қабаттағы диффузия теңдеуін аламыз:

$$\frac{\partial c}{\partial \tau} = \frac{\partial}{\partial \xi} D_E \frac{\partial c}{\partial \xi} . \quad (5.20)$$

Қабаттың кеуекті ортадағы газдың газбен ығыстырылуы былай болады: диффузия нәтижесінде алғашқы контакт газ болғандықтан, газ бұл жерде тез ыдырап кетеді (5.8-сурет).

t_1 уақыт ішінде қабаттан майлы газдың құрғақ газбен ығыстырылуы кезінде қоспасындағы майлы газбен бірге құрғақ газының концентрациясы 5.8-суретте көрсетілгендей өзгереді (1-қисықты қараңдар). Осы уақыт кезінде араласу аймағының ұзындығы мынаған тең: $2\lambda_1$. $t=t_2$ кезінде құрғақ газдың оның қоспасындағы майлы газбен араласу концентрациясындағы араласу аймағының ұзындығы $2\lambda_1$ құрайды және т.с.с.



5.8-сурет. Құрғақ газының оның қоспасындағы майлы газбен таралу концентрациясының $c(x,t)$ қисықтары:
1- $c(x,t_1)$, 2- $c(x,t_2)$, 3- $c(x,t_3)$

Сондықтан пайдалану ұңғымаларының сызығына келген кезде араласу аймағы өте үлкен болуы мүмкін және қабаттың ішіндегі майлы газдың құрғақ газбен толық ауысуына кеуекті кеңістіктен қабат бойымен айтарлықтай үлкен көлемде құрғақ газды айдау керек болады. Қабаттан майлы газдың құрғақ газбен ығыстырылудың технологиялық үрдісі келесідей болады. Жер бетінде газдан конденсатты бөліп шығарады, яғни газконденсатты кен орнының қабат газын құрғақ қылады, оны компрессорларға береді, керекті қысымға дейін сығады және қабатқа айдайды. Сондықтан газконденсатты кен орындарын игерудің бұл технологиясы циклдік үрдістің (сайклинг-үрдісі) атына ие болды.

5.2-мысал. Мұнай-газ конденсат кен орынның газконденсат бөлігін ұңғылардың бір қатарлы ұңғылар сұлба бойынша циклдік процесті пайдаланумен игереді. Ұңғылар қатарларының арақашықтығы $l=800$ м, газдың газбен ығыстырылу үрдісімен қамтылған қабат қаландығы $h = 10$ м,

қабат ені $b=800$ м, кеуектілік $m=0,2$. Бір қатарлы элементтің ұңғысына айдалатын құрғақ газдың шығымы қалыпты жағдайда ($p_{ат}=0,1$ Мпа) газ $q=100 \cdot 10^3$ м³/тәу. Орташа қабат қысымы $P=10$ МПа.

$t=t$ уақыт кезіндегі шартты газ газ контакті (газ концентрациясы $c=0,5$ болатын қима) пайдалану ұңғымаларының сызығына келгендегі $2\lambda^*$ ұңғысу аймағының өлшемін табамыз. Қабат өте біртекті, сондықтан диффузияның пайдалы коэффициенті $D_E=10^{-5}$ м²/с. Газға газ диффузияларының есептерін Г.И. Баренблаттың интегралды қатынасы әдісімен шешуге болады.

Құрғақ газ бен майлы газдың таралу концентрациясын:

$$c(\xi, t) = A + B \frac{\xi}{\lambda(t)} + C \frac{\xi^3}{\lambda^3(t)}.$$

түрінде жазамыз.

Келесі шектік шарттарды орындаймыз:

$$c(0, t) = 0,5; \quad c(\lambda, t) = 1; \quad c(-\lambda, t) = 0;$$

$$\frac{\partial c(\pm\lambda, t)}{\partial \xi} = 0.$$

Осы шарттарды орындай отырып, мына теңдеулер жүйесін аламыз:

$$A+B+C=1; \quad A-B-C=0; \quad B+3C=0.$$

$$\text{Осыдан: } A=0,5; \quad B=0,75; \quad C= - 0,25.$$

Осылайша,

$$c(\xi, t) = 0,5 + 0,75 \frac{\xi}{\lambda(t)} - 0,25 \frac{\xi^3}{\lambda^3(t)}.$$

$c(\xi, t)$ концентрациясы үшін бұны (5.20) теңдеуіне қоямыз және оны интегралды қатынас әдісімен шеше отырып, мынаны аламыз:

$$\lambda d\lambda = 4D_E dt.$$

Осыдан:

$$2\lambda = (32D_E t)^{1/2}.$$

$$q_n \approx \frac{q_{\text{ар}}}{\bar{p}} = \frac{100 \cdot 10^3 \cdot 0,1}{10} = 10^3 \frac{\text{м}^3}{\text{таул}};$$

$$\omega = \frac{q}{bhm} = \frac{10^3}{800 \cdot 10 \cdot 0,2 \cdot 0,864 \cdot 10^5} = 0,723 \cdot 10^{-5} \frac{\text{м}}{\text{с}};$$

$$t_0 = \frac{t}{\omega} = \frac{800}{0,7234 \cdot 10^{-5} \cdot 0,864 \cdot 10^5} = 1280 \text{ таул} = 3,5 \text{ жыл.}$$

Осыдан:

$$\lambda(t_0) = (32 \cdot 10^{-5} \cdot 1280 \cdot 0,864 \cdot 10^5)^{1/2} = 188,1 \text{ м.}$$

Осылайша, ығыстырылатын және ығыстыратын газдардың араласу аймағы қабатта айтарлықтай үлкен орынды алады. Қабаттағы майлы газдың сұйық газбен толық алмасуына қабат жағдайларына келтірілген 1,5-ға жуық газдың кеукті бөлігін айдау керек болады.

5.3 Аномальды үлкен қабат қысымдағы терең жатқан қабаттар мен ньютондық емес мұнай кен орындарын игеру

Бастапқы қабат қысымы гидростатикалық қысым мәніне тең. Егер бастапқы қабат қысымы тік тау кен қысымына жақын болса, яғни геостатикалыққа, онда бұндай қысымды **аномальды жоғары** немесе **аномальды** деп атайды. Көп жағдайда бұл қысым 3,5-4 км көп тереңдікте шоғырланатын тұйық қабаттарда пайда болады. (II.64) қатынасына сәйкес орташа өлшенген жоғары қабат қысымы Р кезінде орташа қалыпты кернеу σ айтарлықтай төмен, яғни қабат жыныстары ұзақ геологиялық уақыт ішінде аз көмілген болып қала берген және сол себептен олар аз тығыздалған. Аномальды жоғары қысымды мұнай кен орындарды игерген кезде қабатқа әсер етуінсіз қабат қысымы тез азаяды. Игеруде жалпы уақыт бойынша орташа өлшенген қабат қысымының өзгеруінің мәні Δp қабаттың бастапқы қысымдағы мәніне жуық болуы мүмкін. Осы кезде орташа қалыпты кернеу, қабат жыныстарының кеуктілігі мен өткізгіштігі олардың алғашқы аз тығыздалуын ескере отырып, сызықты емес түрде өзгереді.

Сызықты емес серпімді және пластикалық деформациялары кезінде қабат қысымы азайса, кеуктіліктің m орташа қалыпты кернеуге тәуелділігін:

$$m = m_0 e^{-\beta_c (\sigma - \sigma_0)}, \quad (5.21)$$

деп көрсетуге болады.

Деформацияланатын қабатты толтыратын мұнай салмағы M_n келесідей болады:

$$M_H = \rho_H V_{II} (1 - s_{CB}), \quad (5.22)$$

Мұндағы, ρ_H – мұнай тығыздығы; V_{II} – қабыттың кеуекті көлемі; s_{CB} – байланысқан сумен қабаттың қанығуы. Кен орыннан алынатын мұнай өнімі үшін жалпы $q_H(t)$ келесідей:

$$q_H(t) = -\frac{dM_H}{dt} = -\left(\frac{d\rho_H}{dt} V_{II} + \rho_H \frac{dV_{II}}{dt}\right) (1 - s_{CB}). \quad (5.23)$$

Мұнай тығыздығының қысымға тәуелділігі мына түрде болады:

$$\rho_H = \rho_{H0} [1 + \beta_H (p - p_0)]. \quad (5.24)$$

$p_r = \sigma + p$ қатынастарды ескере отырып, ρ мен σ арасында (5.21)-ден келесіні аламыз:

$$m = m_0 e^{\beta_c (p - p_0)}. \quad (5.25)$$

$V_{II} = m V_{каб}$ болғандықтан ($V_{каб}$ – қабаттың жалпы көлемі) (5.22) - (5.25) негізінде $P = \bar{P}$ болғанда келесіні аламыз:

$$q_H(t) = -\left(\frac{d\rho_H}{dt} V_{II} + \rho_H \frac{dV_{II}}{dt}\right) (1 - s_{CB}) = -\rho_{H0} m_0 V_{пл} \left\{ \beta_H e^{\beta_c (\bar{P} - \bar{P}_0)} + [1 + \beta_H (\bar{P} - \bar{P}_0)] \beta_c e^{\beta_c (\bar{P} - \bar{P}_0)} \right\} \frac{d\bar{P}}{dt} \times (1 - s_{CB}). \quad (5.26)$$

Интегралдап (5.26), келесіні аламыз:

$$Q_H(t) = \int_0^t q_H(t) dt = \rho_{H0} m_0 V_{пл} (1 - s_{CB}) \left[1 - e^{-\beta_c (\bar{P}_0 - \bar{P})} + \beta_H (\bar{P}_0 - \bar{P}) e^{-\beta_c (\bar{P}_0 - \bar{P})} \right]. \quad (5.27)$$

Осылайша, (5.27) теңдеуі бойынша $Q_H(t)$ -ні және бастапқы көрсеткіштерді біле отырып, уақытта өзгерген орташа өлшенген қабат қысымын P есептеуге болады.

Қатты диформацияланатын тау жыныстарынан құралған – мұнай коллекторларымен берілген шарттар үшін Дюпюи теңдеуінің аналогын алып, қабатты игерген кезде ұңғылар шығымының өзгеруін қарастырамыз. Осы жағдайда жыныс – коллекторлар өткізгіштің орташа қалыпты кернеуге тәуелділігін ескеру керек. Терригенді жыныстар үшін бұл тәуелділікті келесідей алады:

$$k = k_0 e^{-\beta k (\sigma - \sigma_0)}, \quad (5.28)$$

Мұндағы, β_k – сығылудың нәтижесінде тау жыныстарының өткізгіштік коэффициентінің өзгеруі; $\sigma = \sigma_0$ кезінде $k = k_0$ болады.

Жалпы айтқанда, β_k β_c -дан өзгеше және $\beta_k > \beta_c$. Өткізгіштің өзгеруі кезінде заң бойынша пайдалану ұңғымасына мұнайдың радиалды ағымы үшін келесі теңдеу қолданылады:

$$q_{nc} = \frac{2\pi kh}{\mu_n} e^{-\beta_k(p-p_0)} r \frac{dp}{dr}. \quad (5.29)$$

(5.29)-ні интегралдап, қабатты қатты деформирлейтін ұңғының шығыны үшін келесі формуланы шығарамыз:

$$q_{nc} = \frac{2\pi k_0 h [e^{-\beta_k(\bar{p}_0 - \bar{p}_k)} - e^{-\beta_k(\bar{p}_0 - \bar{p}_c)}]}{\mu_m \beta_k \text{Ln} \frac{r_k}{r_c}} \quad (5.30)$$

Егер кен орнынан жалпы $q_n = q_n(t)$ берілген мұнай өнімінің өзгеруі берілсе, онда жиналған мұнай өнімі $Q_n(t)$ белгілі болғаннан кейін (5.27) теңдеуі бойынша уақыт ішінде орташа өлшенген қабат қысымын P , ал одан кейін (5.30) теңдеуі бойынша ұңғымалар шығымын есептеуге болады.

Жарықшақты кеуекті қабаттардағы тұйық қабаттарды игерген кезде қабат қысымының күрт өзгеруінің нәтижесінде болатын жыныстардың қатты деформациясы болады. Соның салдарынан, терригенді жыныстармен құрылған қатты деформирленген қабаттарды игергеніне қарағанда, жарықшақтардың қосылуы нәтижесінде ұңғылар өнімділігі айтарлықтай өзгереді.

Орташа өлшенген қабат қысымының \bar{p} өзгерісімен жыныстардың жарықшақты кеуектілігі мынаны құрайды:

$$m_m = m_{ot} [1 - \beta_m (\bar{p}_0 - \bar{p})]. \quad (5.31)$$

Өткізгіштік k_r

$$k_m = k_{om} [1 - \beta_m (\bar{p}_0 - p)]^3. \quad (5.32)$$

Келтірілген теңдеулерде β_m – кеуек ішкі қысымның p өзгеруінен жарықшақты кеңістіктің өзгеру коэффициенті; m_{ot} , k_{ot} – сәйкесінше жарықшақты кеуектің және өткізгіштіктің бастапқы мәні.

Жарықшақты кеуекті қабатты игеруі үшін (5.26) формуласындай мынаны жазуға болады:

$$q_n(t) = -\rho_{n0} m_{om} V_{nl} \{ \beta_n [1 - \beta_m (\bar{p}_0 - \bar{p})] + [1 - \beta_H (\bar{p}_0 - \bar{p})] \beta_T \} \frac{dp}{dt} \quad (5.33)$$

(5.33) интегралдау нәтижесінде мынаны аламыз:

$$Q_n(t) = \int_0^t q_n(t) dt = \rho_{n0} m_{om} V_{nl} \left[(\beta_m + \beta_n) (\bar{p}_0 - \bar{p}) + \beta_n \beta_m (\bar{p}_0 - \bar{p})^2 \right]. \quad (5.34)$$

Сәйкесінше, пайдаланатын жарықшақты кеуекті қабатты қатты деформирлейтін ұңғыдағы мұнайдың радиалды ағыны үшін мына теңдеулер пайдаланылады:

$$q_{nc} = \frac{2\pi k_{от} h}{\mu_n} \left[1 + \beta_m (p - \bar{p}_0)^3 \right] r \frac{dp}{dr}. \quad (5.35)$$

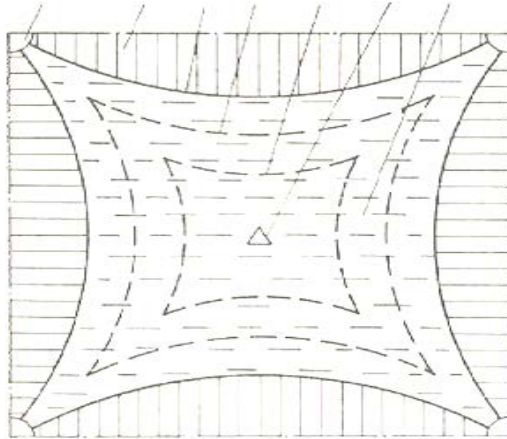
(5.35) интегралдау нәтижесінде:

$$q_{nc} = \frac{\pi k_{om} h \left\{ \left[1 + \beta_m (\bar{p}_c - \bar{p}_0)^4 \right] - \left[1 + \beta_m (\bar{p}_c - \bar{p}_0) \right]^4 \right\}}{2\beta_m \mu_n \ln \frac{r_c}{r}}. \quad (5.36)$$

Ньютондық емес мұнайға ие аномалды қасиеттері бар қабаттарды игерудің басқа жағдайын қысқаша қарастырамыз. Көп жағдайда бұл мұнайлар қатарына бастапқы градиент ығысуы бар мұнайлар жатады. Олардың фильтрациясы А.Х. Мирзаджанзаде ұсынған заңмен жүреді. Бастапқы градиент ығысуына ие мұнай кеуекті ортада фильтрациялану үшін, бұл ортаға Дарси заңындағы мәнінен үлкен қысым градиентін беру керек. Қысым градиенті аз болатын қабат аймақтарында мұнай жылжымайды және мұнда жиналымы аймақтары пайда болады. Осындай аймақтар біртекті қабаттарда, өткізгіштігі төмен аймақтарда, сонымен қатар фильтрация жылдамдығы баяу болатын біртекті қабаттарда бола алады. Мұнай жиналым аймақтарының пайда болуы қабаттардың соңғы мұнай бергіштіктің азаюына әкеледі.

5.9-суретте бастапқы ығысу градиентке ие мұнай қабатын игерудің бес нүктелі элементінің сұлбасы көрсетілген. Осындай мұнайдың сумен ығысу кезінде су мұнай жапсары оның жылжуы барысында кезектеп 1, 2, 3, 4 деңгейін алады. Көріп отырғанымыздай, су мұнай жапсары қатты диформирленеді және пайдалану ұңғымаларына сулану тілшелері тартылады.

Олар мұнай целиктерін туғызады. Мұнай ньютондық сұйықтық болған жағдайда және жалпыланған Дарси заңы дұрыс болса, мұнай және су фильтрация үшін бұл мұнай целиктері соңында қабаттың шексіз жуылуы деп аталатын, яғни қабаттың кеуектілік кеңістік көлемі бірнеше есе көп қабатқа көп мөлшерде судың айдалуы қабаттан шайылады.



5.9-сурет. Бес нүктелі игеру жүйесі элементінің сұлбасы:

1 – пайдалану ұңғымалары; 2 – мұнай целиктері; 3 – t_3 уақыт кездегі су мұнай жапсарының орналасуы; 4 – $t_2 < t_3$ уақыт кездегі су мұнай жапсарының орналасуы; 5 – $t_1 < t_2$ уақыт кездегі су мұнай жапсарының орналасуы; 6 – айдау ұңғымасы; 7 – қабаттың суланған бөлігі

Егер мұнай бастапқы ығысу градиентіне ие болса, онда қысым градиенті бастапқы ығысу градиентінен кем кездегі аймақтарда пайда болған мұнай бөліктері қабатта алынбай қала береді.

Кейбір кен орындардың мұнайы игеруге дейін қабатта болатын табиғи геолого-физикалық жағдайларда да, бастапқы ығысу градиентіне ие бола алады. Басқа жағдайларда мұнайлар, әсіресе, парафині көп мұнайлар қабаттардағы көмірсутектер фазаларының өзгеруінің нәтижесінде, мысалы, газдың мұнайдан шығуы және мұнайда еріген парафин кристаллизация температурасынан төмен қабатқа суды айдаған кезде температураның өзгеруі ньютондық емес сұйықтық қасиетіне ие болады.

Егер жоғары парафинге ие кен орынды тек суландыру әдісімен игеруге болжамдаса, онда қабатқа айдалатын судың температурасы парафиннің кристаллизация температурасынан төмен болмауы керек. Осы жағдайда айдалатын суды парафиннің кристаллизация температурасынан жоғары температураға дейін қыздыру керек.

5.3-мысал. Аномалды бастапқы қабат қысымы $P_0=50$ МПа болатын, 2200 м тереңдікте шоғырланған бір қабатты кен орны игерілуге беріледі. Игерілуге берілетін қабат көлемі $V=100 \cdot 10^6$ м³. Байланысқан судың мөлшері өте аз, сондықтан $s_{св} \approx 0$ болады деп есептейміз. Қабат бастапқы тығыздығы $\rho = 0,85$ т/м³ мұнаймен қаныққан. Мұнайдың сығымдылығы $\beta_n = 10^{-4}$ 1/МПа. Қабат кеуектілігі (V.28) тәуелдігіне сәйкес қабат қысымының өзгеруімен өзгереді, мұнда, $m_0=0,33$, $\beta_c = 10^{-2}$ 1/МПа. игерілумен қамтылған қабат қалыңдығы $h=20$ м, $r_k=800$ м, $r_c=0,08$ м. Егер орташа өлшенген қабат қысымы $P= 50$ -ден 10 МПа-ға дейін төмендесе, қабаттан қанша мұнай алынатынын және бастапқы қысыммен салыстырып, бір ұңғыманың дебиті қандай болатынын анықтайық. Қысым өзгерісі $\Delta p_c = p_k - p_c$ тұрақты болып қалады, 5 МПа.

(5.27) формуланы пайдаланып келесіні аламыз:

$$Q_H = 0,85 \cdot 0,33 \cdot 10^8 (1 - e^{-10-2 \cdot 40} + 10^{-4} \cdot 40 e^{-10-2 \cdot 40}) = \\ = 0,2805 \cdot 10^8 (1 - 0,6703 - 0,00268) = 9,323 \cdot 10^6 \text{ т.}$$

Қабаттағы мұнайдың бастапқы мөлшері:

$$\eta = \frac{9,323 \cdot 10^6}{28,05 \cdot 10^6} = 0,332.$$

Бір ұңғыманың дебитін (V.30) формула арқылы табамыз. Игерудің бастапқы кезінде $\bar{p}=p_0$.

$$q_{нсo} = \frac{6,28 \cdot 10^{-13} \cdot 20 (1 - e^{-2 \cdot 10^{-2} \cdot 5})}{2 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^{-3} \cdot 9,2} = 281 \text{ м}^3 / \text{тәу}$$

Орташа есептелген қысым $p=10$ МПа дейін төмендегенде ұңғыма дебиті:

$$q_{нс} = \frac{6,28 \cdot 10^{-13} \cdot 20 (e^{-2 \cdot 10^{-2} \cdot 40} - e^{-2 \cdot 10^{-2} \cdot 45})}{2 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^{-3} \cdot 9,2} = 126 \text{ м}^3 / \text{тәу}.$$

Берілген мысалдан көріп отырғанымыздай, орташа өлшенген қабат қысымы $P=50$ -ден 10 МПа-ға дейін төмендегенде қабаттың жыныс коллекторларының сығылу нәтижесінде ғана қабаттан $9,323 \cdot 10^6$ т мұнай «сығылады» және мұнайбергiштiк $0,332$ құрайды. Осы жағдайда пайдалану ұңғыларының шығымы 2 еседен көп азаяды.

5.4-мысал. Тек жарықшақты кеуекті қабат бар дейiк. Ол қабат 5.3-мысалдағы көрсеткіштерге ие, терригенді қабаттармен құралған. $\beta_m = \beta_c$ деп есептейміз. Орташа өлшенген қабат қысымы 50 -ден 10 МПа-ға дейін төмендегенде қабаттан (5.34) теңдеуінен шығарылатын мұнай мөлшері табылады:

$$Q_H = 0,85 \cdot 0,3 \cdot 10^8 [(10^{-8} + 10^{-10}) \cdot 40 \cdot 10^6 + 10^{-8} (40 \cdot 10^6)^2] = 11,38 \text{ т.}$$

Осы кездегі мұнай бергiштiк:

$$\eta = \frac{Q_H}{G_{но}} = \frac{11,38 \cdot 10^6}{28,05 \cdot 10^6} = 0,406.$$

Жарықшақты кеуекті пайдалану қабатындағы пайдалану ұңғымасының дебитін (V.36) формуласымен табамыз.

$$q_{нсо} = \frac{3,14 \cdot 10^{-13} \cdot 20 [1 - (1 - 10^{-2} \cdot 5)^4]}{2 \cdot 10^{-8} \cdot 2 \cdot 10^{-3} \cdot 9,2} = 273,5 \text{ м}^3 / \text{тәу} .$$

Орташа өлшенген қабат қысымы 10 МПа-ға дейін төмендеген кезде:

$$q_{нсо} = \frac{3,14 \cdot 10^{-13} \cdot 20 [(1 - 10^{-2} \cdot 40)^4 - (1 - 10^{-2} \cdot 45)^4]}{2 \cdot 10^{-8} \cdot 2 \cdot 10^{-3} \cdot 9,2} = 56,17 \text{ м}^3 / \text{тәу}$$

теңдеуін аламыз.

Келтірілген нәтижелер бойынша жарықшақты кеуекті қабаттан алынатын мұнай мөлшері терригенді жыныстарға қарағанда сәйкесінше қабат қысымының түсуімен жоғарырақ болады. Ал қатты жарықшақтардың деформациясы нәтижесінде ұңғыма дебиті жарықшақты кеуекті қабатта, терригенді коллекторға қарағанда, тезірек азаяды.

5.4 Аномалды қасиеттерге ие қабаттар мен мұнай-газды кен орындарды игерудегі негізгі мәселелер және нәтижелер

ТМД-да мұнай-газ кен орындарын табиғи режимде және қабатқа суландыру тәсілімен әсер етумен игерудегі үлкен тәжірибе жиналған.

Мысалы, Краснодар жақтағы Анастасиевско Тройцкий кен орнын игеру ең басынан қабатқа әсер етусіз жүргізілді. Осындай игеру, шынымен де теориядағыдай, пайдалану ұңғыларында шығымын шектелуін және сол себепті ұңғылар торының тығыз болуымен s , $2-4 \cdot 10^4$ м²/с-ке тең бұрғылануды және кен орнындағы газ мұнай жапсарын газға қаныққан бөліміне енуіне қарсы шараларды қолдануды талап етті.

ТМД-дағы мұнай-газ кен орындардың игерілудің көбі барьерлі суландырумен жүргізіледі. Тәжірибе көрсеткендей, бұл суландыру кезінде игерудің табиғи режиміне қарағанда мұнай ұңғыларының газ факторы екі есе азаяды.

Бірақ мұнай-газ және мұнай-газконденсат кен орындарын игеруден алынған тәжірибеден мұнайшылар алдында бұл кен орындар үшін екі негізгі арнайы мәселе туындады.

Олардың біріншісі кен орнының мұнай бөлігінің аймағы кішкентай болған кезде болады. Бұл жиек бір қатардан көп пайдалану ұңғымаларын орналастыру тиімсіз. Нұсқадан тыс белсенді су кезінде мұнай жиегін құрайтын пайдалану ұңғымалары тез суланады. Егер нұсқадан тыс су белсенді емес болса, онда барьерлі сулану болмаған кезде пайдалану ұңғыларының газ факторы күрт өседі. Айтылған жиегі кішкентай мұнай-газ кен орындарының игеру режимдерінің барлығында мұнайбергіштік төмен болып табылады. Ол мұнайдың тұтқырлығы аз болған жағдайдың өзінде 15-20%-ды құрайды. Жоғары тұтқырлықты мұнаймен мұнай жиектерін пайдалы игеру одан да күрделірек түседі.

Екінші мәселе, жоғарыда айтылғандай, мұнай-газконденсатты кен орындарынан конденсатты шығарып алу болып табылады. Кен орындарды суландыру конденсат бергіштігі мен мұнай бергіштікті арттыруға көмектеседі, бірақ барлық жағдайда жалпы көмірсутекбергіштікті арттырмайды, өйткені газбергіштік бұл жағдайда азаяды.

Мұнай-газконденсатты кен орындарынан конденсаттың шығарылу мөлшерін кен орнының газконденсатты бөлігіне су мен газды айдап аралас әсер етумен көбейтуге болады. Бірақ жалпы көмірсутектердің алу мөлшері өскен кезде конденсатты толық шығару мәселесі әлі де аяғына дейін шешілмеген.

Терең шоғырланған аномалды қысыммен коллекторларды, олардан көмірсутектерді шығару үрдісі нәтижесінде қатты деформацияланған, ал бұлай игерудің тәжірибесі бүкіл әлемде әлі де жете дамымаған. Бірақ өнімді қабаттары терең шоғырланған кен орындар саны көбейіп жатыр, сондықтан қатты деформацияланған кеуекті және жарықшақты коллекторлардың игеру мәселесі жылдан жылға мұнай өндірісі үшін үлкен қызығушылыққа ие болады.

Ньютондық емес мұнай кен орындарын игерудің мәселесі физикалық-химиялық және әсіресе, игерудің жылулық әдістерін пайдаланумен байланысты.

Бақылау сұрақтары

1. Қандай жағдайда мұнай-газ шоғырларын игеру кезінде ұңғылар дебитін азайтады? Ұңғыманың шекті газсыз дебитін анықтайтын формуланы шығарыңыз.
2. Мұнай-газ кен орындарын игеру кезінде қалай газ мұнай жапсарының қозғалмауын қамтамасыз етуге болады?
3. Мұнай-газ және мұнай-газконденсатты қабаттарына әсер ету кезіндегі игерудің қандай жүйелері мен технологиялық әдістері қолданылады?
4. Мұнай-газконденсатты кен орнын көпкомпонентті материалдық баланс әдісімен игеру үрдісінің есептеуінде теңдеулер жүйесін шығар және оны түсіндір. Өткізгіштің қысым өзгеруінен болған экспоненциалды тәуелділік кезіндегі қатты деформирленген қабаттан ұңғымаға мұнай келудің формуласын шығар.
5. Ньютондық емес қасиеттерге ие сұйықтықтары бар кен орындарын игеру кезінде қандай қиындықтар болады?

VI тарау

МҰНАЙ КЕН ОРЫНДАРЫНЫҢ ФИЗИКАЛЫҚ-ХИМИЯЛЫҚ ӘДІСТЕРІ

6.1 Ерітінділермен және газдар арқылы жоғары қысымда қабаттан мұнайды ығыстыру

Қабаттан мұнайды сумен ығыстырудың толығымен болмауының ең басты себебі, олардың сулануы ығыстырушы және ығыстырушы сұйықтықпен үйлеспеуі нәтижесінде осы сұйықтықтардың бетінде беттік бөлік және мұнайды кеуекті ортадан капиллярлы кеуектер пайда болады.

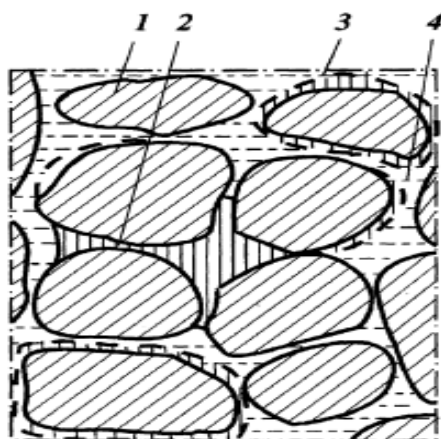
Сонымен қатар қабаттың суланған аймақтарында жыныс түйіршігінің бетіндегі мұнайдың толығымен ығыстырылмауы, мұнайдың ауыр компоненттерінің адсорбциялануының нәтижесінде болатын жыныс коллекторларының гидрофобизациясымен түсіндіріледі, сондай-ақ ығыстырып отырған сұйықтық пен ығыстырушы тұтқырлықтың әртүрлі айырмашылығының болуы, оның өзі су-мұнай байланыс кезіндегі гидродинамикалық тұрақсыздығының пайда болуына әкеліп соқтырады, яғни мұнай түйіршіктері немесе тамшыларының құралуына себеп болады.

Қарастырылған мәселе бойынша мұнай кеуекті ортада қалады, сулануға әкелетін қабықша ретінде жыныс дәні және домалақшалар тұйық жыныста орналасқан және сумен айналған қабат арасындағы кеуекті жерінде (6.1-сурет). Егер мұнай онымен араласқан сұйықтықпен ығыстырылса, онда молекулалы диффузиясыз еріткіш зат мұнайды сіңіреді, ал мұнай көміртегі толығымен қабаттан ығысады. Алайда егер мұнай кен орындарын игеру үдерісінде мұнайды қабатқа тек ерітінділер айдау арқылы ығыстырса, онда соңында қабаттан мұнайды жуып алғаннан кейін, жер қойнауында қалады. Бір білетініміздей қабатта қалдырылған зат қолжетерлік және арзан мұнай болуы керек. Ерітінді ретінде қабаттан мұнайды ығыстыру үшін спирт, эфир, күкірт және т.б. қоспалар қолданылады. Бірақ суды және ауаны табиғи газ негізінде және екі көміртек қолдану арзанырақ болады. Сонымен су жай қабаттарда мұнаймен араласпайтынын ескеру қажет. Мұнайды жер қойнауынан алу пайда болу ол қабат ішілік жануға әкеледі.

Қабаттан мұнайды ығыстырғыш еріткіш ретінде спирттер, эфирлер, күкіртсутек және т.б. қолданылады. Бірақ бұлар қымбат заттар болып табылады. Ауа, су, кейбір жағдайларда табиғи газ бен көміртек қос тотығын пайдалану арзанға соғады. Сонымен бірге, қарапайым қабат жағдайларында су мұнаймен араласпайды, қабатқа ауаны айдау басқа процесс қабатішілік жанумен мұнайды ығыстыруды ескеруіміз қажет.

50 және 60-жылдардың басында қабаттан мұнайды ығыстыру үшін мұнаймен араласатын заттар ретінде көмірсутекті еріткіштерді – сұйы-

тылған пропан, газ конденсат, бензин және қабат бойымен су немесе құрғақ газбен қозғалатын тығын немесе жиек түріндегі, т.б. еріткіштерді қолдану ұсынылған.



6.1-сурет. Кеуекті ортаның қимасы:

1 – жыныс түйіршіктері; 2 – тұйыққа тірелген кеуектегі қалдық мұнай;
3 – қабыршақты мұнай; 4 – су

Зертханалық тәжірибелердің көрсетуі бойынша қабаттан мұнайды онымен араласатын еріткіш-заттармен ығыстыру үдерісінде ығыстыру коэффициенті 100%-ға дейін жетуі мүмкін. Егер қабатқа құрғақ газбен ығыстырылатын еріткіштің жиектерін пайдаланса, мұнайды ығыстыру коэффициенті бұрынғыша жоғары болып қалады, бірақ газ-еріткіш байланысында тұрақсыздық байқалып, жиек айтарлықтай тез жоғалады да, еріткіш қабаттан құрғақ газбен бірге алынады. Осылайша, құрғақ газды еріткішжиегін ығыстырушы зат ретінде қолданған жағдайда ығыстыру процесі мен қабатты ұстау коэффициенті төмендейді.

Көлбеу қабаттарда құрғақ газбен жоғарыдан төменге қарай ығыстырылатын еріткіш жиегімен мұнайды ығыстырғаннан кейін оның бұзылулары елеулі болмайды және қабаттан мұнайды ығыстыру үдерісі әсерлі болады. Бұл қарапайым, жоғары емес қабат қысымында жүреді. Егер қысым жоғары болса, құрғақ газ бен көмірсутекті еріткіштің араласуы тиімдірек жүреді, ал кейбір физикалық жағдайларда шектелмеген араласуға дейін барады. Қабат қысымының одан әрі қарай жоғарылауы физикалық жағдайларда еріткіштің жиегі тіпті, артық болып кетеді, өйткені мұнай мен газ арасында құрғақ газ бен мұнайдан бөлінген көмірсутектердің толық араласу аймағы, кейін көмірсутектер мұнайдың өзімен араласу аймағы пайда болады. Мұнайдың көмірсутектермен толық араласуы жағдайында қабаттардан мұнайды құрғақ газбен ығыстыру үдерісі қабаттардан жоғары қысымдағы газ бен мұнайды ығыстыру деген атқа ие болды.

Егер еріткіштің жиегі қабатқа су айдау нәтижесінде жылжыса, еріткіш пен судың екі қосылмайтын сұйықтық ретінде, ортақ сүзу аймағы түзіледі. Нәтижесінде жиек қабаттың суланған аймағы бойына жағылады. Бұл жағдайда қабатта мұнай мен еріткіштің ығысу аймағы да, араласпайтын сұйықтықтар аймағы да бар.

Мұнайдың түзілуі мен мұнай мен еріткіштің ығысу аймағы өсуі үдерісі, газдың циклдік айдалуы секілді молекулярлық және конвективті диффузиямен ескеріледі. Бірақ соңғы жағдайда майлы газ қабаттан құрғақ газбен ығыстырылады. Бұл газдардың тұтқырлығы іс жүзінде бірдей. Егер мұнай еріткіштің жиегімен ығыстырылса, негізінен мұнайдың тұтқырлығының еріткіштікіне қарағанда көбірек болуы себепті, қабатта бұл сұйықтықтардың араласу процесіне, демек жиектің керекті мөлшерінің түзілуіне мұнай мен еріткіштің тұтқырлықтарының айырмашылығы айтарлықтай әсер етеді.

Қабаттан еріткіштің сумен ығыстырылуын ескермей мұнай мен еріткіштің араласу үдерісін қарастырайық.

Ең алдымен, еріткішті қабаттан сумен ығыстыруды ескермей, мұнай мен еріткіштің араласу үдерісін қарастырайық.

Тік сызықты мұнай қабатынан ығыстыру және ерітіндімен ығыстыру диффузия коэффициент арқылы ажыратылады. Ол келесі түрге ие:

$$\frac{\partial c}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D \frac{\partial c}{\partial x} \right) - \omega \frac{\partial c}{\partial x} \quad (6.1)$$

Мұндағы,

C – мұнай еріткіш қоспалардың концентрациясы;

D – диффузия коэффициенті;

V – фильтрация жылдамдығы.

Бір сұйықтықты басқа сұйықтықпен, олар әртүрлі тұтқырлықта болғанда ығыстыру эксперименталды зерттеу нәтижесін өңдеу комплексті диффузия коэффициентін:

$$D = D_E (1 + K_\mu \text{grad} \mu_c); \\ D_E = D_o + D_k; \quad D_k = K_w W \quad (6.2)$$

түрінде көрсетуге болады.

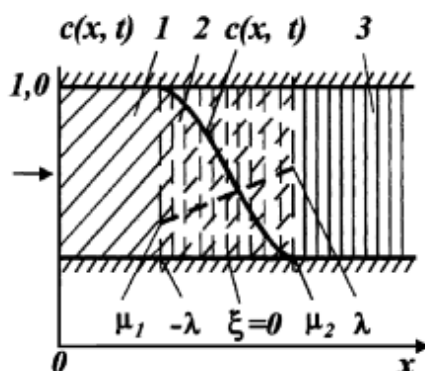
мұндағы, μ_c – екі сұйық қоспасының тұтқырлығы; D_o – молекулалық диффузия коэффициенті; D_k – біртекті сұйықтың конвективті диффузиясының коэффициенті; K_w, K_μ – сәйкесінше біртекті сұйықтың конвективті диффузиясы мен әртүрлі тұтқырлықты диффузияны ескеретін тәжірибелік коэффициенттер.

Араласқан сұйықтардың тік сызықты қабатта қозғалғандағы ығыстырушы сұйықтың, яғни еріткіштің мұнайдағы концентрациясын (6.1) теңдігінен алуға болады. Ол үшін газды циклді айдау кезіндегідей интегралдар қатынастарының жуық әдісін пайдаланамыз. Есептің шешімі:

$$c(\xi, t) = 0.25 \left[2 - 3 \frac{\xi}{\lambda(t)} + \frac{\xi^3}{\lambda^3(t)} \right]; \quad (6.3)$$

$$\xi = x - wt.$$

болады.



6.2-сурет. Түзусызықты қабаттан мұнайды еріткішпен ығыстырудың сұлбасы:
1 – еріткіш; 2 – араласу аймағы; 3 – мұнай

Тереңдік манометрінен басқа ұңғыманы зерттеуде тереңдік термограф, шығын өлшегіш және тереңдік құрама аспаптар «Поток» аппараттары қолданылады.

Мұнай өнімін алу үшін қазіргі заманғы механикаландырылған құралдарды орнатуда, олардың агрегатын құратын әрдайым бірқалыпты әсер ететін өлшегіш жүйелер жер бетіне ақпарат жеткізеді. Сонымен бекітілген параметрлер – тереңдікте агрегаттан тұратын қабаттық емес өлшегіш.

Атап өтетін болсақ, түпте өлшенбейтін қысым ұңғымаларында зерттеулер жүргізуге болады, оның құбыр қысымымен динамикалық деңгей өлшемі ұңғымадағы қатты импульсінің пайда болуымен өндіріледі.

Қажет болғанда бұл өлшемдер түптік қысыммен бірге есептелуі мүмкін.

$$\frac{\partial c}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial \xi} \left(D \frac{\partial c}{\partial \xi} \right) \quad (6.4)$$

$$\frac{d\mu_c}{dx} = \frac{d\mu_c}{d\xi} = \frac{\Delta\mu}{2\lambda}; \quad \Delta\mu = \mu_2 - \mu_1 \quad (6.5)$$

(6.5) мен (6.2), (6.2) мен (6.4) теңдіктерін қойып, әртүрлі тұтқырлықты конвективті диффузия теңдігін:

$$dc/dt = d/d\xi \cdot D_E [(1+\beta/\lambda)dc/d\xi]; \quad \beta = \frac{K_\mu \Delta \mu}{2} \quad (6.6)$$

түрінде аламыз.

(6.6) теңдігінен $\frac{dc}{d\tau}$ және $\frac{dc}{d\xi}$ туындыларын анықтап, интегралдау 0-ден λ -ға дейін болғанда, интегралдық қатынастар әдісіне сай түрлендіріп,

$$\int_0^\lambda \frac{0,75}{\lambda^2} \left(\xi - \frac{\xi^2}{\lambda^2} \right) \frac{d\lambda}{d\tau} d\xi = \int_0^\lambda \left(1 + \frac{\beta}{\lambda} \right) \frac{1,5\xi}{\lambda^3} d\xi \quad (6.7)$$

қатынасты аламыз.

(6.7) теңдеуінен:

$$d\lambda/dt = 4D_E \cdot \frac{1}{\lambda} (1+\beta/\lambda). \quad (6.8)$$

$\lambda = 0$ екенін ескеріп, $t=\tau=0$ болғанда, $\lambda=\lambda(t)$ мәнін анықтау үшін (6.8) теңдігінен алатынымыз:

$$\lambda^2/2 - \beta\lambda + \beta^2 \ln \frac{\lambda+\beta}{\beta} = 4D_E t. \quad (6.9)$$

Араласу аймағының жалпы ұзындығын анықтауға болады $\Lambda=\lambda(t)$ теңдігінен

$$\frac{\Lambda^2}{4} - \beta\Lambda + 2\beta^2 L_n \frac{\Lambda + 2\beta}{2\beta} = 8D_E t \quad (6.10)$$

Егер (6.10) теңдеуіне t уақытты беріп, Λ араласу аймағының ұзындығын анықтасақ, бұл теңдеу трансценденттік теңдік түріне келеді.

β және Λ беруге болады, D_E -ні біле отырып t уақытты табуға болады. Бұл жағдайда есептеулер өте қарапайым болады. (6.8) теңдігін:

$$\frac{\lambda^2 d\lambda}{\lambda+\beta} = 4 D_E d\tau$$

түрінде жазуға болады.

Бұл теңдіктің екі асимптотикалық шешімін алуға болады. Біріншісі $\lambda \gg \beta$ жағдайына сәйкес келгенде. Онда :

$$\lambda d\lambda = 4 D_E d\tau; \quad \lambda = (12D_E \tau)^{1/3}.$$

Бұл шешім біртекті сұйықтың кеуекті ортадағы конвективті диффузиясында дұрыс болады және газды циклді айдау кезіндегі шешімге толығымен сай келеді.

Қарастырылып жатқан қабаттан мұнайды еріткішпен ығыстыру үдерісі үшін өте маңызды екінші асимптотикалық шешімді β -мен салыстырғанда λ кіші болғанда аламыз. Осы соңғы жағдайда (6.8) теңдігінен алатынымыз:

$$\lambda^2 d\lambda/\beta = 4DEd\tau. \quad (6.11)$$

(6.11) теңдігін интегралдап,

$$\lambda = (12\beta DE\tau)^{1/3}. \quad (6.12)$$

немесе $\Lambda = 2\lambda$ болғанда араласу аймағының жалпы ұзындығы үшін:

$$\Lambda = (96\beta DE\tau)^{1/3}. \quad (6.13)$$

β өлшемін П.И.Забродин, Н.Л.Раковский және М.Д. Розенбергтердің зертханалық тәжірибесінің негізінде мұнайды онымен араласатын сұйықпен ығыстыру бойынша анықтайық. Бұл тәжірибеде тұтқырлығы $\mu_2 = 8,48 \cdot 10^{-3}$ Па·с көмірсутекті сұйық тұтқырлығы $\mu_1 = 0,53 \cdot 10^{-3}$ Па·с, фильтрация жылдамдығы $v = 10^{-4}$ м/с, $DE = 10^{-7} \text{ м}^2/\text{с}$ еріткішпен араласқанда, қабат қиылысуы модельде $x = 50$ қашықтықта $\tau = t$ уақыт ішінде ұзындығы $\Lambda = 12$ м болатын араласу аймағы пайда болды.

$$t = mx/v$$

$$m = 0,37, t = 0,37 \cdot 50 / 10^{-4} = 1,85 \cdot 10^5 \text{ с.}$$

$\beta \gg \Lambda$ деп алып, β -ны (6.13) теңдеуімен анықтайық, сонда $\Lambda = 12$ м болғандықтан, $\beta \gg \Lambda$ шарты орындалады және (6.13) теңдеуімен анықталған β мәні дұрыс.

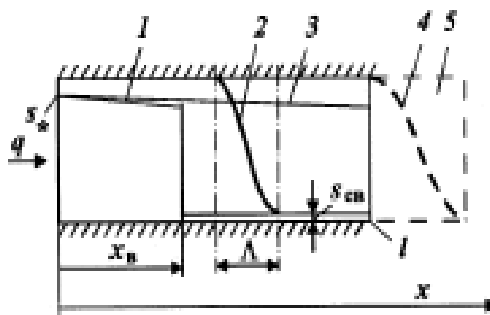
Еріткішті үнемдеу мақсатымен оны үздіксіз айдап емес, жиек түрінде қолдану керек екендігі айтылды. Егер бұл жиек судың әсерімен қабат бойында орын ауыстырса, араласпайтын сұйықтардың фильтрация механизміне сай еріткіш қабаттан толық ығыспайды. Кеуекті ортаның сумен, еріткішпен және оның мұнайлы қоспасымен қанығуының таралуы *6.3-суретте* көрсетілген.

Мұнайды еріткішпен толық ығыстыру үшін араласу аймағы ($c = 0,5$) қабаттың сыртына (*6.3-сурет*) орын ауыстыруына қажетті еріткіш мөлшерін айдау қажет, яғни $x_{..} = I + \lambda$ қашықтыққа, еріткішті сумен ығыстыру фронты қабаттың соңына дейін жетуі, яғни $x_{..} = I$ шарты орындалуы үшін. Сонда жиектің пайда болуына кеткен еріткіш мөлшері сулану және араласу

аймақтарындағы еріткіш мөлшеріне тең болады. Араласу аймағынан ол қабаттан мұнаймен бірге, ал суланудың кесірінен сумен бірге біртіндеп шығарылуы мүмкін. Бірақ оның кейбір бөлігі қабатта қалып қояды, өйткені сумен ығыстыру кезінде онымен араласпайтын сұйық өнімнің сулануы ақыры сондай мәнге жетеді, қабаттан еріткішті шығару экономикалық тиімсіз болады.

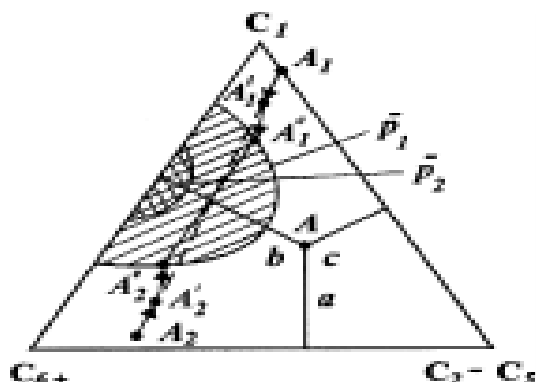
Жоғары қысымда мұнай мен газ арасында олардың толық араласуы кезінде аймақтың пайда болғандағы мұнайды газбен ығыстыру үдерісін қарастырайық.

Мұндай үдеріс нақты бір кен орны жағдайында мүмкін болатынын анықтау, газ бен мұнайдың араласу жағдайын орнату үшін арнайы зертханалық зерттеулер немесе қабатқа айдалады деп болжанатын газ қоспасы мен әртүрлі қысым мен көмірсутек құрамының фазалық жағдайының тепе-теңдік тұрақтысы бойынша есептеу жүргізіледі.

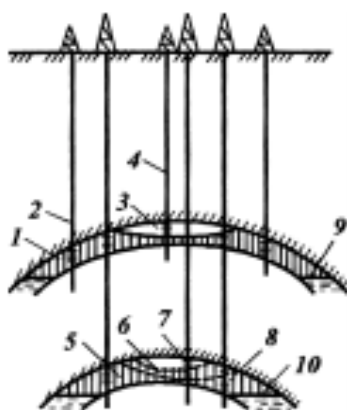


6.3-сурет. Тұзусызықты қабаттан сумен ығыстырылатын еріткіш жиегімен мұнайды ығыстыру сұлбасы:

- 1 – t уақыт моменті кезінде суға қанығудың таралуы; 2 – $\bar{O}(I, t)$ еріткішінің концентрациясы;
- 3 – t уақыт моментіндегі суға қанығудың талауы; 4 – t уақыт моментіндегі ерітіндінің фиктивті концентрациясы; 5 – мұнай мен еріткіштің араласуының фиктивті аймағы



6.4-сурет. Гиббс диаграммасы



6.5-сурет. Газбен байытылған мұнайды ығыстыруды қолданып игерілетін екі қабаттың сұлбасы:

1 – қабат; 2 – 1-қабаттың өндіру ұңғымалары; 3 – мұнайлы-газды байланыс; 4 – 1-қабаттың газ айдау ұңғымасы; 5 – 2-қабат; 6 – 2-қабаттағы байытылғын газ бен мұнайдың толық араласуының аймағы; 7 – 2-қабаттың айдау ұңғымасы; 8 – 2-қабаттың өндіру ұңғымасы; 9, 10 – сәйкесінше 1 және 2-қабаттардағы су-мұнайлы байланыс

Аталған зерттеулер мен есептеулер нәтижесін үшбұрышты Гиббс диаграммасы түрінде көрсетеді (6.4-сурет). Бұл диаграммадағы үшбұрыш ішіндегі әрбір нүкте C_1 құрғақ газынан, C_2-C_5 аралық көмірсутектерден және C_6 -дан жоғары ауыр көмірсутектерден тұратын көмірсутек қоспаларын сипаттайды. А нүктесін құрайтын C_1 компоненті C_2-C_5 -b компоненттерінің бөлігі және C_6 +c компоненттерінің бөлігіне сәйкес келеді. Бұл диаграмма тұрақты температурада дұрыс болады.

Кен орны әртүрлі тереңдікте жататын және бірдей жеңіл мұнайды құрайтын, бірақ әртүрлі қабат қысымдарынан тұратын 1 және 2-қабаттардан құралсын (6.5-сурет). 1-қабатта орташа қабат қысымы \bar{p}_1 , ал 2-қабатта - \bar{p}_2 және $\bar{p}_2 > \bar{p}_1$. Бұл қабаттарды игеруді онда майлы-газды айдауды, яғни этан, пропан, бутан және басқа да компоненттермен байытылған метанды қолдану арқылы жүзеге асыруға болады. Бұл газдың құрамы Гиббс диаграммасында (6.4-суретті қара) A_1 нүктесімен сипатталады. Мұнайдың құрамы 1 және 2-қабаттарды қанықтыратын, іс жүзінде бірдей және A_2 нүктесімен сипатталады. Сызықталған аймақ, \bar{p}_1 қабат қысымының сызығымен шектелген, 1-қабаттағы көмірсутектің екі фазалы күйінің аймағына, ал \bar{p}_2 сызығымен шектелген аймақ, 2-қабатта көмірсутектің екі фазалы күйінің аймағына сәйкес келеді. Қабатта екі фазалы күй кезінде көмірсутектер сұйық және газды фаза түрінде бір уақытта болады. Гиббс диаграммасының қалған бөлігінің ауданы тиісті сызықталған аймақтан тыс орналасқан көмірсутектің бір фазалы күйінің аймағына, яғни олардың толық араласқан аймағына жатады.

Егер 1-қабатқа 4 айдау ұңғымасы арқылы A_1 құрамды майлы газ айдаса, онда A_2 құрамды мұнайдан (6.4-суретті қара) газ-мұнайлы байланысты 3 беті арқылы газда еріген жеңіл көмірсутектер бөліне бастайды. Мұнайды ығыстырушы газдың құрамы газ-мұнайлы байланысқа жақын A_1 нүктесінен A_1I нүктесіне өзгереді, A_1II (сызық бойынша 6.4-суретті қара), яғни майлы компоненттермен байытылған. Мұнай жеңіл көмірсутектермен қаныға бастайды. Оның құрамы жалғастырушы нүктелермен сипатталатын A_2I және A_2II , газ-мұнайлы байланыста газдың құрамы ұқсас болады. A_1III нүктесі газдың құрамына сәйкес келеді, ал A_2II нүктесі – мұнай және газ фазалы тепе-теңдік күйінде, газ-мұнайлы байланыста газдың құрамына сәйкес келеді.

Алайда, 1-қабатта (6.5-суретті қара) газдың қабат мұнайымен толық араласуы болмайды, \bar{P}_1 қысымы кезінде газ-мұнайлы байланыста орналасқан көмірсутек қоспасының құрамы Гиббс диаграммасындағы сызықталған екі фазалы аймақта орналасқан қоспаның құрамына сәйкес келеді. Сөйтіп, 1-қабатта мұнай көмірсутектің толық араласуы кезінде газбен ығыса алмайды. Басқа көріністі 2-қабатта \bar{P}_2 қысымы кезінде бақылаймыз. Қабат мұнайының бастапқы құрамын және қабатқа айдалатын майлы газды байланыстыратын тік сызық осы қысымға сәйкес екі фазалы аймақты ешқашан кесіп өтпейді. Демек, қабатта газ айдау сызығынан өндіру ұңғымаларына жылжитын араласу аймағы жетіледі. Газ-мұнайлы байланыс жоғалады (6.4-суретті қара, үзік-үзік сызық). Бірфазалы көмірсутек қоспасы айдау сызығына жақын орналасқан қабат ағымында негізінде жеңіл фракция ретінде, ал өндіру ұңғымасына жақын жерде ауыр болып келеді. Қабаттың ешбір қиылысуында екі фазалы қоспа қалмайды және көмірсутектің толық араласуы бақыланады. Алайда газ бен газды ығыстыру кезіндегі конвективті диффузия коэффициентінің мәнінің жоғары болуы, жоғары қысымда мұнайды газбен ығыстыру үдерісінде көмірсутектердің араласу ауданы ауқымды болуы мүмкін, бұл мұнаймен бірге көп мөлшердегі газды өндіру қажеттілігіне әкеліп соғады, яғни сол сияқты газды кезеңдеп айдау жағдайына әкеледі.

Кейде, мұнайшылар мұнайды шығарудың физико-химиялық әдістер тобынан мұнайлы қабаттарға көмірсутекті және көмірсутекті емес газдарды айдаумен байланысты әдістерді ерекшелейді, бұл әдісті «газды» әдіс деп атайды. Алайда, бұл атау толығымен дұрыс болып саналмайды, себебі ол бұл әдістің негізгі физико-химиялық мәнін – қабатта мұнай мен газдың еруінің жетістігін көрсетпейді. Егер қабатқа айдалатын газдың тек механикалық («ығыстырушы») әсерін ескерсе, онда ол қабатқа айдалатын судың әсеріне ұқсас болады.

6.1-мысал. Тіксызықты қабатқа ұңғыманың біртекті орналасу сызбасы элементіне (6.3-суретті қара) ұзындығы $l = 400$ м және ені $b = 200$ м, одан мұнайды ығыстыру мақсатымен айдайды, бірінші мұнайды еріткіш (көбінесе, төмен пропан), ал сосын оның жиегі пайда болғаннан кейін

еріткішті ығыстыратын және жиекті итеретін суды айдайды. Сұйық еріткіштің және судың шығыны: $q = 300 \text{ м}^3/\text{тәу}$. Еріткіш жиегімен мұнайды ығыстыру үдерісімен қамтыған қабаттың қалыңдығы $h = 10 \text{ м}$, кеуектілік $m = 0,25$. Қабаттың толық қалыңдығы $h_0 = 15,4 \text{ м}$, сондықтан қабатты қамту үдерісі коэффициенті $\eta_0 = 0,65$. Мұнайдың тұтқырлығы қабат жағдайында $\mu_2 = 5 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$, сұйық еріткіштің тұтқырлығы $\mu_1 = 0,53 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$. Судың тұтқырлығы $\mu_B = 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$.

Еріткіштің қабаттан сумен ығысуы поршеньді емес. Бұл ретте салыстырмалы өткізгіштіктің формуласы *6.1-мысалдағы* түрге ие болады, яғни:

$$k_1 = \left(\frac{S_* - S}{S_* - S_{CB}} \right)^2 \text{ егер } S_{CB} \leq S \leq S_*;$$

$$k_B = \left(\frac{S - S_{CB}}{S_* - S_{CB}} \right)^2 \text{ егер } S_{CB} \leq S \leq S_1;$$

$$k_a = 0,8 \left(\frac{S - S_{ce}}{S_* - S_{ce}} \right)^{\frac{1}{2}} \text{ егер } S_1 \leq S \leq S_*$$

Қарастырылған жағдайда $S_{CB} = 0,5$; $S_* = 0,85$; $S_1 = 0,740$.

Конвективті диффузия коэффициенті:

$DE = D_0 + Kw$; $w = v/m$.

Бұл кезде $D_0 = 10^{-9} \text{ м}^2/\text{с}$; $Kw = 0,1 \text{ м}$; $K\mu = 2,45 \cdot 10^5 \text{ м}/(\text{Па} \cdot \text{с})$.

Еріткіш жиегінің көлемін, араласу аумағының өлшемін, мұнайды еріткішпен бірге өндіру уақытын және қабаттан еріткішті сусыз кезеңге шығару көлемін анықтау қажет етіледі.

Есептеуге кірісіп, бірінші фильтрация жылдамдығын есептейміз.

$$v = \frac{q}{bh} = \frac{300}{200 \cdot 10 \cdot 0,864 \cdot 10^5} = 1,736 \cdot 10^{-6} \text{ м}/\text{с}.$$

Араласу аймағы қозғалысының жылдамдығы:

$$w = \frac{v}{m} = \frac{1,736 \cdot 10^{-6}}{0,25} = 6,944 \cdot 10^{-6} \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Конвективті диффузия коэффициентін:

$$D_E = D_0 + k_w \omega = 10^{-9} + 0,1 \cdot 6,944 \cdot 10^{-6} = 6,954 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2/\text{с}.$$

түрінде анықтаймыз.

Қиылысу ағымында еріткіштің меншікті концентрациясындағы уақыт $c = 0,5$ қабаттың соңына дейін жетеді: $l = 400$ м,

$$t_* = l/w = 400 / 6,944 \cdot 10^{-6} = 57,6 \cdot 10^6 = 66 \text{ сут.}$$

β мәнін анықтаймыз:

$$\beta = \frac{K_{\mu} \Delta \mu}{2} = 2,45 \cdot 10^5 \frac{(5-0,53)10^{-3}}{2} = 54,76$$

Бірінші араласу зонасының өлшемін $t = t^*$ уақыт моментінде, оның ортасы $x = l$ аралағына жеткенде анықтаймыз. (6.10) формуладан трансцендеттік теңдікті Λ анықтау үшін:

$$\Lambda^2 - 4\beta\Lambda + \frac{8\beta^2 \ln(\Lambda + 2\beta)}{2\beta} = 32D_E t.$$

түрінде аламыз.

Бұл теңдікті жүйелі жуықтаулар жолымен шешіп, $\Lambda = 131$ м. аламыз.

Алайда араласу аймағы қабаттан толығымен ығысқанда, ал су – еріткіштің жиегін ығыстырушы, қабаттың соңына дейін жеткендегі $x = l$, уақытты $t = t^{**}$ анықтау қажет. 6.3-суретте сонымен қатар қабаттың сумен қаныққан және еріткіштің $t = t^{**}$ уақыт моментінде таралуы көрсетілген. Үзік-үзік сызықпен еріткіштің фиктивті жиегі, яғни қабаттың сыртына шыққаны берілген.

Бірінші жуықтау ретінде, уақыт моменті $t = t^{**}$ фиктивті жиектің қиылысуында $c = 0,5$ концентрациясымен $l + \Lambda/2$, яғни $400+66 = 466$ м қашықтықта өтеді деп есептейміз.

Жоғарыда келтірілген теңдіктен алатынымыз: $\Lambda = 138$ м.

Сөйтіп, жөнделген мәні $\Lambda/2 = 69$ м. .

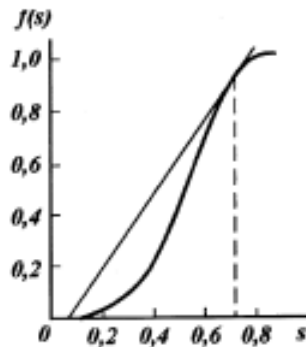
$$t_{*} = \frac{469}{6,944 \cdot 10^{-6}} = 67,54 \cdot 10^6 c = 782 \text{ сут.}$$

Қабаттан мұнайдың еріткішпен бірге өндірілген кездегі уақыты:

$$t_{*} = 138/w = 138 / 6,944 \cdot 10^{-6} = 19,85 \cdot 10^6 c = 230 \text{ сут.}$$

Қоспадағы мұнаймен еріткіштің көлемін анықтаймыз:

$$V_{cp} \approx \frac{bhm(1-S_{CB})}{2} = 0,25 \cdot 2000 \cdot 0,95 \cdot \frac{138}{2} = 32,78 \cdot 10^3 \text{ м}^3$$



6.6-сурет. $f(s)$ пен s қисық тәуелділігі

Қабаттың суланған бөлігінде қалған еріткіштің көлемін анықтау үшін, қабаттың соңына су фронтының x_B жақындауы кезінде салыстырмалы өткізгіштіктің мәліметтері негізінде $f(s)$ функциясын тұрғызамыз (6.6-сурет). Қабаттан суды поршеньсіз ығыстыру териясына сәйкес онымен сұйықтың араласпайтын және қисық тәуелділікті аламыз (6.6-суретті қара):

$$f'(s_B) = 1,409; f(s_B) = 0,93; s_B = 0,71.$$

Қабатта қалған еріткіш көлемін V_{op} қабаттан су қоспасын және еріткішті өндірудің басында:

$$V_{op} = b \kappa m l (1 - s_B) \frac{b \kappa m l}{f'(s_B)} = 0,25 \cdot 200 \cdot 10 \cdot 400 \left(0,95 - \frac{1}{1,409} \right) = 48,06 \cdot 10^3 \text{ м}^3$$

теңдеуін анықтаймыз.

Сөйтіп, жиекті тудыра отырып, қабатқа айдайтын, еріткіштің жиынтық көлемі:

$$V_p = V_{cp} + V_{op} = 32,78 \cdot 10^3 + 48,06 \cdot 10^3 = 80,84 \cdot 10^3 \text{ м}^3$$

Еріткіш жиегінің көлемі қабаттың қуысты көлемінің үлесіндегі:

$$\frac{V_{op}}{V_p} = \frac{48,06 \cdot 10^3}{80,84 \cdot 10^3} = 0,404.$$

Қабатта қалатын, сумен бірге бастапқыда шығаратын еріткіштің үлесі:

$$\frac{V_{op}}{V_p} = \frac{48,06 \cdot 10^3}{80,84 \cdot 10^3} \approx 0,6.$$

Сөзсіз, қабаттан еріткішті сумен бірге өндіру үдерісі кезінде бұл реагенттің белгілі бір қосымша мөлшері алынған болады.

6.2 Мұнай кен орындарын өндіру кезінде физикалық-химиялық әдістерді қолдану

Мұнайды ығыстыру үшін 65% метан болатын газ және 35% этан-пропан фракциялары, сонымен бірге байытылған газ пайдаланылады. Мұнайды ығыстырғандағы түпкі мұнайбергіштік коэффициенті 60-70% және одан жоғары болады.

Қабаттағы байытылған газ жоғары қысымда мұнайды ығыстыруға қолданатын жұмыс нәтижесінде түпкі мұнайбергіштік 70% немесе одан жоғары болуы мүмкін.

Жоғарғы мұнайбергіштіктің табысының керекті шарты қабатта жақын араластырғыштар мұнай және газдың болуы қамтамасыз етеді. Ол үшін мұнай аз байлағыш, шайырлар және шайыртастарда шамалы болуы керек. Физикалық-геологиялық қабат шарттары мұнайды ығыстыру үшін табиғи немесе байытылған газ 20 МПа жоғары қысымда қолдану керек.

Маңызды жағдай – кен орнының жақын жерде болуы, қабатта газды тығыздауға табиғи немесе байытылған газ қорлары есептеледі. Мұндай қорлар негізінен кен орнының газконденсаты мұнай шоғырлары, сонымен қатар майлы мұнай-газ ретінде қызмет көрсете алады.

Мұнай кен орнын игеру тәжірибесі қабатта қолайлы жағдайда мұнайды ығыстыру үшін көміртектің қос тотығын қолданғандағы мұнайбергіштік қарапайым суланудағы мұнайбергіштікпен салыстырғанда 10-15%-ға көп болады. Егер CO_2 жиектеулерін қолданса, ең үлкен эффект алады, сұйық жабық немесе газ күйінде болады. Жиектеулер толтырылатын судың әсерлерімен алға басады.

Жоғары қысымда еріткіштер мен газды қолданғанда пайда болатын негізгі мәселелердің бірі өндіруші ұнғымаларға газды мезгілсіз жібермеуі және ұнғымадағы газ факторының бірнеше есе өсуі болып табылады. Газдың күшті бұзылған жерлері қабат қамту коэффициентін төмендетуге мүмкіндік туғызады, мұнай өнімділігімен салыстырғанда түпкі мұнай өнімділігінің ығыстыру коэффициентінің өсуі нақтылы шарттарында сулануы төмендей алады.

Қиындықтарды жеңу мақсатында болуы мүмкін мәселемен сабақтас биік қысымдардағы үлкен құрылымдардың бір бөліктері жанында қарапайым немесе байытылған газды басып тығыздауға ұмтылу керек. Осы жағдайда мұнайдың гравитациялық бөлінуі және газ бірнеше соңғы өндіруші ұнғымадағы бұзылған жерлері және қабатты қамту коэффициентін төмендетуге кедергі келтіреді.

Мұнай кен орындарын игерудің әдістерін дамытудағы мәселе – газ және қарапайым газ, сонымен қатар жоғары қысымда байытылған көмірсутек еріткіштерін қолдану техникалық-экономикалық сипатқа ие.

Ол көрсетілген әдісті қолданғанда қабатқа көп мөлшерде бағалы көмірсутек айдау қажеттілігі, тығыздалатын суларды көмірсутек жиектеуінің шайылуы уақытында өнімнің толық алынбай қалуына байланысты. Басында қабаттарынан мұнайды шығарудың әдістерінің дамытуы көмірсутек еріткіштердің жиектеулерін қолдану арқылы, қабат қуысында жиектеудің жинағы 0,05-0,10 көлемді құрайды деп есептелген. Дегенмен үлкен литологиялық біртекті емес екенін есепке алу және қабат жарықшақтылықтары негізінен салыстырмалы қабаттардағы еріткіштің жиектеулерінің өлшемі 0,2-0,25 қуыстағы қабат көлемін құрауы керек деген пікір тудырады. Мүмкін, егер қабаттан мұнайды ығыстырудың үдерісі көмірсутек еріткіштердің үлкен масштабпен қолдануын айтып тұрса, онда қабатқа көптеген жылдар (мүмкін мәңгілік) қалып қойған үлкен көлемді бағалы көмірсутек айдау қажет болады. Бұдан мынадай сұрақтар туындайды: бұл көмірсутектерді қайдан аламыз? Олардың барлығын газконденсатты кен орындарында әлде бірнеше мұнай кен орындарында шоғырланады ма? Әлде мұнай тек қана ауыр фракциялар шаруашылық үшін өндеудің нәтижесін алады ма? Бұл экономикалық көзқарасты ақтай алмайды. Мысалы, көмірсутек еріткіштердің мұнайды ығыстыруын тиімді жүзеге асыру мүмкін.

Қабаттан жоғары қысымда байытылған газ және қарапайым газбен мұнайды ығыстырудың жоғары көрсеткіші – қабатқа су мен газдың (су-газды қоспалар) бірлесе айдауы.

Мұнайбергіштікті жоғарылату үшін физико-химиялық активті (БӨЗ, полимерлер және олардың қоспалары) заттарды қабатқа айдайтын суға қосып пайдалануға негізделген физико-химиялық әдістеріндегі бар басты мәселе, кеуекті ортаның бұл қоспаларды соруды мұнайды шығарудың үдерісіне теріс ықпал етуінен және қалдық мұнайға байланысты болады.

Көрсетілгендей, сору активті заттардың қабатта өте баяу таралуына, судың қоспаларынан тазарған мұнайдың айтарлықтай көлемін ығыстыру және физико-химиялық әдіспен мұнайбергіштіктің жоғарылау әсерінің бірден төмендеуіне алып келеді. Сонымен қатар, сору физикалық-химиялық белсенді заттардың жиектеулерінің қирауына алып келеді.

Алайда көптеген теріс құбылыстарға қарамастан, мұнайбергіштіктің физико-химиялық жоғарылату әдістерін зерттеуді жалғастыру керек, жаңа әсерлі заттардың үйлесімділігін табу – оларды мұнайбергіштікті арттыру үшін қолданудың аса әсерлі әдістері.

Осындай әдістердің тиімділігі, газбен жоғары қысымда және көміртектің қос тотығымен мұнайды ығыстыру нақты кен орындарында алынған нәтижелермен расталған. Осы әдістердің қолдануда CO_2 -ны ұзақ қашықтыққа тасымалдауға, коррозия жабдықтарына, т.б. заттарға байланысты көптеген технологиялық қиындықтар туындайды.

Соңғы жылдары қабатқа микробиологиялық нақтылы әсер етудің дамығанын атап өту керек.

Мұнай өнімділігінің жоғарылатуының әдістері және тәжірибеде өнеркәсіптік жұмыстардың мұқият талдауы әрі қарай зерттеулер төңірегінде физикалық-химиялық әдістердің тиімділіктерін анықтауға көмектеседі.

Бақылау сұрақтары

1. Қабаттан мұнайды, онымен араласатын затты ығыстыратын қоспа ауданының ұзындығын анықтайтын қатынасты анықтаңыз.
2. Қандай қысымда мұнай құрамында және оны газбен ығыстыру қабатында мұнай мен газдың толық араласуы туындайды? Гиббстің үшбұрыштық диаграммасы көмегімен қарастырыңыз.
3. Қабатқа көміртектің екі тотығын айдау механизмінің мәнін және технологиялық әдістердің қабатқа әсер жолымен түсіндіріңіз.
4. Сору фронтының БӨЗ немесе полимерлердің су ерітінділерінің қабатына айдау фронтынан қалушылығын дәлелдейтін формуланы анықтаңыз.
5. Технологиялар мен мицеллярлы-полимерлі мұнай қабаттарының сулануы механизмінің мәнін түсіндіріңіз.
6. Оларды үздіксіз айдаудың орнына еріткіштер, полимерлер, мицеллярлық ерітінділерді не үшін пайдаланады? Не себепті жиектеулер өлшемдерін таңдайды?

VII тарау

МҰНАЙ КЕН ОРЫНДАРЫН ЖЫЛУ ӘДІСТЕРІМЕН ИГЕРУ

7.1 Қабаттағы температуралық жағдай мен оның кен орынды игеру кезіндегі өзгерісі

Қабаттық температураның бастапқы мағынасы және оның үлестіруі кен орнының геотермиялық шарттарымен анықталады. Әдетте, мұнай кен орындарының қабаттық температурасы берілген геологиялық аймақта орташа геотермиялық градиентке сәйкес келеді. Дегенмен бұл мөлшерде қабаттық температураның маңызды ауытқулары болып тұрады. Онда қабаттық температура жоғарылатылған немесе төмендетілген болып есептеледі. Жоғары температуралы жер қабығының аймағын *геотермиялық аймақ* деп атайды.

Мұнай кен орнын игеру үдерісінде оның қабаттық температурасы айтарлықтай өзгеруі мүмкін. Бұл қабатқа температурасы қабаттыға қарағанда өзге температуралы суды айдағанда болады, сонымен бірге өзгерістер қабаттағы экзотермиялық реакция кезінде байқалады. II тарауда көрсетілгендей, түбегейлі кіші дәрежеде, қабаттық температура алынатын сұйықтық пен газды дроссельдеу және қабат жынысында филтрленетін заттардың гидравликалық үйкеліс есебінен өзгереді.

Жер астындағы қабаттық температураны үлестіру және оның уақыт ішінде өзгеруін кен орнынның *температуралық режимі* деп атайды. Мұнай қабаттарындағы температураның өзгеруі, негізінен, жылу өткізгіштік пен конвекция есебінен жүреді.

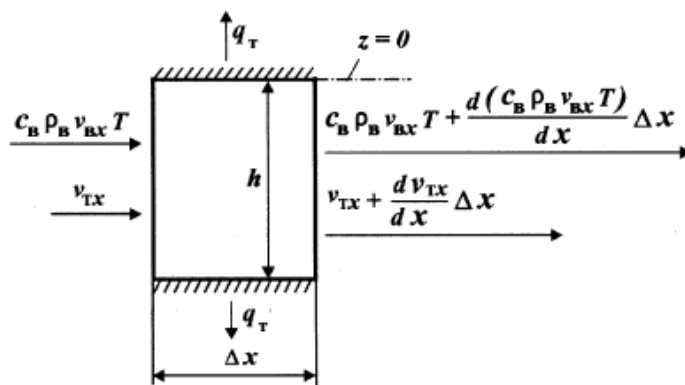
Мұнай қабаттары қоршаған жыныстардан және басқа қабаттардан жылулық оқшауланбаған. Сондықтан өзге учаскелермен салыстырғандағы, қандай болса да учаскедегі температураның өзгеруі өзімен бірге жылу өткізгіштік есебімен, жылуды қайта үлестіруге және тасымалдауға әкеп соғады. Қабатқа басқа температуралы су айдау және қабаттық температурада қабаттан мұнайды өндірген кезде, қабаттағы жылуды ұстап тұру және қабаттық температураның өзгерісіне әкеледі.

Біртекті тұзусызықты қабаттан, айдалатын судың температурасы қабаттыға қарағанда өзге болатын кездегі мұнайды сумен ығыстыру процесін қарастырайық. Қарапайым түрде, мұнайды ығыстыру поршеньді деп алайық және қалдық мұнайға қаныққандық $S_{қан}$ белгілі заңдылыққа сәйкес температураның өсуімен төмендейді.

Қарастырылып отырған біртекті қабатқа қабаттыға қарағанда, төмен температуралы су айдалады деп аламыз. Себебі, суланған аймақтан мұнайды сумен поршеньді ығыстырған кезде, мұнай қабаттық температурада да ығыстырылмайды, егер мәні қабаттыдан төмен болған жағдайда, онда тіпті бұл аймақтан мұнай ығыстырылмайды.

Қарастырылып отырған үдеріс изотермиялық шарттарда емес, яғни қабаттағы температура өзгертілмей қалмайтын жағдайда, мұнайды сумен ығыстыру салдарынан, қабатта жылуды тасымалдау тендеуін қолданған жөн. Бұл тендеуді қорытындылау үшін 126-суретте көрсетілген тұзусызықты қабаттың элементін қарастыру керек. Сол жақтан Δx ұзындығы, биіктігі h және ені b (126-суретті қара) болатын қабат элементіне температурасы T болатын су келіп түседі.

Қабат элементіне өзге температуралы су айдау кезінде конвекция есебінен жылудың тасымалдауы орындалады. Осыдан басқа, қабатта жылу тасымалдауы жылуөткізгіштік әсерінен болады. Егер ϑ_{cy} – x осімен бағытталған судың фильтрация жылдамдығы болса, онда конвективті тасымалдаудың есебімен, оның сол қырымен қабатқа жылудың ену жылдамдығы $c_c \rho_c \vartheta_{cy} T$ болады.



7.1-сурет. Қабат элементіндегі жылу тепе-теңдігі

Қабат элементінің оң жақ қыры арқылы жылу беріліс келесі жылдамдықпен конвекция есебінен жүреді

$$c_B \rho_B \vartheta_{Bx} T + \frac{\partial (c_B \rho_B \vartheta_{Bx} T)}{\partial x} \Delta x$$

мұндағы, c_c – судың меншікті жылу сыйымдылығы; ρ_c – судың тығыздығы.

Конвекциядан басқа қабаттағы жылу тасымалы жылуөткізгіштік есебімен жүреді. Элемент сол қыр арқылы (7.1-суретті қара) жылдамдықпен $\vartheta_{жылу}$ жылу алады, және оң жақ қыр арқылы ол $\vartheta_{жылу} + \frac{\partial \vartheta_{жылу}}{\partial x} \Delta x$ жылдамдықпен жылу береді. Элемент құрамында қалдық мұнай мен су бар екенін ескеру керек. Сондықтан жылу ұстау өсімшесі келесі жолмен ұсынылады:

$$\Delta\{[c_{ж}\rho_{ж}(1-m) + c_c\rho_c ms + c_m\rho_m ms_{кал}]T\},$$

мұндағы, $C_{ж}$ – тау жыныстардың (тау жыныстарды түзетін минералдардың) меншікті массалық жылусыйымдылығы; $\rho_{ж}$ – минерал тығыздығы; S – суға қаныққандық.

Жылудың жылуөткізгіштік есебінен жүретін, тарау жылдамдығы $\vartheta_{ж}$ II тарауда көрсетілгендей, Фурье заңымен анықталады. Егер $\vartheta_{су\ x} = \vartheta_{су}$ болса, қабат элементіндегі жылу тепе-теңдігіне сәйкес келесіні аламыз:

$$\left[c_{ж}\rho_{ж}vT - c_m\rho_mvT - \frac{\partial(c_{ж}\rho_{ж}vT)}{\partial x}\Delta x \right] bh\Delta T + \left(v_{ж} - v_m - \frac{\partial v_{ж}}{\partial x} \right) bh\Delta T = \Delta\{[c_{ж}\rho_{ж}(1-m) + c_m\rho_mvT + c_m\rho_mvT]T\}bh - 2q_{ж}b\Delta x\Delta t. \quad (7.1)$$

мұндағы, q_T – жылуөткізгіштік есебінен қабат табаны мен жабынның аудан бірлігінен жылу берілісінің жылдамдығы. Жабын арқылы жылу беріліс, сондай-ақ қабат табаны арқылы беріліс (7.1) теңдеудің оң бөлігіндегі соңғы мүшесінде 2 санымен ескеріледі.

Конвекция есебінен жүретін мұнай қабатындағы жылу тасымалдаудың механизмі аса маңызды ерекшелікке ие: қабаттыға қарағанда өзге температуралы аймақ, яғни суытылған немесе қыздырылған аймақ қабат ішінде, кеуекті ортадағы судың қозғалу жылдамдығымен салыстырғанда, айтарлықтай аз жылдамдықпен жүреді. Бұл мұнай кен орындарын игеру үшін өте маңызды әсерге әкеп соқтырады, оның маңыздылығы: қабатты температурадан өзге температуралы суды айдағанда, айдалатын судың температурасының бастапқы қабаттыға байланыс тәуелділігіне қатысты қабаттағы суытылған немесе қыздырылған аймақ, мұнайды сумен ығыстыру фронтынан біршама артта қалады.

Көрсетілген туындаған әсерді (7.1) теңдеуін қолдана отырып, теориялық түрде дәлелдейік. Бұл дәлелдемені көрнекілік үшін жеңілдетеміз, яғни: z осі бойынша жылуөткізгіштік есебінен жылу тасымалын және қабат жабыны мен табанға жылу берілісін менсінбейміз; жылудың конвективті тасымалдау жылдамдығын $c_m\rho_mv$ және

$$[c_{ж}\rho_{ж}(1-m) + c_c\rho_c ms + c_m\rho_mv(1-s)]$$

шамасын, $s_{кал} = 1 - s$ ескере отырып, туынды белгі сыртына шығарамыз.

Нәтижесінде (VII.1) теңдеуінен өзара жойылатын мүшелерді алып тастап, $\Delta x \rightarrow 0$ болғанда

$$c_{ж} \rho_{ж} v + \frac{\partial T}{\partial x} [c_{ж} \rho_{ж} (1 - m) + c_{м} \rho_{м} m s + c_{м} \rho_{м} m (1 - s)] \frac{\partial T}{\partial t} = 0. \quad (7.2)$$

Түзу сызықты қабатқа (127-сурет) шекара арқылы сол жақтан $x=0$ тұрақты шығын q және температура $T-T_1$ болғанда, суық су айдалады және мұнда $T_1 < T_{қаб}$ ($T_{қаб}$ – бастапқы қабаттық температура) болады.

Бұл жағдайда қабатта x_τ координатасы бар суыту фронты пайда болады. $0 \leq x \leq x_\tau$ аймақтағы температура T_1 құрайды, ал $x \geq x_\tau$ болғанда, $T = T_{қаб}$. Суық су айдау өлшеміне байланысты, суыту фронты ω_τ жылдамдықпен орын ауыстырады,

$$\omega_{ж} = \frac{\partial x_{ж}}{\partial t}. \quad (7.3)$$

Әрине мұндай әсер «суыту фронтының» түзілуі, жылу беріліс үдерісінің сұлбасын қолданғанда туындайды. Егер жылу өткізгішті ескерсек, онда фронт «бұзылып қалады».

Қарастырылып жатқан жағдайда (7.2) теңдігінің шешімін келесі түрде іздейміз

$$T = f(x - \omega_\tau t) \quad (7.4)$$

мұндағы, $f - \varepsilon = x - \omega_{ж} t$ айнымалыдағы функция.
Берілгені бар

$$\frac{\partial T}{\partial x} = f'; \quad \frac{\partial T}{\partial t} = -W f'. \quad (7.5)$$

(7.5) теңдеуін (7.2) теңдеуіне қойып, нәтижесінде алатынымыз:

$$f' \{c_{м} \rho_{м} \vartheta_{м} - [c_{ж} \rho_{ж} (1 - m) + c_{м} \rho_{м} m s + c_{м} \rho_{м} m (1 - s)] \omega_{ж}\} = 0. \quad (7.6)$$

Жалпы жағдайда $f \neq 0$. (VII.6) теңдеуіндегі өрнек жақшадағы мән нөлге тең болады. Осыдан,

$$\frac{W}{v} = \frac{c_{м} \rho_{м}}{c_{ж} \rho_{ж} (1 - m) + c_{м} \rho_{м} m s + c_{м} \rho_{м} m (1 - s)} \omega_{\tau} / \vartheta_{м} \quad (7.7)$$

шамасын бағалайық. Бұл ретте $c_{су} = 4,19$ кДж/(кг*К); $\rho_{су} = 10^3$ кг/м³; $c_{ж} = 1,3$ кДж/(кг*К); $\rho_{ж} = 2,5 \cdot 10^3$ кг/м³; $m = 0,2$; $s_{қал} = 0,4$; $s = 1 - s_{қал}$

$=0,6$; $c_m=2,1$ кДж/(кг*К); $\rho_m = 0,85 \cdot 10^3$ кг/м³; $s_{\text{кал}} = 0$ болсын. Келтірілген берілгендерді (VII.7) теңдеуіне қоямыз:

$$\frac{W_r}{v_B} = \frac{4,19 \cdot 10^3}{1,3 \cdot 2,5 \cdot 0,8 \cdot 10^3 + 4,19 \cdot 10^3 \cdot 0,2 \cdot 0,6 + 2,1 \cdot 0,8 \cdot 10^3 \cdot 0,2 \cdot 0,4} = 1,291$$

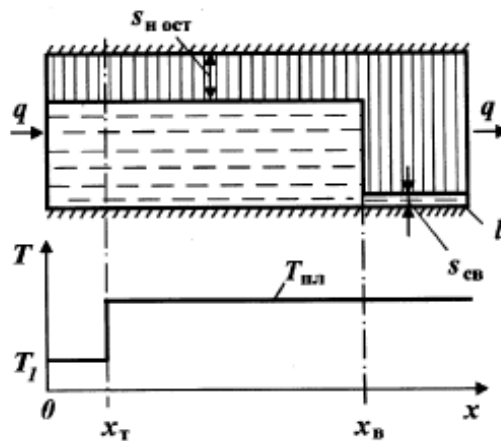
Қорыта келгенде, бұл жағдайда қабаттағы суыту фронтының ығысу жылдамдығы, судың фильтрация жылдамдығынан шамамен 1,3 есе асады.

Егер суыту фронтының жылдамдығын ω_T мұнайды сумен поршеньді ығыстыру жылдамдығына қойсақ, онда

$$\frac{W_{\text{ж}}}{W_{\text{су}}} = \frac{W_{\text{ж}}}{\vartheta_{\text{су}}} = \frac{\vartheta_{\text{ж}}}{v_B} m(S - s_{CB}) = 1,291 \cdot 0,2 \cdot 0,6 = 0,155$$

Демек әрбір уақыт моментінде суыту фронты ығысу фронтынан $1/0,155=6,45$ рет артта қалады. Демек бұл, мұнай қабаттан суытылған сумен емес, қабаттық температуралы сумен ығысады. Бұл идеал қабатты айдалатын судың температурасына дейін толығымен суыту үшін көрсетілген шартта $Q_m=6,45(s - s_{\text{кал}}) = 6,45(1 - s_{\text{кал}})$, $s_{\text{кал}} = 0$, яғни, шамамен 3,9 булық көлемде суық су айдау керек.

Дегенмен қарастырылып отырған қабат – идеал болып келеді: біртекті және толығымен жылудан оқшауланған. Нақты шарттарда, жылу үздіксіз жабын және табан арқылы келіп түседі, егер қабатқа суық су айдалса, онымен байланысатын басқа қабаттардың суытылуы жүреді. Осылайша, негізінен, көбінесе суық су өткізетін, жоғары өткізгішті қабатшада, игеру уақытының негізгі бөлігінде, мұнай қабаттық температуралы сумен ығысады. Бұл ретте, жоғары өткізгішті қабатшада, қабаттық температуралы суды айдау процесі кезіндегі шарттармен салыстырғанда, мұнайды ығыстыру шарттары бұзылмайды. Көрші қабатшаларда температураның төмендеуі және мұнай ығыстыру шарттарының нашарлауы байқалады, әсіресе, егер ондағы мұнайдың, температура төмендеген сайын тұтқырлық қасиетінің өсуі болса немесе мұнайда парафин кристалданып, ньютондық емес қасиетке ие болады.



7.2-сурет. Түзусызықты, жылудан оқшауланған қабаттан мұнайды суық сумен ығыстыру сұлбасы

Мұнайды ығыстыру үшін қабатқа $T_2 > T_{қаб}$ температуралы суды айдаған кезде - T_2 температуралы жылулық аймақ түзіледі. Бұл аймақтың алдыңғы шекарасын жылулық фронт немесе қыздыру фронты деп атайды. Мұндай фронттың ығысу жылдамдығын, тек бір ерекшелікпен ғана, яғни аймақтың соңғы жағдайында $0 \leq x \leq x_T$ (x_T – жылулық фронттың координатасы 127-суретті қара) қосымша мұнай ығысады және жылулық фронттың алдында $x_T \leq x \leq x_M$ шартында, жоғары мұнайға қаныққандық аймақ түзілу (мұнайлы білік) ерекшелігімен суыту фронтына ұқсас түрде анықталады.

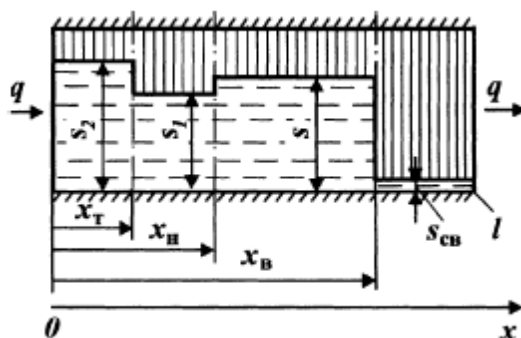
Уақыттың кейбір моментінде, қабаттың сумен және қалдық мұнаймен қаныққандықтың үлестіруі 7.3-суреттегідей болады. Қарастырылып отырған уақыт моментінде, қабатқа $Q_{сy}$ көлемінде су айдалынады. Онда 7.3-суретке сәйкес

$$Q_{сy} = mbh(s_2 - s_{қал})x_{ж} + mbh(s_1 - s_{қал})(x_M - x_{ж}) + mbh(s - s_{қал})(x_{сy} - x_M)$$

Келтірілген теңдеудің сол және оң жақ жағын bh -қа бөліп, t бойынша оны дифференциалдап, жақшаларды ашып және сәйкес мүшелерді қысқартып, келесіні аламыз:

$$\vartheta_{сy} = m[(s_2 - s_1)v_{ж} - (s - s_1)\omega_M + (s - s_{қал})\omega_{сy}];$$

$$W_M = \frac{\partial x_M}{\partial t}; \quad W_{сy} = \frac{\partial x_{сy}}{\partial t}. \quad (7.8)$$



7.3-сурет. Түзусызықты қабаттан мұнайды ыстық сумен ығыстыру

$0 \leq x \leq x_t$ аймағынан $x_t \leq x \leq x_m$ аймаққа ығыстырылған мұнай тепе-теңдігін қарастыра отырып алатынымыз:

$$W_m = \frac{s_2 - s_1}{s - s_1} W$$

Жоғарыда келтірілген теңдеулерден біз келесі теңдеуді аламыз:

$$\vartheta_{cy} / \omega_{cy} = m(s - s_{қал.})$$

Осылайша, қабатқа $T_2 > T_{қаб}$ температуралы, яғни ыстық суды айдап, мұнайды ығыстырған жағдайда жылулық фронттың мұнайды ығыстыру фронтынан артта қалуы байқалады. Мұнай алдымен қабатты температуралы сумен және тек қана $0 \leq x \leq x_t$ аймағында ыстық сумен ығыстырылады. Қосымша мұнайды белгілі уақыттан кейін ғана өндіруге болады, онда мұнайлы біліктің «алдыңғы координатасы» x_m қабат соның қамтиды ($x=l$).

Қабаттағы температуралық жағдайдың келтірілген идеалды көрінісінің өзгеруі мен температурасы қабаттыға тең емес сумен ығыстырылатын мұнайдың сипаты жылулық фронттың мұнайды сумен ығыстыру фронтынан артта қалу әсерін аса көрнекті етіп көрсету үшін жасалған. Изотермиялық шартта емес сумен айдалған қабат ішіндегі температуралық жағдайдың өзгеру есептері үшін (7.1) жылу беріліс теңдігінде көрсетілгендей, жабын мен табандағы жылудың берілісін ескерту қажет. Мұнай кен орындарын игерудегі изотермиялық емес процесіндегі есептеулер кезінде, көбінесе келесі екі тәсілді қолданады.

1. Ньютон тәсілі

$$2. \quad q_{ж} = \alpha(T - T_{бал.}), \quad (7.9)$$

мұндағы, α – қабаттың жылу беріліс коэффициенті.

Алайда бұл тәсіл, қабаттың физикалық модельдері көмегін зерттеу мақсатында зертханалық шарттарында, изотермиялық емес процестердегі есептеулер үшін аса жарамды. Нақты қабаттар үшін, оны тек қана жақындатылған бағалау есептеулер кезінде ғана қолдануға болады.

3. Ловерье тәсілі, қабат қалыңдығының әрбір қимасында немесе әрбір Δx ұзындықты қабаттың әрбір элементінде температура бірдей болып саналады, ал жылуөткізгіштік есебінен жүретін жабындағы мен табандағы жылудың берілісі тек тік бағытта ғана болады деп қабылданады. Себебі, жылуөткізгіштік есебінен жүретіндіктен жылу берілісі баяу жүреді, бұл ретте, қабаттың жабыны мен табаны сәйкес шексіздікке дейін жоғары және төмен созылып жатыр деп шартты түрде есептейміз.

Түзусызықты қабаттан мұнайды сумен поршеньді ығыстырған кездегі теңдеуді алу үшін (7.1) теңдеуіндегі сәйкес мүшелерді жойып, жылуөткізгішті көлбеу бағытта қоямыз. Қарастырылып отырған температураның өзгеру диапазонында су мен тау жынысының жылу-сыйымдылығы одан онша тәуелді болмайды. Сондықтан біз (7.1) теңдеуіндегі дифференциал белгілерді шығарамыз. Нәтижесінде, түзусызықты қабаттан мұнайды сумен поршеньді ығыстырған кездегі жылу берілістің теңдеуін аламыз:

$$c_{cy}\rho_{cy}\vartheta_{cy} \frac{\partial T}{\partial x} + [c_{ж}\rho_{ж}(1-m) + c_{м}\rho_{м}ms + c_{м}\rho_{м}m(1-s)] \frac{\partial T}{\partial t} - \frac{2q_{ж}}{h} = 0 \quad (7.10)$$

Мұнай білігінің және қабаттағы судың қозғалысын есептеу үшін мұнайға-суға қаныққандықтың үлесу сұлбасын қолдануға болады (7.3-суретті қара).

Ньютон бойынша жылудың жоғалу есебінен, (7.10) теңдеуіне q_T белгісін еңгізу қажет, ол (VII.9) теңдеуі арқылы анықталады.

Ловерье тәсілі бойынша, *II тарауда* берілген, түзусызықты стерженьдегі жылудың таралуы туралы есептеулердің шешімдерін қолдану керек. Егер, мысалы, қабаттың жабынын, $z = 0$ -ға сәйкес қима ретінде алсақ, онда Δx ұзындықты және ені b болатын қабат элементінен, температураның тұрақты өзгеруі $\Delta T = T - T_{каб}$ жылу мөлшері уақыт бірлігіне жұмсалады.

$$q_{ж}b\Delta x = \frac{\lambda_{TK}\Delta T b\Delta x}{\sqrt{\pi k_{TK}t}}$$

Осылайша,

$$q_{ж}b\Delta x = \frac{\lambda_{жк}\Delta T}{\sqrt{\pi H_{TK}t}} \quad (7.11)$$

мұндағы, $\lambda_{жк}$ – қабат жабыны мен табанындағы тау жынысының жылуөткізгіштік коэффициенті; $k_{жк}$ – сол қабаттардың температура өткізгіштік коэффициенті.

(7.11) теңдеуінен көренетіндей, жабын-табанға берілетін жылудың жылдамдығы t уақыт өткен сайын төмендейді, ал $t=0$ болғанда, ол шексіздікке ұмтылады.

Тағы атап кететін жағдай, (7.11) теңдеуі $\Delta T = \text{const}$ болғанда ғана жарамды болады. Температураның айнымалы түрде өзгерген кезінде, Дюамель интегралын қолданған жөн.

Мұнайды сумен поршеньсіз ығыстыру сипатын ескеретін болсақ, онда (7.10) теңдеуі біршама өзгереді – $T/\partial x$ туынды алдында $c_c \rho_c \vartheta_c$ емес, ал $c_c \rho_c \vartheta_c + c_M \rho_M \vartheta_M$ мүшесі тұру керек. Есептеудің гидродинамикалық бөлігі бұл жағдайда, мұнайды сумен изотермиялық ығыстырғандағы да, су мен мұнайға қатысты өткізгішті және $f(s, T)$ функцияның қолдануына негізделген.

$$f(s, T) = \frac{v_c}{v_c + v} = \frac{k(s)}{k(s) + \frac{\mu(T)}{\mu_M(T)} k_M(s)} \quad (7.12)$$

Қабаттағы қозғалатын біртекті сұйықтық тұтастығының теңдеуі мұнайды сумен изотермиялық ығыстырудағыдай болып қалады. Изотермиялық емес шарттарда, мұнайды сумен поршеньді ығыстыру есебін, әдетте, компьютерлерде сандық әдістермен есептейді.

7.2 Қабаттардан мұнайды ыстық сумен және бумен ығыстыру

Қабат түп аймағына жылулық әдіспен әсер ету әдіс тұтқырлығы жоғары мұнайларды және қасиеттері ньютондық емес мұнайларды өндіру үшін тиімді болып табылады. Бірақ кен орындарында жылулық әсер ету әдістері өндірістік игеруде жалғыз әдіс болуы мүмкін.

Температураның артуымен мұнай мен су тұтқырлықтары азаяды. Егер кәдімгі қабаттық жағдайларда мұнайдың тұтқырлығы судың тұтқырлығынан айтарлықтай артық болса, бұл жағдайда судың тұтқырлығы айтарлықтай төмендейді. Мұнай мен судың қозғалыстарының қатынасы жақсы жаққа қарай өзгереді. Бұл экспериментті орнатылған факт – мұнайбергіштікті арттыру мақсатында тұтқырлығы жоғары мұнайлы қабатқа жоғары температурадағы су айдау немесе сулы бу айдауды қолданудың негізгі себебі. Сонымен қатар, қабатқа ыстық су немесе сулы бу айдау кезінде сәйкес жағдайларда мұнайдан көмірсутектердің жеңіл фракциялары бөлініп, жер қойнауынан мұнайдың алынуын арттыра отырып бу және су ағыстарымен қабат бойынша өндіруші ұңғымалар түптеріне қарай жылжиды.

Ыстық су мен буды жоғары қысым парогенераторларында (қазандарда) алады және арнайы конструкциясы бар айдау ұңғымалары арқылы жоғары қысымдар мен температураларда жұмыс істеуге арналған арнайы жабдықпен қабатқа айдайды.

Қабатқа ыстық су және сулы бу айдауды жобалау және жүзеге асыру кезінде судың термодинамикалық күйін білу маңызды: сұйық, бу түріндегі, су мен будың қоспасы немесе критикалық күйдегі қоспасы.

Мұны су үшін қанығу сызығы судың сұйық немесе бу фазаларында болу облыстарын бөліп тұратын pT – диаграммасының көмегімен білуге болады. Сонымен қатар критикалық зона нүктемен сипатталады. Су үшін $p_{кр} = 22,12 \text{ МПа}, T_{кр} = 647,3 \text{ К}$. Егер судың қысымы мен температурасы ол мәндерге сәйкес келетін нүкте бұл диаграммада қанығу сызығында болатындай болса, онда су бір уақытта бу тәрізді және сұйық фазаларда келеді. Судың бірлік массасында судың қандай мөлшері сұйық және бу күйінде болатыны судың бірлік массасындағы жылу мөлшеріне байланысты. Егер будың қысымы мен температурасы қанығу сызығындағы қысым мен температураға сәйкес келсе, бу қаныққан деп аталады. Қанығу сызығының үстінде судың күйі тек сұйық болады, ал оның астында – тек қыздырылған бу түрінде болады.

Судың белгілі бір мөлшері қанығу сызығына сәйкес күйде болсын. Бұл көлемде бу массасы M_B , ал сұйық су массасы M_{II} болсын. Онда

$$M_{II} / (M_{II} + M_B) = \chi \quad (7.13)$$

мұндағы, χ – будың құрғақтығы. Егер судың термодинамикалық күйі қанығу сызығы үстіндегі нүктелерге сәйкес келсе, ол нөлден бастап өзгереді, яғни су 100% дейін қыздырылған бу болатын сұйық болып табылады.

Су үшін pT -диаграммасында қанығу сызығын келесі қарапайым тәуелділікпен жуықтау қабылданған:

$$p_{ВП} = 0,0981 \cdot 10^{-8} (T - 273,2)^4 \quad (7.14)$$

мұндағы, $p_{ВП}$ – қанығу сызығындағы қысым, МПа; T – температура, К.

(7.14) теңдеу бойынша судың критикалық күйін сипаттайтын нүктеге жақын қателігі бар қанығу сызығындағы қысымды алады.

Әрі қарай ыстық су мен буды мұнайлы қабаттарға өнеркәсіптік масштабтарда айдалатын жылу тасымалдағыштар деп атаймыз.

Мұнайды жылу тасымалдағыштармен ығыстыру процесінің маңызды сипаттамасы – қабаттық температура мен оның таралуы. Қабатқа жылу тасымалдағыш айдау кезінде қабаттағы температура ауданын жылу ауыстыру теңдеуі негізінде есептейді. Сонымен қатар ыстық су қабатқа T_{II} бастапқы температурамен айдалады деп санаймыз.

Сонымен түзу сызықты біртекті қабатқа галерея арқылы температурасы T_1 және шығыны q ыстық су айдалады. Сәйкесінше, қабатқа кіре берісте

әрдайым температуралар төмендеуі $\Delta T = \Delta T_I = T_I - T_{III}$ болады. Көлденең бағыттағы қабаттың жылу өткізгіштігін ескермейміз, бірақ өткен параграфта қарастырылған жылудан оқшауланған қабаттан айырмашылығы қабаттың жабыны мен табанына жылудың тігінен кетуін ескереміз. Бұл жағдайда жылу алмасу процесі келесі теңдеумен сипатталады:

$$\alpha = \frac{\partial \Gamma}{\partial x} + b \frac{\partial \Gamma}{\partial t} - \frac{2q_T}{h} = 0 \quad (7.15)$$

$$\alpha = c_B \rho_B v_B; \quad b = c_T \rho_T (1 - m) + c_T \rho_B m (1 - s_{\text{НОСТ}}) + m c_H \rho_H s_{\text{НОСТ}}$$

Ауыспалы температура жағдайында Дюамель интегралын пайдаланамыз. Нәтижесінде алатынымыз:

$$q_T = \lambda_{TK} \int_0^t \frac{\Delta T'(\tau) dt}{\sqrt{s_{TK} \pi (t - \tau)}} \quad (7.16)$$

Қабаттағы температуралық алаңды есептеудің бұл есебі Ловерье есебі деп аталады. Оны Лаплас заңын қолданып шешеді, оған сәйкес $\theta(x, s)$ функциясы келесідей енгізіледі:

$$\theta(x, s) = \int_0^{\infty} \Delta T(x, t) e^{-st} dt \quad (7.17)$$

(5)-ті (3) пен (4)-ке қойғаннан кейін келесі дифференциалдық теңдеуді аламыз:

$$\alpha \frac{d\theta}{dx} + (bs - c_0 \sqrt{s}) \theta = 0 \quad c_0 = \frac{2\lambda_{TK}}{h\sqrt{s_{TK}}} \quad (7.18)$$

(6) теңдеуді шекті және бастапқы шарттарды, егер $x=0$ болса, $\Delta T = \Delta T_I$, $t=0$, кезінде $\Delta T=0$ ескеріп шешкенде:

$$\theta(x, s) = \Delta T_I \frac{e^{-\frac{b}{a} \left(s - \frac{c_0 \sqrt{s}}{b} \right) x}}{s} \quad (7.19)$$

$\theta(x, s)$ функциялары – $\Delta T(x, t)$ оригинал функциясының Лаплас бойынша суреті.

$$\Delta T = \Delta T_1 \operatorname{erfc}(z);$$

$$z = \frac{\lambda_{TK} x}{ah \sqrt{\lambda_{TK} \left(t - \frac{b}{a} x \right)}}; \quad (7.20)$$

$$\operatorname{erfc}(z) = 1 - \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^z e^{-z^2} dz, \quad t \geq \frac{bx}{a}.$$

(7.20)-ден көріп тұрғанымыздай, $x=0$ $\operatorname{erfc}(0)=1$ және $\Delta T = \Delta T_1$, $x = x_{OT} = (at/b) \operatorname{erfc}(\infty) = 0$ және $\Delta T = 0$.

Қабаттан мұнайды ыстық сумен ығыстыру үдерісінің есебін ықшамдауға жылулық фронтының мұнайды сумен ығыстыру үдерісінің фронтынан қатты артта қалу жағдайы әсер етеді. Сондықтан қабаттың бір бөлігін ($0 \leq x \leq x_{OT}$) алып жататын қыздырылған облыс мұнайы ығыстыру барысында қабаттық температураға қарағанда тезірек өзгереді деп санауға болады. Осыны ескеріп қыздырылған облыстың әрбір қимасында қалдықты мұнайға қанықтылық берілген температураға және берілген температуралар төмендеуіне ΔT сәйкес келетін шекті қалдықты мұнайға қанықтылыққа S_{HOCT} тең деп болжауға болады. Бұл болжам тәуелділік туралы тәртіпке пара-пар.

$$S_{HOCT} = \varphi(\Delta T) \quad (7.21)$$

Мұндай тәуелділік бар деп есептеуге болады, себебі бірнеше рет ыстық сумен шаю кезінде соңғы мұнайбергiштік коэффициенті оның температурасына тәуелді екені дәлелденген. Ыстық сумен ығыстырылатын мұнайдың температурасын арттыра отырып, қабаттан мұнайдың алынуын арттыруға болады. (7.20)-ға (7.21) теңдеумен анықталатын ΔT шамасын қойып, қыздырылған облыстағы ($0 \leq x \leq x_{OT}$) қалдықты мұнайға қанықтылықтың таралуын аламыз.

Егер қабат температурасы қабат жағдайларда парафиннің кристалдана бастағандағы температурасына тең немесе жақын болса, онда мұнайды салқын сумен ығыстыру қабаттың салқындауына, парафин түсуіне және кеуектің тығындалуына әкеледі, бұл қабаттың біртексіздігі кезінде ұлғая түседі. Айдалатын салқын су өткізгіш қабат бойымен тез қозғалып, оның әсерінен өткізгіштігі төмен жоғары немесе төмен жатқан қабатшалардың салқындауына себеп болады. Салқындау мұнайдың қоюлануына одан да тиімсіз – еріген парафиндердің қатты фазаға түсуіне және қабатшалардағы мұнай қорының консервациясына әкеледі. Айтылған мұнай қасиеттерінің

ерекшеліктері және қабаттың, қатты қабаттың біртексіздігі мұндай қабатқа жылу тасымалдаушы айдау кезінде айтарлықтай эффектіні алуға әкелуі мүмкін. Бұл жағдайларда ыстық су (немесе бу) өткізгіштігі жақсы қабатқа өтіп, қабаттың жоғары не төмен жатқан қабатшаларын қыздырады, бұл мұнай тұтқырлығын төмендетеді және қордың толық алынуына ықпал жасайды.

Қабатқа жылулық әсер етудің әдістері қабаттың мұнай бергіштігін жоғарылату әдісі ретінде және тұтқырлығы жоғары мұнайды және таушайырларды өндірудің негізгі тәсілі ретінде тиімді. Жылулық әдістер:

1. Қабатқа ыстық жылу тасымалдаушы (су немесе бу) айдау;
2. Қабат ішінде жылжымалы жағу ошағын жасау;
3. Қабаттың түп аймағын айналымдық жылулық өңдеу сияқты негізгі түрлерге бөлінеді.

Егер техникалық үрдістің алғашқы екеуі қабатқа әсер ету әдістеріне жатқызылса, онда соңғысы қабаттың түп аймағына әсер етуге қатысты. Техникалық жылу тасымалдаушы арасындағы ең күштісі – су және бу. Бұл олардың жоғары энтальпиясымен (бірлік массасына келетін жылу құралы) түсіндіріледі. Негізінен будың жылу құрамы суға қарағанда жоғары, бірақ қысым өсе келе, олар бір-біріне жақындайды.

Айдау қысымы жоғарылауымен будың суға қарағанда артықшылығы, егер оларды қабатқа енгізілетін жылу мөлшері позициясынан бағалайтын болсақ, азаяды. Бұл, сонымен қатар, төмен қысымдар қажет болғанда тиімділік буды терең емес ұңғыларға айдау кезінде болатынын көрсетеді. Будың бірлік көлемінің жылу құрамы суға қарағанда, әсіресе, қысымдарда төмен екенін есте сақтаған жөн. Бірақ айдау ұңғыларының қабылдағыштығы бу айдау кезінде су айдауға қарағанда, будың тұтқырлығының әсерінен жоғары болады.

Ыстық судың құбырлар және қабат бойымен қозғалу кезінде оның салқындауы жүреді. Будың қозғалысы кезінде температураның мұндай төмендеуі бу түзілімінің жасырын жылуы және оның құрғақтылығының өзгерісі арқасында байқалмайды. Жылулық әсер ету үрдістері құбырларда, ұңғыларда және қабатта жабынды және табанды қыздыруға кеткен жылудың шығынымен байланысты. Пайдаланылатын бу генераторларының ПӘК-і шамамен, 80%. Беттік бу өткізгіштердегі жылу шығындар, шамамен, 0,35-тен 3,5 млн кДж/тәу. әрбір 100 м-де дейін бағаланады. Бұл салыстырмалы аз үлес, өйткені қазіргі кездегі бу генераторларының өндірісі 250-650 млн. кДж/тәу.

Қабатта жылу беру конвективті (ыстық су немесе бу ағынымен және диффузиялық) кеуекті ортаның жылу өткізгіштік есебімен, тәсілімен жүргізіледі. Нәтижесінде қабатта жылу тасымалдаушы фильтрациясы бағытында орнын өзгертетін температуралық фронт түзіледі. Бірақ жылу ауысу, яғни жылулық фронтының қозғалысы және масса ауысу, яғни қабатта

жылутасығыштың қозғалысы жылутасығыштар фильтрациясы жүретін қабатты ғана емес, қоршаған жыныстарды қыздыруға кеткен жылудың шығыны әсерінен болатын әртүрлі жылдық жылдамдықтарымен жүреді.

Ыстық су айдау кезінде қабатта екі: температурасы төмендеген аймақ және бастапқы қабаттық температурасы бар жылулық әсермен қамтылмаған аймақ түзеледі.

Мұнайды өте ыстық бумен қысып шығару. Су буында жылу сыйымдылығы көп болғандықтан, жылулығы ыстық судың жылулығынан әлденеше артығырақ болады. Егер температурасы $148,9^{\circ}\text{C}$ суда 628 кДж/кг жылу болса, онда қаныққан, температурасы сондай буда 2742 кДж/кг, демек 4 есе артық жылу болады. Осыдан, салмақтары бірдей бу мен суды қарастырғанда, бу қабатқа судан 4 есе көп жылу береді деуге болмайды. Егер мұнай қабатының температурасы 65°C болса, онда температурасы $148,9^{\circ}\text{C}$ көтерілген 1 кг су қабатқа 356 кДж, ал дәл сондай жағдайлардағы бу 2470 кДж жылуды береді, демек бұл 7 есеге жақын көп. Сондықтан бу арқылы айдалатын агенттің 1 кг салмағына есептегенде, едәуір сан жылу енгізуге болады. Бұдан басқа жағдайлары тепе-теңдікте болғанда 1 кг бу көлемді $25-40$ есе көп алады және ыстық сумен салыстырғанда мұнайды ең көп көлемде айдауы мүмкін. Мұнай қабатына бу айдаларда, қаныққан суланған буды пайдаланады. Бұл кезде, негізінде, қабатқа бу мен ыстық конденсат араласқан қоспа айдалады. Қабатқа айдалған будың кебулік дәрежелігі $0,3-0,8$ араларымен шектеледі. Будың кебулік дәрежелігі, демек, қысымдары мен температуралары бірдей болғандағы бу мен су массаларының қатынастығы жоғары болған сайын будың жылу сыйымдылығы ыстық сумен салыстырғанда жоғарылай түседі. Мысалы, қысым 10 МПа және температура 309°C болғанда, дымқыл, кебулік дәрежелігі $0,6$ будың жылу сыйымдылығы, шамамен, ыстық судан $1,6$ есе көп болады.

Қабаттағы жылудың таралу үрдісі және қабатқа су буын айдаумен мұнайды айдау ыстық сумен айдаудан күрделі болады. Буды қабатқа мұнайлы ауданды қоршаған нұсқа ішінде орналасқан бу айдағыш ұңғымалармен айдайды, мұнайды өндіруші ұңғымалар арқылы шығарады.

Қабаттан ысыған буды айдаумен мұнайды шығару механизмі қабаттағы мұнай мен судың температурамен байланысты қасиеттерінің өзгерулеріне негізделген. Температура көтерілген сайын мұнайдың тұтқырлығы, тығыздығы және фаза аралық қатынасы төмендейді, ал булардың серпімділігі өсіп, қабаттың мұнай беруіне қолайлы жағдай жасайды. Мұнай беруді өсіруге көмірсутектілердің парциалды қысым төмендеуі арқылы, буға айналу үрдістері әсер етеді. Парциалдық қысымның төмендеуі буға айналу аймағында су буы болуымен байланысты. Қалдық мұнайдың жеңіл сынарлары буға айналып, булы аймағының алдыңғы шекаралығына жылжып ауысып алады. Бұл жерде бұлар қайтадан сұйықтыққа айналып осыдан кейін мұнай толқын-валында ериді де, еріткіш жиектеуін тудырады. Еріткіш жиектеуі мұнайдың қосымша өсуін қамтамасыз етеді. Температура 375°C

болғанда атмосфералық қысымда сұйықтану 10%-ға жетіп, тығыздығы 934 кг/м³ болып мұнай айдалады.

Бу және жылулықтар әсер еткенде мұнай қабатында қасиеттері әртүрлі үш аймақтар пайда болады. Бұл аймақтар: 1) мұнайды газбен айдау аймағы; 2) ыстық конденсат аймағы (осында температура тұрақсыз жағдайда мұнайды сумен айдау механизмі іске асырылады); 3) жылулықпен қамтылмай қалған мұнайды температурасы қабаттағыдай, сумен айдайтын аймақ (7.4-сурет). Келтірілген аймақтар бір-бірінен температурасы, қаныққан сұйықтардың таралуы арқылы және мұнайды айдау механизмі арқылы ажыратылады. Осы аймақтардың әрбіреуінде болып жатқан үрдістер бір-біріне әсерін тигізеді, олар бір-біріне тәуелді келеді.



7.4-сурет. Қабатқа сулы буды айдағанда температуралар таралымының сұлбасы. Аймақтар: 1 – ысытылған бу; 2 – қаныққан бу; 3 – ыстық конденсат; 4 – суыған конденсат

Алдымен қабаттың жылуы қыздыру жылулығы арқылы басталады. Бұл кезде айдалған, ысытылған будың температурасы айдама ұңғымаға жақын жерде (1-аймақта) қаныққан будың температурасына дейін төмендейді (демек, қабат қысымындағы судың қабаттағы қайнау нүктесіне дейін).

Қабатты қыздырумен (2-аймақта) буға айналдыру үрдісінде жұмсалған жылу (жасырын жылу) шығындалады да, осыдан кейін бу шықталып сұйықтыққа айналады. Бұл аймақта, булық-сулық араласы және қабат температурасы шамамен тұрақты және барлық буға шығарылған жасырын жылу пайдаланып біткенше, қаныққан будың (қысымға тәуелді) температурасына тең болып тұрады. Мұнда ыстық су айдалғаннан кейінгі қалдық мұнайдың жеңіл серіктерінің (фракцияларының) буға айналуы (дистилляциялануы) мұнай беруді жүзеге асырудың негізгі себебі (факторы) болады. Тәжірибеде дағдыланған айдау көлемдеріне байланысты мұнайбергiштігі көп емес.

3-аймақта қабат конденсат ыстық суының жылуы арқылы жылығанда, температурасы қабаттың бастапқы температурасына дейін төмендейді. Қабат температурасында мұнай суыған конденсатпен айдалады. Жылу бөлігі ыстық суды айдаған кезіндегідей қабаттың төбесі мен табанынан өтіп кету

арқылы шығын болады. Бұдан басқа, температураның таралуына, жылу тасымалдағыштың айдау ұңғымасынан қашықтаған сайын, қабат қысымының өзгеруіне әсер етеді. Температураның таралуына сәйкес мұнай суыған судың, ыстық конденсаттың, қаныққан және ысытылған будың әсерінде болады. Және ысытылған мұнай буының әсерінен булану үдерістері мен көмірсутегілері бөлігінің бу кезіндегі сүзілуі (фльтрациясы) мұнай берудің өсуіне әсерлерін тигізеді. Суық аймақта көмірсутегілердің булары сұйықтыққа айналады, сөйтіп, мұнайды жеңіл сыңарлармен байытып, өзінің ерітінділерін айдайды.

Айдау мен температураның қабатта таралуын өзгешелік механизмдерін айдау бағытына керісінше, қарастыруда ыңғайлы.

Қабаттағы температурасымен 4-аймақта сусыз мұнай сүзіледі.

Қабаттың температурасы 3-аймақта алғашқыға тең. Қабат температурасы тұрақталғанда мұнай сумен айдалады. Айдау бағытындағы судың қаныққандығы бірте-бірте байланыстағы судың қанығуына дейін төмендейді.

2-аймақ – бұл ыстық су аймағы. Бұл аймақта температура будың ең алғашқы қабаттағысына дейін төмендейді. Мұнда ыстық су және ысытылған көмірсутегілердің жеңіл фракциялармен байытылған мұнай сүзіледі. Соңғылар су аймағында, қалдық мұнайдан шығып, бұдан әрі сұйықтыққа айналу аймағынан айдалады. Мұнда жылыған мұнай ыстық сумен айдалады. Бұл аймақта мұнай беру коэффициентінің арттыруына мұнай тұтқырлығының төмендеуі, оның жылжымалы болуы, кеуектеліктер эффектері күшеюлері жеткізеді.

2-аймағының 1-аймаққа жанамалы бөлігінде температура шамамен бу түзілу температурасынан төменірек. Ауданы шағын бұл аймақта су буы және газ көмірсутектілер фракциялары суығандығысынан ыстық суға орын береді және ыстық сумен өндіруші ұңғымаларға қарай айдалады.

1-аймақ – бұл айдау ұңғыма жанында пайда болатын дымкыл будың аймағы. Мұнда температура шамамен тұрақты және мәні қабат қысымына тәуелді, судың түзілу температурасына тең. Бұл аймақта қалдық мұнайдың жеңіл фракциялары буға айналады.

Сонымен, буды айдағанда қабаттың мұнайбергiштігінің артуына мұнай тұтқырлығының төмендеуі жеткізеді. Тұтқырлықтың төмендеуі қабатқа айдағанда мұнайдың керіліп-ісуіне; оны бумен ығыстырып айдауына және ерітіндімен бөліп алуына байланысты жақсырақ қамтып айдау коэффициентін көтеруге әсерін тигізеді.

Мұнай тұтқырлығы, дағдыдағыдай, температура көтерілгенде, шамамен, 20-80°C аралығында күрт төмендейді. Мұнайдың дебиті тұтқырлығына кері пропорционалды болуынан ұңғымалардың өнімділігін 10-30 есе және бұдан да жоғары көтеруге болады.

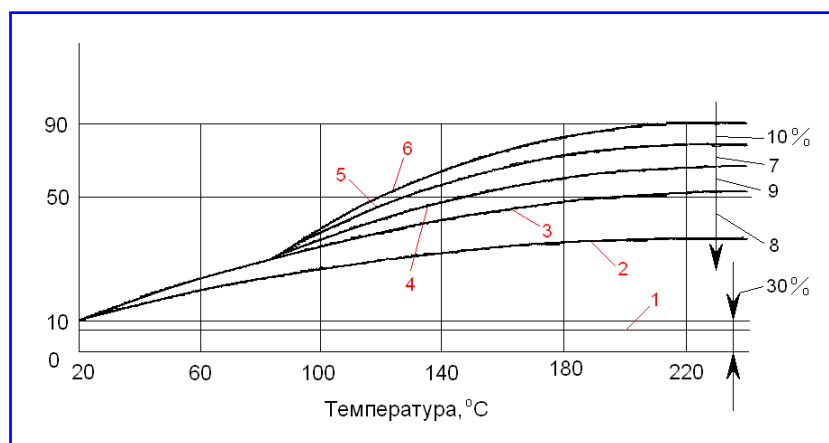
Өте тұтқырлы және меншікті салмақтары жоғары мұнайлар тұтқырлықтарын жедел қарқынмен төмендетеді, қалдық мұнайдың қаңыққандығы

ерекше температурасы 150°С-қа дейін шұғыл кемиді. Температура көтерілген сайын мұнайдың тұтқырлығы судың тұтқырлығынан тезірек төмендейді, бұл да мұнайбергіштікті арттыруға дұрыс ықпалын тигізеді.

Буды айдау үрдісінде құрамына байланысты мұнай керіледі, осыдан қабаттағы сұйықтықтарды айдайтын қосымша энергия пайда болады.

Р.Х. Муслимов мұнайды бумен айдағанда әртүрлі факторлардың мұнайбергіштігіне әсерін тигізетін мыналар деп санайды (7.5-сурет):

- мұнай тұтқырлығының төмендеуі – 30 %-ға дейін;
- жылудан керілудің тиімділігінен – 8%-ға дейін;
- дистилляциялаудың тиімділігінен – 9%-ға дейін;
- газбен айдау режимінің тиімділігінен – 7%-ға дейін;
- жылжымалығын көтерудің тиімділігінен – 10%-ға дейін.



7.5-сурет. Бу мен жылу әсер етудегі мұнайбергіштігінің әртүрлі факторларға тәуелділігі (Р.Х. Муслимов бойынша): 1 – қабаттағы табиғи температурасында таусылу режимі; 2 – тұтқырлықтың төмендеуі; 3 – термиялық керілу; 4 – дистилляциялау; 5 – газ айдау режимі; 6 – жылжымалықтың өзгеруі

Мұнайды бумен айдау үрдісі ең алғашында қабатқа буды үздіксіз айдауды талап етеді. Бу қабатпен жылжыған сайын жынысты және ондағы мұнайды жылытып, оны өндіруші ұңғымаларға қарай айдайды. Бұл үрдісте жылу энергиясының негізгі бөлігі қабаттың тау жыныстарын жылытуға кетеді. Сондықтан жылу тасымалдағыш жылуды жоғалтпай-ақ, ұңғыманың оқпанымен және қабаттың төбесімен табанына қарай жайылып жылжығанда, температураның жайылу шебі мұнайды айдау шебінен қалып отырады.

Үрдістің тиімділігін арттыру мақсаты және қабатқа сіңірген жылуды үнемді пайдалану үшін қабат кеуектігінің 0,6-0,8 көлемін алатын жылу жиектеуін туғызғаннан кейін, бұл жиектеуді жылжытып, өндіруші ұңғымаларына қарай, бұрынғы айдау ұңғымаларына суық суды айдаумен жақындатады. Бұл технология жылумен жиектеу тәсілі деп аталады.

Қабатқа буды айдағанда, жылудың тигізетін әсерінің нәтижелігімен бағалау, әдетте, қосымша мұнай шығаруға жұмсалатын будың меншікті шығынымен көрсетіледі.

Бір тонна мұнайды жаққанда бу шығарғыштардан 13-15 т бу алуға болады, сондықтан тиімді технологияда қосымша мұнай шығарғанда, оған шығатын будың меншікті көрсеткішінің мәні 13-15 тоннадан асуы мүмкін емес. Егер жалпы шығындардың 30-35%-ын құратын дайындалу мен буда айдауға жұмсалған шығындарды ескерсе, онда эффективті үрдісті қолданғанда, қосымша 1 т мұнайды шығаруға жұмсалған бу шығыны 3-6 тоннадан аспауы тиіс.

Бу мен жылылық әсерлерін таңдағанда мұнаймен қаңыққан қабат қалыңдығы 6 м-ден кем болмауы тиісті екенін ескеру қажет. Қалыңдық бұдан төмен жұқарғанда мұнайды бумен айдау нәтижелі болмайды, өйткені қабаттың төбесі мен табаны арқылы жылу жоғалуы көбейеді. Қабатының жатқан тереңдігі 1200 м-ден терең болмауы керек. Бұл ұңғыма оқпанының әр 100 метрінде жылудың шамамен, 3%-ы жоғалуымен және құбыр тізбектерінің техникалық деңгейде мықтылығын қамтамасыз етудің қиындығына байланысты.

Қабаттың өткізгіштігі 0,1 мкм²-ден төмен болмауы, а-қабаттың төбе мен табанында жылу жоғалуын төмендету үшін мұндай айдау қарқыны жеткілікті жоғары болуы тиіс. Ұңғыма оқпанында және қабатта жалпы жоғалатын жылу ұңғыма сағасынан өткен жылудың 50%-ынан аспауы тиіс. Кері жағдайда БЖА үрдісі нәтижелі болмайды.

Қабатты және сондағы флюидтерді жылытуға арналған буды қабатқа айдайтын: циклдік; блок (шығыр)-циклдік; импульсті дозаландырған; аудандық немесе тізбектік сияқты әртүрлі технологиялық үлгілер бар.

7.3 Бу генераторлы қондырғылардың сипаттамасы

УПГ-50/50 бу генераторлық қондырғы мұнай кен орындарын термикалық әдістермен игеру кезінде судың буын өңдеуге арналған. Оның номиналды өнімділігі – 50 т/сағ., қысымы – 5,88 МПа, будың құрғақтық дәрежесі – 80% құрайды. Қондырғы сұйық отынмен қатар, газ түріндегі отынмен де қызмет көрсетуге қабілетті. Қондырғының құрамына суды беткейлік көздермен қатар, артезиялық көздерді, электрлік сорғыларды, қосымша жабдықтары, құбырлары, сақтандырғыш және реттегіш арматуралары бар бу генераторларын қолдануды қамтамасыз ететін химиялық су даярлау және тертермикалық деаэрация жабдықтары, отын жүйелерінің жабдықтары, автоматика және КИП жүйесі, жылу және вентеляция, электрлік жабдықтау және жарық беру жүйесі жатады.

УПГ-50/50 бу генераторлық қондырғысы жұмысының нақты технологиялық сипаттамасы *7.1-кестеде* берілген.

7.1-кесте

Бу генераторлық қондырғысының технологиялық сипаттамасы

№	Сипаттамалар	Көрсеткіштер
1.	Бу генераторының номиналды өнімділігі, т/сағ.	71
2.	Будың ұңғымаларға жіберілуі, МПа	50
3.	Будың номиналды қысымы, МПа	5,88
4.	Будың шығардағы температурасы, °С	274
5.	Құрғақтық дәрежесі, %	80
6.	Азық суының температурасы, °С	145
7.	Жұмсалатын газдың температурасы, °С	343
8.	Отынның шығыны, кг. Шартты отынның/сағ.	5351,4
9.	«Брутто» бу генераторының КПД, %, мұнай/газ	83,9/85,9
10.	Бекітілген электрлік қуаттылық, кВт	1294,5
11.	Жұмыс электрлік қуаттылық, кВт	694,5
12.	Қондырғының салмағы, т	300

Суды даярлау келесідегідей тәртіппен жүзеге асырылады. Бастапқы су тұнбалық резервуарға түседі, онда механикалық қоспалардағы ірі көлшіктер отырады, сөйтіп, судың 60 т/сағ. көлемі қатарлас орнатылған бу және сумен жылытқыштар арқылы тасымалдауды қамтамасыз ететін сорғыларға жіберіледі, бұл сорғыларда су сәйкесінше +20°С-тан +40 °С-қа дейін қыздырылады. Су жылығаннан кейін 3 екі камерлі механикалық сүзбелерден тұратын блок арқылы, жарық беру сүзбелері және Ку-2-8 катиондарымен толықтырылған бірінші және екінші баспалдақты па-катиондық сүзбелер арқылы өтіп, судың жұмсақтығы үшін магний мен кальций сіңірілетін су даярлау блогына келіп түседі.

Ағартылған және терең жұмсартылған (қалдық кермектік 10 мкг-экв/кг-нан аспайды) су тазартылған су резервуарында жиналады.

Химиялық тазартылған су Ск-1-2 сульфокөмір ауыртпалығы бар бөгеліс сүзгілері арқылы сорғымен тартылып, темір байланыстарынан ажыратылады. Одан әрі су O_2 және CO_2 агрессиялық газдарынан арылу үшін плюс 49,5 °С температурасы кезіндегі азық суының суытқышы арқылы ДП-80-нен аса жоғары қысымды деаэраторға түседі. Деаэратордың қысымы 0,58 МПа, ал температурасы плюс 120°С болуы тиіс. Деаэратордан кейін су плюс 120°С температуралы су суытқышында суытылып, ПЭ-90/110 нәрлі электрлік сорғымен су генераторына қысымдалады. ПГУ-да шығар алдындағы 4 МПа-ға дейінгі қысым кезінде будың нақты температурасы плюс 255°С құрайды, ал бұл көрсеткіш технологиялық көрсеткіштен анағұрлым өзгеше.

Стразерс – 60/60. Стразерс бу генераторлы құрылғы (АҚШ) қысымы 16,2 МПа 60т/сағ көлемінде ылғал бу өндіреді. Ол 600 м-ге дейін жатқан өнімді қабатқа бумен әсер етуге арналған. Құрылғы мұнаймен және газ тәрізді отында жұмыс істейді.

Құрылғының көлемін және ықшамдылығын ыңғайлату үшін ол қосылған жүйе ретінде жасалған. Барлық жабдықтар қондырғының екі

жағында орналасқан және өзара толық өндіргіштікті қамтамасыз етеді. Қондырғы монтаж орнында қосылған бірнеше тасымалданбалы блоктан тұрады.

Бу генераторлы құрылғы тік конструкция ретінде беріліп, ілеспелі тогымен ерекшеленеді. Ол барлық құбырларда судың бірқалыпты өтуін және ағынның бұрыс бөлінуіне жол бермейді. Оның артықшылығы – мұндай конструкция жүктемелер әсерінен бұзылмай құбырдың жанып кету мүмкіншілігін туғызбайды.

Бу генератор: радиациялық бөлігі, шокты құбыр бөлігі және конвективті бөлігі (пеш), ортақ шокты конвективті бөлігі сияқты 3 бөлімнен тұрады.

Радиантты бөлігінің жылыну беті диаметрі 104 мм цилиндр тәріздес құбырлар. Радиантты бөлікте қайнаған орта ілгермелі-қайтпалы қозғалыстар цилиндр бойымен жасайды.

Төменде қондырғының кейбір сипаттамалары берілген.

Бу генераторының номиналды өндіруі, т/сағ	76,5
Будың ұңғыға жіберілуі, т/сағ.	59,5
Будың номиналды қысымы, МПа	6,08
Құрғақтылық коэффициенті, %	80
Қоректендіруші су температурасы, °С	104,4
Өтпелі газдардың температурасы, °С	204
Бу генераторының, % мұнай/су	89
Отын шығымы, кг.т/сағ.	5964,2
Орнатылған электр қуаты, кВт	1077
Қондырғы массасы	257

Сыртқы ауа температурасы 4⁰С-тан төмен болған жағдайда, ол арнайы автоматтандырылған жылытқыштарда жылытылып, жану камерасына беріледі.

7.4 Ұңғыманың түп жанындағы аймақты бу жылумен игеру

Мұнайдың ағылу мөлшері және оны алу қарқыны (темпі) үлкен дәрежеде ұңғыманың түп жанындағы аймақтың жағдайына тәуелді болады. Қабаттың түп жанындағы аймақта тиімді өнімділігінің ерекше маңызы орын алады. Түп жанындағы аймақтың аудан бірлігіне ұңғымаға сұйықтықтың радиалды ағысы себептерімен, бетті белсенді компоненттердің ең көп мөлшері келеді. Түп жанындағы аймақтың өтімділігінің төмендеуі мұнайда парафин және асфальтен – шайырлы заттектердің болуымен, сонымен бірге олардың жыныс беттерінде және ұңғымалар қабырғаларында шөгуімен ескеріледі. Сорапты-компрессорлы құбырлардың кедір-бұдыр қабырғаларында сияқты құм бөлшектерінің немесе қабаттың басқа жыныстарының беттерінде кристаллизациялау орталықтары болуы мүмкін.

Мұнайдың бетті белсенді заттектерін адсорбциялау нәтижесінде беттің молекулярлы табиғаты өзгеруі және бас кезінде гидрофилді жыныстың гидрофобизациялануы мүмкін. Ф.А.Требиннің сынақтары келесіні көрсетті: температураның жоғарылауымен сүзілудің басталу көрінісі төмендейді және ол көпшілік мұнай түрлері үшін 60-65°C шамасында толық жойылып кететіндей болады. Температураның жоғарылауы, сонымен бірге парафин және асфальттен – шайырлы заттектерден мұнайдан бөлініп шығуына кедергі болады. Келтірілген факторлар түп жанындағы аймақтарға жылу мен әсер ету әдісі ұңғымалардың өнімділігін арттырудың маңызды әдістерінің бірі екенін көрсетеді. Түп жанындағы аймаққа бу жылумен әсер ету ұңғымалардың өнімділігін арттыруды қабаттың шектелген ауданын жылыту мақсатымен белгіленеді. Сол кезде сүзілу сипаттамалары жақсарады, мұнайдың тұтқырлығы төмендейді, кен жыныстардың дымқылданғыштығы өзгереді, мұнайдың ширақтылығы жоғарылайды, ерітілген газ режимі белсенді болады.

Түп жанындағы аймаққа жылумен әсер ету электр жылыту немесе буды айдау жолымен іске асырылуы мүмкін. Қабатқа буды айдау оны өндіруші ұңғымаларға циклді айдау режимінде, оларды біршама мерзімде ұстап және сол ұңғымалардан өнімді сонан алу орын алады. Осы технологияны қолданғанда ұңғымалардың мұнайландырылған қабатты, түп жанындағы аймақтарды жылытуға қол жеткізіледі. Тұтқырлықтың төмендеуімен қатар қабат қысымы жоғарылайды, шайырлы заттектерден түп жанындағы аймақ тазаланады, оның өтімділігі қайта толықтырылады. Соның нәтижесінде ұңғымаларға мұнайдың ағылып келуі жоғарылайды, ұңғыманың оқпанымен өнімді жер бетіне көтеру жеңілденеді, қабатты қысыммен қамту жоғарлай түседі.

Қабатқа буды айдау кезінде ол көбінесе, ең өтімді қабаттарға және қабаттың ірі кеуектеріне жеткізіледі. Қабаттың жылытылған аймағында ұстау мерзімінде қарсы ағымды капиллярды сіңіру есебіне сұйықтықтардың белсенді қайта бөлінуі орын алады: ыстық су және бу өтімділігі аз қабатшаларға өтеді; олардан жылытылған мұнайды өтімдірек қабаттарға қысып шығарады.

Қабатқа буциклді әсер ету технологиясы бірінен соң бірі орындалатын үш операцияларда (кезеңдерде) қорытындыланады.

Бірінші кезең. Екі-үш апта мерзімінде өндіруші ұңғымаға қабаттың тиімді мұнайландырылған қалдықтың бір метріне 30-100 т көлемінде бу айдалады. Сонда қабаттың қаңқасы, оның ішіндегі бар болған мұнай жылытылады, барлық компоненттердің температуралық кеңеюі және түп жанындағы аймақта қысымның жоғарылауы орын алады. Қабат жағдайларында неғұрлым мұнай тұтқырлығы жоғары және қабат қысымы төмен болса, соншалықты айдалған будың көлемі көп болуы қажет.

Екінші кезең. Буды айдағаннан кейін ұңғыманы «буды сіңіруге» жабады және будың суға айналуы қанығудың қайта бөлінуі үшін қабатта ұсталынады.

Бұл мерзімде бумен қабат жыныстарының және оны қанықтырушы флюидтер арасында температура теңестіріледі. Жылытудан соң тұтқырлығы азайған және сол себептермен ширақтылығы жоғарылаған, түп жанындағы аймақтардан алыстатылған мұнай қысымның төмендеу жағдайларында конденсациялау орындарына ұмтылады. Будың конденсациялау мерзімінде капиллярлы қанығу да өтеді, мұнай өтімділігі төмен аймақтарда сумен алмастырылады.

Үшінші кезең. Ұңғыма біршама ұстағаннан соң шекті рентабельді шығыны болғанша өнімді алу режиміне пайдалануға жіберіледі. Пайдалану үрдісінде қабаттың жылытылған аймағы біртіндеп салқындаумен ұңғыманың шығыны азаяды. Бұл үрдіс ыстық конденсат көлемінің азаюымен өтетіндіктен, бұрын бумен алынған аймақта қысымның төмендеуіне апарады. Сонда пайда болған депрессия сол аймаққа мұнайдың ағылуына себептесетін қосымша фактор болып келеді. Бұл операциялар (кезеңдер) бір циклді құрайды. Әрбір циклдің фазалары, сонымен бірге айдалған будың көлемдері тұрақты мөлшерде болмайды (қабаттың тиімді 1 м қалыңдығына) және ең үлкен тиімділікке жету үшін циклден циклге өзгеруі мүмкін. Кен жыныстар ұңғыманы бу жылуымен өңдеуде жылу алмастырғыш ретінде істейді және буды айдау үрдісінде жиналған жылуды мұнайдың қабаттан ұңғымаға сүзілуін тиімді пайдалануға жағдай жасайды. Сонымен бірге жылытуды өткізуде парафиндерден және асфальтен-шайырлы шөгінділерден түп жанындағы аймақтарды тазарту өтеді. Буды циклді айдауына орай қабаттың әрекеті коллекторға тәуелді болады. Мұнайды қалың күрт құлама қабаттарда қысып шығарудың басты механизмі гравитациялық сорғыту болып табылады, сорғыту 10 цикл және одан да артық өткізілуі мүмкін. Жазық қабаттарда өндіру ерітілген газ режимінде жүзеге асырылады, бумен өңдеу цикл санын 3-5-ке дейін шектеп, қабат қуаты тез таусылып қалады. Тәжірибеде әдетте, буды айдау мерзімі бір аптаға тең болады, үш аптадан астам – сирек, ал ұстау уақыты 1-4 тәулік, кейбір кездерде артығырақ, қабаттың сипаттамаларына тәуелді болады. Содан кейін жоғары дебитпен өндіру 4 айдан 6-ға дейін болуы мүмкін, сосын жұмыс циклі қайталанады.

Бу циклді әсер етудің тиімділігінің маңызды экономикалық көрсеткіші – бу мұнай факторы болып табылады, оның мөлшері 2 т/г-нан аспауы тиіс.

7.5 Қабат ішіндегі жану

Қабат ішілік жану – бұл мұнай кен орындарын игеру кезіндегі қабаттардың мұнайбергіштігін арттыру әдісі.

Жану әдетте түптік аймақта қажетті температуралық деңгейді қамтамасыз ететін арнайы жабдықтың көмегімен іске асырылады; әрі қарай үдеріс бір немесе бірнеше ұңғымаларға тұрақты ауа жіберу кезінде

автономды режимде жүреді. Жану фронтының температурасы сулы будың қанығу температурасынан артық болады және 400-600°C аралығында жүреді.

Қабатішілік жану XX ғасырдың 50 жылдарынан бастап негізінен ауыр мұнайлы кен орындарында қолданылады. Көбінесе мұнай бір ұңғымадан келесі ұңғыманың түптік аймағына ысырылады, алайда көптеген жағдайларда бұл сәтті ұңғыманың түп аймағына жылулық әсер ету әдісі ретінде қолданады.

Жану негізі – бұл органикалық заттың тотықтырғышпен экзотермикалық тотықпа-қалыптасу реакциясы. Реакцияның басталуына, біріншіден, энергетикалық импульс қажет. Бұл көбінесе, мұнайды жылыту болып табылады. Сондықтан мұнай қабатының ішінде жану үрдісі, түптік қыздырғыш құралғысы (электрлік немесе жанарғы шілтер) арқылы біраз мұнай көлемін жағудан басталады. Тұрақты жану от ошағы пайда болғаннан кейін қабатқа айдау ұңғымамен тотықтырғышты немесе су мен тотықтырғыш қосындыларын айдайды. Оттегі жанармаймен бірігіп, СО-ні, суды туындатады және жылуды бөліп шығарады. Алдын ала қыздырылған жыныс, одан әрі қарай жылжып өтіп жатқан тотықтырғышты мұнай мен коксты тұтану температурасынан жоғары қыздырады. Тотықтырғышты айдағанда қыздырылған мұнай заттары бөлігінің жануынан температурасы жоғары деңгейде ұсталатын маңай (аймақ, жану ошағы) жылжып қабатқа тереңдей береді. Сонымен қабат мұнайының (10-15%) бөлігі жанады, осыдан бөлінген газдар, бу және басқа да жанудан қалған жанғыш заттар қабатта жылжып мұнайды нәтижелікпен айдайды. Бұл автотермиялық үрдіс, демек үздіксіз жану үшін заттар пайда болу арқылы жалғана береді. Қабат ішіндегі жану үрдісі жылыту-қыздыру тәсілдерінің ыстық су және бумен айдау, жылулық крекинг аймағында өтетін араласумен айдау өтеді. Ал крекинг аймағында барлық көмірсутектілер газ фазасына көшеді.

Қабат ішіндегі жануды қолдану диапазоны өте кең. Оны таязда едәуір тереңде кездесетін өнімді қабаттарда іске асыруға болады.

Тәжірибелік жұмыстар мен теориялық зерттеулердің үйлестіруі қабат ішінде жану үрдісінің негізгі заңдылықтарын тұжырымдауға мүмкіндік береді.

Олар келесі болып анықталады:

- мұнай қабаттардағы жану үрдісі кебу, дымқыл және өте дымқыл жануларға бөлінеді;
- дымқыл жану мен өте дымқыл жануды анықтайтын параметрлер – бұл сулы-ауалар факторлары;
- қарқынды экзотермиялы мұнайдың қышқылдану реакциялары қабаттың ені тар аймағында өтеді, ол жану шебі деп аталатын аймағында өтеді;
- кебу және дымқыл үрдісінде жану шебіндегі температура 400-600°C болуы мүмкін, өте дымқыл жану үрдісі 200-250°C температурасында өтеді;

- сулы-ауалы фактор көтерілуі жылу толқынының қабатта жылжу жылдамдығын көтеруге, қабатты өртеуге жұмсалған ауа шығынын төмендетуге, мұнай шығаруына жұмсалатын шығынын төмендетуге және химиялық реакциялары үрдісіне жанатын отынның концентрациясын төмендетуге мүмкіндік береді;
- қабат ішіндегі жануға қабаттық қысым, жыныс-коллектордың, мұнайдың түстері (типтері) және коллекторлардың алғашқы мұнаймен қаныққандығы елеулі әсерлерін тигізеді.

Қабат ішінде жанудың негізгі тура ағымды және кері ағымды түрлері бар.

Тура ағымды қабат ішінде жану – бұл жылудың мұнай қабатына әсер ететін үрдісі. Бұл үрдісте тотықтырғыш (қышқылдатқыш) пен жану шебінің таралымы мұнайды айдау бағытында: айдау ұңғымасынан өндіруші ұңғымасына қарай болады. Жану шебінің жылжу жылдамдығы жанған мұнайдың типімен, көлемі және ауа айдау жылдамдығымен реттеледі.

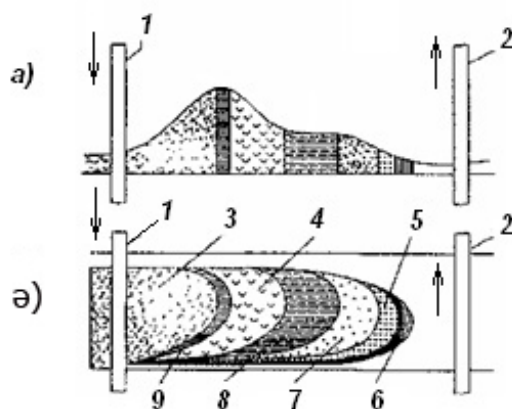
Егер өндіріс ұңғыманың түп аймағының температурасын көтерсе және жану ошағы оның маңайында болса, онда жану шебі айдау ұңғымасына қарай, демек мұнайды айдау бағытына керісінше, таралып жайылады. Бұндай үрдіс ағымға кері жану деп аталады. Бұл жану тек қана ағым бағытында жану үрдісі жүрмеген жағдайда, мысалы, мұнай жылжымайтын немесе битумды қабаттарда қолданылады.

Қабат ішіндегі жануда мұнайды шығаратын механизмдердің көп жайылған кешеніне: жанған мұнайдан шыққан газ түсті заттармен, сумен, бумен айдау; мұнайдың жеңіл фракцияларын дистилляциялау (сүзу); жоғары температура мен CO_2 арқылы мұнайды сұйылту кіреді. Дистилляциядан пайда болған мұнайдың жеңіл фракциялары жылжып жылу шебінің алдына шығып және алғашқы мұнаймен араласып, еріткіш жиектеуінің рөлін орындайды.

Онды жану үрдісінде температура және флюидтермен қанығу профилі мұнай қабатында ерекше аймақтарға сәйкес дамиды. Мұнай қабаттағы онды жану үдерісіне: қышқылдатқыш ауа аралас жанып біткен аймақ; коксы бар жану аймағы; құрамында бу, газдар, су, жеңіл көмірсутектері бар көп фазалы буға ауысу аймағы; құрамында мұнай мен газ бар конденсациялаумен сұйықтыққа айналу аймағы немесе 3 фазалы аймақ; әсерлермен қамтылмаған қабат аймағы кіреді.

Бірінші аймақ. Бұл мұнай қабатының бөлігінен жану шебі өткен, бөлікті көбінесе, кебу мұнайсыз жыныстар құрайды. Кеуктерде қышқылдырғыш сүзіледі (фльтрацияланады). Температура мұнда жеткілікті биік, айдау бағытында бірқалыпты өседі. Бұл аймақта фильтрацияға байланысты қыздырылған коллекторға тиюінен айдалған тотықтырғыш ысиды.

Екінші аймақ – өртену және кокстану аймағы. Мұнда жоғары температуралы қалдық кокс түсті заттар жанады. Аймақтың температурасы максималды деңгейіне жетеді. Жанудан CO , CO_2 газдар және су пайда болады. Жанудан бөлініп шыққан жылу келесі аймақта жиналып, одан әрі қышқылдатқыш ағымына беріледі.



7.6-сурет. Қабат ішінде тура ағымды жану үрдісінің сұлбасы (Р.Х. Муслимов бойынша): а – қабаттағы температуралық аймақтар; ә – үрдістің таралу аймақтары; 1, 2 – айдама және өндіруші ұңғымалар; 3, 4, 7, 8 – тиісінше күйдірілген, буланған, конденсацияланған және бу аймақтары; 5 – жеңіл көмірсутектері; 6 – мұнай белесі; 9 – жану шебі

Кокстың термохимиялық жану реакциясы стехиометрикалық тендеумен жазылады. Осы тендеу арқылы қабатта оттың жануын сақтау үшін қажет оттегі және отын көлемдерін болжап есептеуге болады. Зертхана жағдайларында анықталғандай мұнаймен қаңыққан жыныстың әрбір метр көлеміндегі қабаттағы жануды сақтау үшін шығатын жанармайдың ең аз көлемі 18-30 кг 1 м³ мұнай қаңыққан жыныстар 1 кг отынның жануына ауа шығыны әдетте, 10-12 м қажет болады.

Жоғары температураның әсерінен 2-аймақта, осы мезгілге дейін айдалып бітпеген мұнай фракциялары крекингіне және қышқылдану гидролизіне ұшырайды. Осыдан пайда болған сұйықтықтар мен газдар жану шебінің алдында қайтадан мұнайды ерітеді. Күрделі термохимиялық реакциялары сонында ауыр қалдықтарынан кокске ұқсас заттар пайда болады. Бұл заттар – қабат ішіндегі жану үрдісін сақтау үшін керек отын. Жану газдары мен реакциялық су буы ағынымен газды және сұйық көмірсутектерді фильтрациялау бағытында айдалады. Жанғанда пайда болған СО газы су мен мұнайда еріп кетеді де, олардың жылжымалылығын көрсетеді.

Үшінші аймақта мұнай қабатындағы ось және байланыс жағдайдағы су буға айналады. Температурасы 150-200°С аймағында, су буға айналғанда, мұнайды судың ыстық буы және газдар ағынымен айдау жылжыту үрдісі өтеді. Ағын осы температурада кәдімгі қайнауда майдың ауырлау фракцияларының буға айналуына әсерін тигізеді. Осы үрдістермен булану аймағының көп фазалылығы анықталады, демек, аймақта бу газ, су және жеңіл көмірсутектері бір мезгілде кездеседі.

Төртінші аймақтың алдында, 3-аймақта пайда болған су мен көмірсутектерінің булары конденсацияланады, осыдан дымқыл сумен көп

қаныққан аймағын туындатады. Бұдан басқа будың суға айналу ғана жерлерінде ыстық бумен жиектеу (күшті су толқыны) пайда болады. Бұл жиектеу газ түстес заттармен бірге қабаттан мұнайды айдайды. Ыстық су жиегінің алдында газ түстес көмірсутектерінің конденсациялануынан мұнай валы (5, 6 аймақтар) туындайды. Бұл алғашқы мұнайлы сұйықтықтардың сүзілу бағытымен анықталады.

Оңды жану кезінде айдалған тотықтырғыштың жылу сыйымдылығы аз болғандықтан бөлінген жылудың негізгі бөлігі жану шебінің артында қалады, сонымен мұнай айдау үрдісіне қатыспайды. Қабатта мұнай жану үрдісінде температураның жайылуы (тарауы) сұлбасында көрсетілгендей (8.13-сурет), жану шебінің алдындағы температура біраз шұғыл қабат температурасына дейін төмендетіледі, өйткені газдар ағынымен өткізілген жылу жынысты және ондағы мұнайды жылытуға шығындалып таралады. Ал шебінің артында керісінше, жылудың мұнай қабатын қоршаған жыныстарға тарауынан температура бірқалыпты төмендейді. Сондықтан шебі алдындағы жылытылған аудан өлшемі артындағы шебінің ауданынан едәуір төмен.

Сонымен қатар жану от ошағының жылжуы кезінде мұнайбергіштігін арттыруға себепшіл болатындар: жеңіл көмірсутектілер туындалып, жылытылмаған мұнай қабатының жану шебі алдында конденсациялып, мұнайдың тұтқырлығын төмендетеді; конденсацияланған дымқыл сумен көбірек қаныққан аймақты тудырады (ыстық су толқынын); сұйықтықтар мен жыныстар жылудан керіледі, цементтегіш заттардың еруінен өткізгіштік және кеуектілік ұлғаяды; жанудан пайда болған CO₂ су мен мұнайда еріп, олардың жылжымағыштығын көтереді; мұнайдың ауыр шөгінділері пиролиз бен крекингке ұшырайды да, қабаттан көмірсутектілердің шығуын көбейтеді.

Теориялық және кәсіптік зерттеулердің барысында келесілер анықталған; мұнайдың тығыздығы мен тұтқырлығы өскенде отын шығыны көбейеді, ал жыныстардың өткізгіштігі өскенде төмендейді. Геолого-физикалық жағдайларға байланысты қабаттың әр 1 м³ отынның шығыны 10-40 кг немесе ең алғашқы мұнайдың қабаттағы көлемінің 6-25%-ын құрайды. Кеукті ортаның өткізгіштігі жану механизміне аздап әсерін тигізеді. Айдау қысымының жоғары болуын қажет еткенімен, үрдісті іске асыру уақыты ұзарады.

Мұнайлы қабатқа тотықтырғыштарды айдағанда, төмен температуралық (t=100-200°C) тотығу үрдістері жүруі мүмкіндігін тәжірибе көрсетеді. Бұл үрдістердің қаралғандардан айырмашылықтары температураның төмендігінен үдеріс аз уақытта мұнай қабатының едәуір ауданын қамтуы мүмкін. Мұнай қабатына тотықтырғышты көп уақыт бойы және көп мөлшерде айдағанда мұнай өз бетімен өртенеді.

Жану үрдісін үзбеу үшін қабатқа ауаны айдағанда, әдеттегідей, жануға оттегінің бәрі шығындалмай, бір бөлігі жыныстармен қабаттасқанда

жоғалуы мүмкін. Осындай тотықтырғыштың меншікті қажеттілік көлемі өседі (Әзербайжан зерттеушілері Р.М. Мехтибейли, З.А. Султанов анықтаған). Қабаттағы жану реакциясына шығындалған оттегінің барлық мөлшерінің ауамен бірге қабатқа айдалып енгізілген жалпы мөлшеріне қатынасы оттегін пайдалану коэффициенті деп аталады.

Оттегін пайдалану коэффициенті – қабаттың ішінде жану үрдісінің маңызды көрсеткіші. Басқа жағдайлар тепе-теңдікте болғанда коэффициенттің төмендеуіне қатынасты оттегі шығынын ұлғайтады. Кәсіпшіліктердің келтіргендеріне қарағанда, коэффициенттің ауытқуы 0,5 - 0,98 шектерінде болады.

Жоғарыда айтылғанға мыналар қосылады: мұнай қабатының ішінде жану кезінде жылу тасымалдағыштарды айдағанда ұңғыманың бойында жылу энергиясының жоғалу жағдайлары болмайды. Және қабат ішінде жану кезінде жылу шығару ауданы өндіріс ұңғымалар жаққа бағытталып жылжиды, сондықтан қабаттың төбесі мен табанындағы жыныстарға тарап жылжудың жоғалуы төмендейді.

Қабат ішіндегі құрғақ жану. Бұл – дағдылы қабат ішінде тұра бағытты жану өрті. Жану өрті басталғаннан кейін оны сөндірмеу үшін айдама ұңғымалармен тек ауа айдалады. Тәжірибе көрсеткіштеріне қарағанда 1 т мұнай шығуына шығындалған ауа көлемі 400-3000 м шектер аралығында болады.

Мұнай қабатының дымқыл (ылғалды) жануы. Бұл – мұнай қабатында жанудың бір түрі. Жоғары тұтқырлы мұнайлары бар кендерді қарқынды шығарып, мұнай беру көрсеткішін арттырады. Тұрақты өрт ошағын жаққаннан кейін, айдау ұңғымаларына ауамен бірге немесе (белгілі қатынаста) алмастырылып су айдалады. Бу ауа (газ) ағынымен жылудың жану шебінің алдындағы ауданына апарлады. Судың жылу сыйымдылығы жоғары болуына байланысты су мен ауа араласуының конвективтік жылу тасығыштық жылдамдығы ұлғаяды, жану шебінің артындағы жылуды жоғалту азаяды, үрдісті жүргізуге қажет ауа өлшемі құрғақ жану үрдісімен салыстырғанда 2-3 есе төмендейді.

Мұнай қабатына айдалған су мен ауа көлемдерінің қатынастары шамамен, 1-5 м³ су әр 1000 м³ ауаға келеді, яғни су мен ауалық көлемдер қатынасы (1:5) *10 болуы тиіс. ВНИИ-дің мәліметтері су мен ауа көлемдері араларындағы қатынасты 0,004-0,002 м³/м³ шектерімен келтіріледі. Су мен ауа көлемдері арақатынастарының геологиялық-физикалық және технологиялық үрдісті жүргізетін жағдайлармен анықталады.

ВНИИ-дің мәліметтері бойынша өте дымқылдылықта жанғанда, су мен ауа араластырғанда қатынас 0,002-0,01 м³/м³ аралыққа жетеді. Су мен ауа аралығындағы қатынас ең жоғары мәніне тең болғанда пайдалану коэффициенті шұғыл төмендейді. Диффузиялық режимнің кинетикалыққа ауысуы, ал жылудың бөлінуі өртті ұстауына жеткіліксіз болуы мүмкін. Тотығу реакцияларының негізінде: жоғары температуралық жану және сұйық фазалы қышқылдану екі типі болады.

Өте дымкылдықта жану оттегінің пайдалануы жөнделеді, ал су мен ауа қатынастары жеткілікті жоғары болғанда отынды пайдалану коэффициенті бірден кем болады. Бұл үрдісте конвективтік су ағыны рөлінің арттырумен байланысты. Қаныққан су буының 400-600°C температураларында өтетін дымкылдандыру үшін мицеллярді-полимерлі суландыру және бес нүктелі элемент бұрғыланған.

7.6 Жылулық жиектеулер әдісімен, қабатқа жылу тасымалдағыштарды айдау арқылы кен орындарды игеру

Бұл әдіс бойынша, қабатқа енгеннен кейін үздіксіз жылу тасымалдағыш айдау орнына, белгілі уақыттан соң, қабаттық температура кезінде су айдауға болады. Бұл кезде қабатта мұнайды ығыстыру үрдісі бағытында *жылулық жиектеу* деп аталатын, жылжымалы қыздырылған аймақ пайда болады. Қыздырылған аймаққа суық су айдау, яғни қабаттық температураға жақын суды айдау жолымен, оны қабат ішіне орын ауыстыру тәсілі 50-жылдары ұсынылған, тек 60-жылдары ғана тәжірибелік және теориялық мәліметтерге сүйеніп, жылулық жиектеулер әдісін кен орындарды игеру тәсілі деп дәлелдеді. Қабаттың түрлі геологиялық-физикалық шарттарында, қабатқа жылу тасымалдағышты айдау қарқындылығында, олардың параметрлерінде және кен орынды игерудегі, т.б технологиялық көрсеткіштерінде жылулық жиектеулердің оңтайлы өлшемдерін таңдау әдістемелері жасалған.

Жылулық жиектеулерді қолдану, қабатқа үздіксіз жылу тасымалдағышты айдаған кездегі көрсеткішке қатысты, біршама кіші мұнайбергіштікті береді. Бірақ бұл жағдайда, ыстық суды немесе буды дайындауға едәуір аз энергия жұмсалады.

Егер жылулық жиектеулер әдісін қолданған кезде, қосымша алынған мұнайдың ΔQ_m жылу тасымалдағышты қыздыруға кеткен жылудың шығынына $Q_{ж}$ қатынасын қарастырсақ, онда жиектеудің оңтайлы өлшемі мен жылулық әсердің, т.б көрсеткіштері келесі шарттарда мәнге ие болады

$$\eta_{жт} = \Delta Q_m / Q_{ж} \rightarrow \max \quad (7.22)$$

Әрине, егер басқа белгілерді ескеретін болсақ, негізінен жылулық әсер етудің басқа көрсеткіштерін де таңдауға болады, (7.22) шартымен нақты сәйкес келу міндетті емес.

(7.20) шешіміне негізделіп, ыстық су айдау есебінен, жылулық жиектеудің түзілген кезіндегі, түзусызықты қабатта температураның үлестіруін қарастырайық. Алғашқыда қабатқа бастапқы температурасы $T=T_1$ және $\Delta T = \Delta T_1$ болатындай ыстық су айдайды. $t = t_0$ уақыт моменті кезінде, бұл судың температурасы $T = T_{каб}$ дейін төмендейді немесе $x=0$ болғандағы $T = 0$ болады.

Қабатқа ыстық су айдау кезінде температураны сипаттайтын (7.15) бастапқы теңдеуі – сызықты, онда оның екі шешімінің қосындысы (суммасы) шешім болып табылады. Сондықтан түзусызықты қабатта жылулық жиектеуді түзген кездегі, температураның үлестіруін табу үшін, (7.20) шешімінен, t -ға емес, $t - t_0$ тәуелді болатындай (t_0 – қабатқа қабаттық температураға тең болатын су айдағандағы бастапқы момент) шешім табу керек.

Нәтижеде жылулық жиектеуі бар қабаттағы температура айырмасының $\Delta T(x, t)$ үлестіруін анықтау үшін келесі формуланы аламыз:

$$\Delta T(x, t) = \Delta T_i \left\{ \operatorname{erfc} \left[\frac{\lambda_{TK} x}{ah \sqrt{\mathfrak{N}_{TK} \left(t - \frac{b}{a} x \right)}} \right] - \operatorname{erfc} \left[\frac{\lambda_{TK} x}{ah \sqrt{\mathfrak{N}_{TK} \left(t - t_* - \frac{b}{a} x \right)}} \right] \right\} \quad (7.23)$$

(7.23) теңдеудегі бірінші мүше $t > bx/a$ болғанда, ал екінші мүше $-t - t_0 > bx/a$ болғанда әділ болады. (7.23) теңдеуіне кіретін белгілер алдыңғы параграфтағы белгілерге ұқсас.

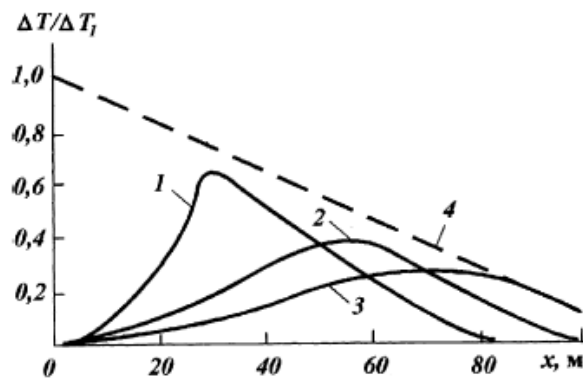
(7.23) теңдеуінен қабаттағы температура $x = x_{\max}$ болғанда, максималды мәнге жетеді және

$$x_{\max} \approx a(t - t_0)/b \quad (7.24)$$

Жылулық жиектеу тәсілі бойынша, мұнайды сумен ығыстыру мысалын қарастырайық.

7.2-мысал. Өлшемдері мен қасиеттері бар түзусызықты қабат бар деп есептейік. $\Delta T_1 = 200\text{K}$ болғанда, қабатқа ыстық су айдау $q = 150 \text{ м}^3/\text{тәул}$ шығынымен жүреді. Дегенмен мұнайды ығыстыру процесі басталғаннан кейін $t_* = 200$ тәул. уақыт өткен соң, температурасы $\Delta T = 0$ болатын суық суды айдауға көшеді. Қарастырылып отырған қабаттың өндіру процесі $t = 500$ тәул. аралығында жүргізіледі деп есептейміз. Су жылытқыш қондырғы – су құбыры – ұңғыма жүйесінің ПӘК-і 0,6 тең. Ыстық су алу үшін қазандағы (котелдағы) өртелетін мұнайдың жылуы $3,8 \cdot 10^7 \text{кДж/т}$. Жылулық жиектеулерді қолданған кезде, сонымен бірге қабатқа тек үздіксіз ыстық су айдағандағы, уақыттың әр моментіндегі, қабаттағы температураның үйлестіруін, сондай-ақ қабатты өндіру соңында, яғни $t = 500$ тәул., мұнайды суық сумен ығыстырудағы параметрлеріне қатысты қалдық мұнайды анықтаймыз.

(7.23) формуласы бойынша уақыттың әр моментінде t қабаттағы температураның үйлестіруін анықтаймыз. Төмендегі суретте, мұнайды жылулық жиектеу тәсілі бойынша ыстық сумен айдау кезіндегі $t = 300, 400$ және 500 тәулігіндегі температураның үлестіруі көрсетілген. Суреттен жылулық жиектеудегі температура уақыт өткен сайын төмендеуін байқаймыз.



7.7-сурет. Жылулық жиектеу тәсілі бойынша түзусызықты қабаттан мұнайды ыстық сумен ығыстыруда температураның үлестіруі

1-процесс басталғаннан соң 300 тәул. кейін; 2 – 400 тәул. кейін; 3 – 500 тәул. кейін; 4 – 500 тәул. бойы қабатқа үздіксіз ыстық су айдау кезіндегі.

4-қисық 500 тәул. бойы қабатқа үздіксіз ыстық су айдау кезінде, температураның үлестіруін сипаттайды.

Қалдық мұнайға қаныққандықты графикалық түрде есептеген кезде жылулық жиектеу болғанда келесіні аламыз:

$$G_{\text{ост}} = mbh \int_0^1 s(x) dx = 0,2 \cdot 100 \cdot 15 \cdot 58,62 = 17,6 \cdot 10^3$$

Жылулық жиектеу тәсілі бойынша қабаттан ығыстырылатын мұнайдың мөлшері $Q_{M1} = 28,5 \cdot 10^3 - 17,6 \cdot 10^3 = 10,9 \cdot 10^3 \text{ м}^3$.

Суық сумен ($\Delta T=0$) суландырған кездегі қабаттан ығыстырылатын мұнайдың мөлшері $Q_{M0} = 28,5 \cdot 10^3 \cdot 0,21 = 6 \cdot 10^3 \text{ м}^3$.

Жылулық жиектеу тәсілі бойынша ыстық сумен суландырған кезде қосымша ығыстырылған мұнай $\Delta Q_{M1} = Q_{M1} - Q_{M0} = 10,9 \cdot 10^3 - 6 \cdot 10^3 = 4,9 \cdot 10^3 \text{ м}^3$.

ПӘК=0,6 ескере отырып, ыстық суды жылыту үшін жанған мұнайдың жылу шығыны

$$Q_{\text{нәл}} = \frac{4,9 \cdot 10^3 \cdot 200 + 200 \cdot 150 \cdot 200}{3,8 \cdot 10^7 \cdot 0,6} = 1103 \text{ м}^3.$$

«Таза» қосымша алынған мұнайдың мөлшері (ыстық суды жылыту үшін кеткен қазандағы мұнаймен алынғандағы есебімен):

$$\overline{\Delta Q} = 4,9 \cdot 10^3 - 1,103 \cdot 10^3 \text{ м}^3.$$

Бұл 320,8 тәул. бойы үздіксіз ыстық су айдаумен салыстырғанда көп болады, себебі бұл жағдайда ыстық су айдау тек 200 тәул. жүргізілді.

Жылулық жиектеуді қолданған кездегі ығыстыру коэффициенті:

$$\eta_1 = \frac{10,9 * 10^3}{28,5 * 10^3} = 0,382.$$

$t = 500$ тәул. болғандағы мұнайбергіштік коэффициенті:

$$\eta = \eta_1 \eta_2 = 0,382 * 0,79 = 0,3.$$

$t = 500$ тәул. бойы қабатқа үздіксіз ыстық су айдағанда мұнайдың ығыстыру көрсеткішін анықтайық.

7.1-мысалындағыдай, мұнайдың қалдық қорын анықтаймыз. $G_{қал} = 17,3 * 10^3 \text{ м}^3$.

Ығыстырылғын мұнайдың жалпы мөлшері:

$$Q_{m2} = (28,5 - 17,3) 10^3 = 11,2 * 10^3 \text{ м}^3.$$

Қосымша ығыстырылған мұнайдың суық сумен суландырғандағы ығыстырылған мұнаймен салыстырғандағы мөлшер:

$$\Delta Q_{m2} = (11,2 - 6,0) 10^3 = 5,2 * 10^3 \text{ м}^3.$$

Суды жылытқандағы шартты мұнайдың мөлшері:

$$Q_{н2} = \frac{4,19 * 10^3 * 200 * 150 * 500}{3,8 * 10^3 * 0,6} = 2760 \text{ м}^3$$

Таза қосымша алынған мұнайдың мөлшері:

$$\Delta Q_n = 5,2 * 10^3 - 2,76 * 10^3 \text{ м}^3.$$

Осылайша, жылулық жиектеу тәсілі бойынша, қабатқа үздіксіз ыстық су айдаудың орнына таза қосымша ығыстырылған мұнай мөлшерінің өсуін алады $3,8 * 10^3 - 2,44 * 10^3 = 1,36 * 10^3 \text{ м}^3$.

Қабатқа үздіксіз ыстық су айдағанда, мұнайдың ығысу коэффициенті

$$\eta_1 = \frac{11,2 * 10^3}{28,5 * 10^3} = 0,393.$$

Мұнайбергіштік коэффициенті

$$\eta = 0,393 * 0,79 = 0,3.$$

7.2-мысалынан көрінетіндей, жылулық жиектеуді қолданғанға қарағанда, қабатқа үздіксіз ыстық су айдау кезінде мұнайдың ығысуы біршама үлкен

мұнайбергіштік коэффициентке алып келеді, бірақ ыстық су беретін су жылытқытқыш қондырғыда жағылған шартты мұнайды алып есептегенде, таза қосымша алынатын мұнайдың мөлшері, жылулық жиектеу кезінде көп болады.

Қарастырылып отырған мысалдағы берілгендер: ығыстырылған мұнайда абсолютті, ал мұнайбергіштікте – шартты сандар. Бастапқы параметрлері жақсы болатын, басқа қабаттардан мұнайды ығыстыруда абсолютті сандар көп болады.

Бақылау сұрақтары:

- 1. Жылу әдісі дегеніміз не?*
- 2. Жылулық әдістердің түрлерін атаңыз.*
- 3. Қабатқа жылу тасымалдағышты айдағанда мұнайды ығыстыру неше кезеңнен тұрады?*
- 4. Ыстық су айдау кезінде қабатта қандай аймақтар түзіледі?*
- 5. Мұнайды бұмен ығыстыру қалай іске асады?*
- 6. Қабат ішінде жандыру кезінде қабатта құралатын аймақтарды атап өтіңіз.*

VIII тарау

ҚАБАТҚА ӘРТҮРЛІ ӘСЕР ЕТУ АРҚЫЛЫ ҚАБАТТАРДЫҢ МҰНАЙБЕРГІШТІГІН АРТТЫРУ ӘДІСТЕРІ

8.1 Бетті белсенді заттардың (ББЗ) ерітінділері

Мұнайбергіштікті арттыру әдістері – ол алынатын қорларды толық алу мақсатымен қысып шығару және әсермен қамту коэффициенттерін жоғарылату жолымен қабатқа көлемді әсер ету. Жеткілікті ұзақ уақытта әрекеттегі ұңғымалар бойынша мұнай және сұйықтықтарды алудың жоғарылауы, олардың өнімінің сулануының төмендеуі мұндай әдістердің байқалған нәтижесі болып табылады.

Осы кездегі қабылданған сыныптамаға сәйкес, мұнайбергіштікті арттырудың қосымша әдістерінің үшінші сатысы: физика-химиялық, физикалық, жылу, газды және биотехнологиялық болып бес топқа бөлінеді. Осы топтардың әрқайсысы сілемге әсер ету механизмімен және сипатымен жақын бірнеше технологияларды біріктіреді. Олардың бірі – эксперименттер кезеңінде, басқалары – тәжірибелік өндірістің сынамалар кезеңінде, үшіншілері – тәжірибеде кең қолданыс тауып отыр.

Қабаттардың мұнайбергіштігін арттыратын (МАӨ) болашағы мол әдістер: қабатқа химия ерітінділерін айдау, мұнаймен араласатын ерітінділерді (газдар) айдау және жылу әдістерімен өндіру болып үш категорияға бөлінеді. Жалпы әдістердің ішінде экономикалық ақталған болып:

- қабатқа бетті белсенді заттардың (ББЗ) ерітінділерін айдау;
- полимер ерітінділерімен қабаттан мұнайды қысып шығару;
- сілті ерітінділерімен мұнайды қысып және қайталап қысып шығару;
- көміртегі қос тотығымен мұнайды қысып шығару;
- өте қыздырылған буды айдау;
- қабат ішінде жану сияқты алты әртүрлі технологиялар саналады .

Осы болашағы бар, экономикалық ақталған әдістерін (МАӨ), олардың әсерінің механизмін және технологиялық ерекшеліктерін тереңірек қарастырайық.

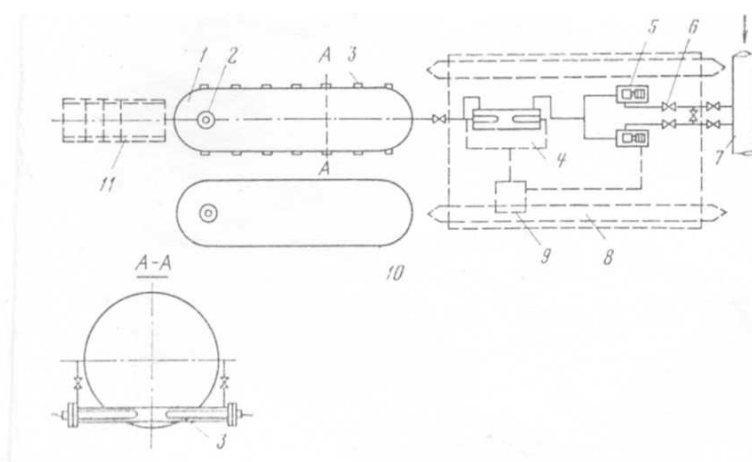
Химия ерітінділерін қабатқа айдау. Химиялық әдістері – ол полимерлерді, бетті белсенді заттарды (мицеллярды ерітінділерді) және сілті ерітінділерін қабатқа айдау. Суға бұл барлық үдерістерде қабаттағы флюидтерде, сонымен бірге қасиеттерді беру немесе мұнайбергіштіктің фазаларды бөлу шебінде пайдалы болатын жағдайларды жасау үшін химия агенттері қосылады.

Бетті-белсенді заттардың (ББЗ) ерітінділерін қабатқа айдау.

Беттік әрекеттік заттар фазааралық бөлім деп аталатын екі түйісіп тұрған дененің беттерінде жиналып тұра алатын зат. Фаза аралық бөлімде ББЗ жоғары концентрациялы бет құрып, адсорбциялы шекті құрайды.

Кез келген сұйық газ немесе реагент қажетті жағдайда өзінің беттік белсенді қасиетін көрсете алады, яғни беттерде бос энергиясын азайта отырып, молекулярлық күштер әсерінен адсорбцияға кіре алады. Алайда беттік әрекеттік заттар деп адсорбциясы күшті тез арада беттердің қажуын тежейтін заттарды айтамыз.

Жалпы жағдайдағы ББЗ – ол дефильді құрылымды органикалық қосылыстар, яғни қоршаған ортамен тығыз байланыста болуымен ерекшеленетін молекуласында атомдар топтарын сақтайтын қосылыстар. Ал ББЗ молекулаларында олео немесе липофильді бөлімін құрайтын бір немесе бірнеше көмірқышқыл радикалдары бар. Сумен нашар әсерлесетін олеофилді группа молекуланың су бөлімінен көмірсутегі бөліміне талпынуын анықтайды. ББЗ-дің беттік әрекеттігі ерітілген полярлы емес сұйықтарда гидрофильді топтармен бекітілген, ал суда ерітілгендер гидрофобты радиалдармен бекітілген.



8.1-сурет. ББЗ ерітінділерін дайындау мен жіберу схемасы.

- 1 – реагенттің жұмыстық көлемі; 2 – жүктеме люк; 3 – электрокыздырғыштар;
4 – дозировкалу насосы; 5 – арматура; 6 – су беруші; 7 – шаналы блокты дозировкалу
кондырғылары негізі; 8 – басқару станциясы; 9 – қосымша көлемі;
10 – реагент ағу эстакадасы.

ББЗ айдау технологиясы

Беттік белсенді заттардың (ББЗ) сулы ерітіндісін айдау технологиясын іске асыру үшін өңдеу объектісіне ешқандай негізгі талаптар мен өңдеу жүйесін көрсетпеу. Жабдықтау объектілері төмендегідей:

- ББЗ-ды сақтау және қабылдау базалары;

- айдау үдерісінің пунктісіне дейін ББЗ-ды тасымалдау үшін көлікті коммуникациялар;
- еру пункті, су сулануда реагенттерді беру және дозалау;
- ББЗ-дың мөлшерін орнату;
- айдау ұңғылары.

Беттік белсенді заттардың (ББЗ) ерітіндісін айдау және дайындау технологиясы келесілерден құралады:

Беттік белсенді заттар (ББЗ) шоғырланған сорап станциясына (ШСС) жіберіледі, ол жерде монтаждау мөлшері орнатылады, жоғары қысымды ШСС-да сораптарды қабылдау қажет.

Су беру және беттік белсенді заттардың (ББЗ) ерітіндісін дайындау үшін өнімділігі 5 т/тәу УДХ-5М блокты қондырғысы қолданылады.

100% қамсыздандырылған беттік белсенді заттар (ББЗ) керекті температураға дейін қыздырылады, содан кейін НД-100/250 мөлшерлейтін сораптармен берілген концентрациясына сәйкес шоғырланған сорап станциясын (ШСС) қабылдауға жіберіледі

Әдетте, суландыру әдістемесі суға беттік белсенді заттектерді (ББЗ) немесе детергенттерді қосу жолымен жақсартуына мүмкіндік береді. ББЗ-і қосылған суды мұнай қабатына айдауда мұнай-су шебінде бетті керуі төмендейді, мұнайдың ширақтығы жоғарылайды және сумен оны қысып шығару жақсарады. Жыныстардың сумен дымқылдануының жақсару есебінде мұнай алған кеуектерге сінеді, қабатпен біркелкі жылжиды және мұнайды одан жақсырақ қысып шығарады. Аз мөлшердегі беттік белсенді заттектер түйіскен денелердің және олардың әсер ету жағдайларының табиғатын өзгертеді. Беттік белсенді заттектер сулы ерітінділерде иондарға ыдырау және ыдырамау қабілеті бойынша ионогенді және ионогенсіз деп бөлінеді. Біріншілері, өз кезегінде анионбелсенді және катионбелсендіге бөлінеді. Сулы ерітінділерде анион беттік белсенді заттардың ыдырауында көмірсутегінің молекулалар және катиондар бөлігінен тұратын бетті белсенді аниондар пайда болады. Соңғылары, негізінде натрий, органикалық емес иондар болады. Қабаттарды суландыру үшін көбінесе, ионогенсіз беттік белсенді заттектер қолданады. Жыныстардың беттерінде жоғары беттік белсенділігі және төмен адсорбциялануы оларды ионогенді беттік белсенді заттектерден ерекшелендіреді. Анион белсенді ББЗ кальций және магний тұздарымен үйлеседі және ерітіндіден шөгіп ерімейдін тұнбаларды құрастырады. Катион белсенді ББЗ көпшілігі минералданған қабат суларында ерітілмейді. Бетті белсенді заттектердің сулы ерітінділері мұнай және судың физика-химиялық қасиеттеріне, сонымен бірге қабатқа күшті әсерін тигізеді. Қоюлығы аз қоспалар қатты ББЗ пайдаланғанда айдау ұңғымасының түп жағындағы аймақта бөліну шебінде беттік керілуі қомақты төмендеуімен ескеріледі. Сол кезде сумен қамтылған мұнай түйіршіктерінің бытырауы орын алады, қабатта олардың жылжу жылдамдығы жоғарылайды, кеуекті ортада сұйықтықтарды сүзу үшін қысым

керекті деңгейге төмендетіледі, судың шығысы қысқартылады және оның шаю қасиеттері жақсарады. Бетті белсенді заттектері сумен жынысты дымқылдатуын, мұнайландырылған жыныстарға судың капиллярлы сіңу тереңдігін және жылдамдығын өсіреді және мұнай мен су үшін кеуекті ортаның салыстырмалы фазалық өтімділігін жоғарылатады. Бетті белсенді заттардың көп функционалдылығы және әртүрлі ББЗ аталған қасиеттерінің байқалу қарқынының біркелкі еместігі оларды сілемнің ерекшеліктерін, қабат сұйықтықтарының жағдайын және үдерістің мәнін еске алып таңдау қажеттілігін талап етеді. Суланған учаскелерден мұнайды қысып шығару үшін мұнаймен бөліну шебінде ерітінділердің бетті керілуі 1 мДж/м^2 асуы қажет болады. ББЗ адсорбциялық қабілеті зертхана жағдайларында анықталады. Рұқсат етілетін адсорбция $0,3-0,4 \text{ мг/г}$ аспауға тиіс. ББЗ тиімділігінің маңызды көрсеткіші болып оның қысып шығару қабілеті табылады. Бұл көрсеткіш ББЗ $0,05\%$ ерітіндісімен мұнайды қысып шығару коэффициентін су мен мұнайды қысып шығару коэффициентімен салыстыру арқылы бағаланады. Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, егер ББЗ $0,05\%$ ерітіндісімен мұнайды қысып шығару коэффициентті сумен салыстырғанда 10% және одан артық жоғарыласа, онда зерттеу нәтижелері қанағаттанарлық болып есептеледі. Мұнай кен орындарын игеру мәселелерін шешуіне қатынасты ББЗ кешенді зерттеу лайлану температурасы сияқты көрсеткішті қамтиды. Ол үшін зертхана жағдайында ББЗ 1% тазартылған немесе қабат суында ерітінді дайындайды. Сосын ББЗ белгіленген мөлшерде ерітіндісі (әдетте, 30 мл) глицерині бар шыны сауытқа орналасқан түтікке құйылады. Шыны сауытты температураның белгіленген жылдамдығына жеткізіп, $2-3$ мин жылытады. **Лайлану температурасы** деп ББЗ ерітіндісінің күрт лайлануы байқалғандағы температурасын қабылдайды. Лайлану температурасының алынған мәні өнімнің техникалық жағдайларында келтірілген мәніне сәйкес болуға тиіс.

ББЗ су ерітінділерін пайдаланудың техникалық негіздері. ББЗ өнеркәсіптік пайдалануды қабаттардың мұнайбергiштігін арттыру осы әдісінің тиімділігін және техника-экономикалық көрсеткіштерін анықтау үшін алдын ала тәжірибелік өнеркәсіптік сынақтарды өткізу қажет болады. Сілемнің жеке аймағын игерудің технологиялық көрсеткіштері екі нұсқада – әдепкі суландыруда (негізгі нұсқа) және ББЗ пайдаланып суландыруда есептеу қажет болады. Есептеу әдістемелерінің бір-бірінен айырмашылығы көп емес. Жалғыз айырмашылығы қабаттардан мұнайды қысып шығару коэффициентін жақсартуды және белсенді капиллярды сіңіруді еске алатын тиісті тәуелділіктерді енгізуден тұрады. Аталған коэффициенттердің мәні кен орнының коллекторларына сәйкес және қолдануға жоспарланған ББЗ мен зертханада анықталады. Қабаттарды суландырудың тиімділігі көп жағдайларда бір қатар геологиялық және технологиялық параметрлерге, ең алдымен, объектінің өзін дұрыс таңдауына тәуелді екенін атап айту керек. Қабаттарды қалыңдығы бойынша біркелкі еместігін анықтаудан басқа дұрыс

әдістерді және оларды әсермен қамтуды жоғарылату құралдарын таңдау үшін және үдерісті реттеуде қалдық мұнайландыруды, айдау ұңғымалардың санын және орналастыруын, айдау қысымын, ұңғымалардың жабдығын және басқа технологиялық сауалдарды белгілеу зерттеулеріне маңызды орын бөлінеді.

Қабаттың мұнайбергiштігін арттыру үшін микроэмульсияларды пайдалану. Микроэмульсиялар немесе мицеллярды ерітінділер – ол бір сұйықтықтың бөлшектері басқа сұйық фазада тараған бытыраңқы жүйе болып табылады. Ереже ретінде, фазаның бірі – су, басқасы көміртек болады. Микроэмульсиялардың негізгі екі түрі – көміртек суда және көміртекте болады. Микроэмульсиялар бетті белсенді заттектерімен тұрақтандырылады.

Қабаттың мұнайбергiштігін қомақты арттыру жұқа бытыраңқы ерітінділермен сілемді суландыру кезінде:

- фазалар шебінде беттік керілудің едәуір мөлшерде азаюы;
- қысым шығарушы және қысыммен шығарылатын орталардың, оның ішінде бөліну шебінде, тұтқырлықтардың сипаттамаларын реттеу;
- сұйықтықтың әсерімен қалдық қанығуына коллекторлардың өткізу қабілетін қайта қалпына келтіру;
- әсермен қамтуды жоғарылататын қысып шығарушы орталарға тұтқырлы серпімді қасиеттерді беру сияқты жағдайлар есебіне қол жеткізіледі.

Аталғаннан басқа эмульсия ретінде қаралатын мицеллярды ерітінділер шекті дымқылдану бұрышына едәуір әсерін тигізеді және олардың құрамына тәуелді жыныстың беттерін саралап дымқылдануын өзгертеді.

Мицеллярды ерітінділердің сумен және көмірсутектерімен тұрақтылық және реттелген ширақтылығы қасиеттерімен үйлесімде араласу қабілеті оларды мұнай өндірудің әртүрлі технологиялық үдерістерінде тиімді етеді. Мицеллярды ерітінділер термодинамикалық тұрғыдан тұрақты жүйелер болып табылады және әдетте, су мұнайлы эмульсиялардан қалатын бөлшектердің шамалы өлшемімен (10^{-6} - 10^{-4} мм) ерекшеленеді. Мұнайда ерітілген ББЗ молекулалары ішінде суды ұстап қалатын қабілетімен сипатталатын агрегаттарды (мицеллаларды) құрады. Жүйенің тұтқырлығын реттеу, оның тұрақтылығын жоғарылату және басқа ерекше қасиеттерді беру үшін мицеллярлы ерітінділердің құрамына спирттер және электролиттер енгізіледі. Әдетте, қабат кеуектерінен мұнайды мицеллярлы ерітіндінің шамалы жиегімен қысып шығарады. Жиектің айырылуының алдын алу үшін соңғыны аралық (буферлік) полимермен қоюланған су болып келетін сұйықтықпен қабатта жылжытады. Осындай жүйелермен мұнайды қысып шығару араласпайтын сұйықтықтардың фазалар шебінде орын алатын көріністерге жол бермейді. Қысып шығарушы агент ретінде мицеллярлы ерітінділер сілемді игерудің бастапқы кезінде және қалдық мұнайды қайтарып шаюда өте тиімді.

Микроэмульсиялар, әдетте, мөлдір сұйықтықтар болып келеді. Олардың құрамына сәйкес гидрофобты немесе гидрофильді болуы мүмкін. Микроэмульсиялардың тұрақтылығы көптеген факторлармен, оның арасында, ең бастысы, құрылымымен айқындалады. Компоненттердің қоюлығына және қырылымына тәуелді микроэмульсиялардың тұрақтылығы артады немесе ол екі фазаға бөлінеді.

Көптеген зертханалық және кәсіптік тәжірибелердің негізінде микроэмульсияларды пайдаланудың келесі ерекшеліктерін атауға болады.

1. Мицеллярлы ерітінділерді құмтастарда пайдалану тиімді және карбонатты қабаттарда тиімділігі шамалы болады. Қабаттардың біртектігі және жарықшықтығы жоғары болмауы тиіс. Қабатшаның максималды өтімділігінің қабаттың орташа өтімділігіне қатынасы 3-4 артық болмауы қажет. Қабаттардың орташа өтімділігі 50 мкм² кем болуы жарамсыз. Қабатта тұздардың мәні минималды болуы ұтымды.

2. Экономикалық тұрғыдан қабаттың мұнаймен қалдық қанығуы 20-25% төмен болғанда мицеллярлы ерітінділерді пайдалану орынсыз деп белгіленеді. Неғұрлым қабаттардың мұнаймен қанығуы жоғары болса, соншалықты мицеллярлы ерітінділерді пайдаланудың тиімділігі арта түседі.

3. Мұнайдың жоғары тұтқырлығы арттырылған мицеллярлы ерітіндіні және аралық сұйықтықты пайдалануды талап етеді. Мұндай жағдайлар игерудің қабылданбайтын төмен қарқынына және ерітінділерді айдау кезінде технологиялық қиындықтарға жол ашуына мүмкіндік береді. Сондықтан бұл үдеріс мұнайдың тұтқырлығы 2-3 және 10-20 мПа·с аралыққа дейін болғанда өте тиімді.

4. Қабат суларында тұздардың көп мөлшерлері ерітінділерді тұздармен қанықтырып, олардың тұрақтылығын азайтады. Қабат суларында тұздардың шекті мәні 4-5% аралығынан аспауы тиіс.

5. Мицеллярлы ерітінділердің тұрақтылығы температураның жоғарылауымен төмендейді, сондықтан оларды пайдалану қабаттардың температурасымен 65-75°C мөлшерімен шектеледі.

6. Мицеллярлы ерітінділерді рұқсат етілген пайдалану тереңдігі 1500-1800 м-ге дейін.

7. Ұңғымаларды орналастыру біркелкі, ауданды, ошақты немесе бірқатарлы болуы қажет.

8. Қабаттарды игерудің ең жоғары қарқынын қамтамасыз ету мицеллярлы ерітінділердің қабат сумен араласу уақытын қысқарту үшін.

Қабаттардан мұнайды ББЗ ерітінділерімен ығыстыру тиімділігі қабаттың суланған облысындағы мұнайдың дисперсгирлену дәрежесіне, кеуекті кеңістік құрылымына, барлық қалдықты мұнайдағы жыныс беттеріндегі пленкалар түрінде қалған мұнай үлесіне, ББЗ мен коллектор – жыныстардың физикалық-химиялық әсерлесу сипатына және т.б. тәуелді. Нақты бір ББҚ қолданудың оңтайлы шарттарын табу немесе берілген қабаттық жағдайлар үшін ең тиімді ББЗ таңдап алу – қиын іс.

Бұл қабаттардан мұнайды алу үдерісіне және мұнай кен орындарын игерудің физикалық-химиялық әдістерінің экономикасына шешуші әсер етеді. Сондықтан оны мөлшері жағынан ең бірінші орындағы тұзусызықты қабаттан мұнайды ББЗ сулы ерітіндісімен ығыстыру мысалында толығырақ қарастырайық.

Қабаттан мұнайды ББЗ сулы ерітіндісімен ығыстыру кезінде қабаттағы мұнай мен су фильтрациясының теңдеуі қабаттан мұнайды кәдімгі сумен ығыстыру кезіндегідей өзгеріссіз қалады.

Егер поршеньсіз ығыстыру моделін пайдалансақ, онда фильтрацияланатын сұйықтардың үздіксіздік теңдеуі және мұнай мен су фильтрациясының жалпы заңы мұнайды қабаттан кәдімгі сумен ығыстыру кезіндегідей өзгеріссіз қалады. Алайда қабаттан мұнайды ББЗ сулы ерітіндісімен ығыстыру кезінде салыстырмалы өткізгіштіктер біршама өзгереді.

Алайда, мұнайды ББЗ сулы ерітіндісімен ығыстыру процесінің математикалық моделін тұрғызу үшін мұнай мен су фильтрациясы теңдеуінен басқа қабатта ББҚ кеуекті ортадағы сорбциясын ескеріп, ауысу теңдеуін қолдану қажет. Осы теңдеуді аламыз. Оны қорытып шығару үшін кеуекті орта элементін қарастырамыз. Бұл элементке сол жақ шетінен сумен бірге Δt уақытта мөлшері $v_e b h c \Delta t$ ББЗ енеді (c – ББЗ судағы меншікті концентрациясы). Осы уақыт ішінде қабат элементінің оң жақ шеті арқылы мөлшері мынаған тең ББЗ шығады:

$$v_e b h c \Delta t + b h \frac{\partial(v_e c)}{\partial x} \Delta x \Delta t$$

Қабат элементін қанықтыратын суда Δt уақыт ішінде ББҚ былай артады:

$$b h m \frac{\partial(sc)}{\partial t} \Delta x \Delta t$$

Дәл осы уақыт аралығында жыныс беттерінде мөлшері келесідей ББҚ сорбталады

$$b h \frac{\partial A}{\partial t} \Delta x \Delta t$$

мұндағы, A – сорбталған ББЗ жалпы мөлшері.
ББҚ балансы негізінде қабат элементінде аламыз

$$bhv_6 c \Delta t - \left(bhv_6 c \Delta t + bh \frac{\partial(v_6 c)}{\partial x} \Delta x \Delta t \right) = bhm \frac{\partial(sc)}{\partial t} \Delta x \Delta t + bh \frac{\partial A}{\partial t} \Delta x \Delta t \quad (8.1)$$

(1)-ден түзусыздықты қабатта ББҚ ауысуының дифференциалды теңдеуін аламыз:

$$\frac{\partial(v_6 c)}{\partial x} + m \frac{\partial(sc)}{\partial t} + \frac{\partial A}{\partial t} = 0 \quad (8.2)$$

(2) теңдеуді былай ашып жазуға болады:

$$c \left(\frac{\partial(v_6 c)}{\partial x} + m \frac{\partial s}{\partial t} \right) + v_6 \frac{\partial c}{\partial x} + ms \frac{\partial c}{\partial t} + \frac{\partial A}{\partial t} = 0$$

Мұнда жақшада тұрған өрнек фильтрацияланатын судың үздіксіздік теңдеуі негізінде нөлге тең екенін ескере отырып, алатынымыз:

$$v_6 \frac{\partial c}{\partial x} + ms \frac{\partial c}{\partial t} + \frac{\partial A}{\partial t} = 0 \quad (8.3)$$

Мұнай мен газдың біріккен фильтрациясы теңдеуінен суға қанықтылықты анықтау үшін келесі теңдеуді аламыз:

$$vf'(s) \frac{\partial s}{\partial x} + m \frac{\partial s}{\partial t} - 0 \quad (8.4)$$

(3) теңдеуді былай жазуға болады

$$vf'(s) \frac{\partial s}{\partial x} + ms \frac{\partial s}{\partial t} - \frac{\partial A}{\partial t} = 0 \quad (8.5)$$

Осылайша, (4) теңдеу қабаттағы суға қанықтылықтың таралуын анықтау үшін, ал (5) теңдеу – ондағы ББЗ концентрациясын анықтау үшін қызмет етеді деп санауға болады. Алайда, сонымен қатар А-ны судағы ББЗ концентрациясына байланысты көрсету қажет.

Мұндай тәуелділіктер сорбцияның изотермдері деп аталады. Қабат элементінде ББЗ сорбциясын сипаттау үшін әдетте сорбция изотермінің екі түрін қолданады – Лэнгмюр изотермі және Генри изотермі. Олардың біріншісі үшін

$$A = \frac{c}{a + bc} \quad (8.6)$$

Біріншіден, сорбцияның екінші изотермін b коэффициенті өте аз болса аламыз.

$$A = c / a. \quad (8.7)$$

Мысалы, (8.7)-ні (8.5)-ке қойып, ББҚ ауыстыру мен сорбциясының дифференциалды теңдеуін аламыз:

$$vf'(s) \frac{\partial c}{\partial x} + \left(ms + \frac{1}{a} \right) \frac{\partial c}{\partial t} = 0 \quad (8.8)$$

Осылайша, қабатта мұнайды ББЗ сулы ерітіндісімен поршеньсіз ығыстыру кезінде суға қанықтылықтың таралуы мен ББЗ концентрациясын (8.4) және (8.8) теңдеулердің негізінде ББЗ сорбциясын ескеріп есептеуге болады.

8.2 Қабатты гидравликалық жару

Қабатты сұйықпен жару өнімді қабатқа әсер ету арқылы ұңғыманың өнімділігін көбейту, мұнайды алу темпін жылдамдататын және қабаттың мұнай бергіштігін арттыратын әдіс болып табылады. Қабатты сұйықпен жару өндіру ұңғымаларында да, айдау ұңғымаларында да қолданылады.

Қабатты сұйықпен жару үдерісі екі этаптан тұрады:

- бірінші этапта өнімді қабатқа жоғары қысымда және қажетті жылдамдықта жұмыс сұйықтығын айдайды, осының нәтижесінде коллектор жынысы жарылып, қолдан жасалған жарықтар пайда болады;
- екінші этапта үдеріс біткен соң жоғары өткізгіштікті сақтап қалу және артық қысымды түсіру мақсатында қабатқа жарықтың қабырғаларын ашық күйінде ұстап тұратын жарықтарды кеңейткіш айдалады.

Қабатты сұйықпен жару жүргізілген кездегі өнімділіктің көтерілу деңгейі жарықтың еніне және жарылған материалдың өткізгіштігіне байланысты. Соңғы жылдары ғылыми-зерттеу зертханаларында және шетел компанияларының орталықтарында әртүрлі геологиялық жағдайларда қабатты сұйықпен жару технологиясын жетілдіру жұмыстары жүргізілуде, яғни жарудағы жұмыс сұйықтығын, жарықтарды бекіту материалдарын таңдау, айдаудың оптималды қысымы мен жылдамдығын, сонымен қатар қабатты сұйықпен жарудың кезеңін анықтау және т.б. қабатты сұйықпен

жаруды жүргізуді жобалаудың жетілдірілген әдістері мен зертханалық зерттеулер гидрожару операциясының максималды экономикалық тиімділігін қамтамасыз ететін жағдайларды анықтауға мүмкіндік береді.

Полимерлер химиясындағы зерттеулер, сонымен қатар қабатты жару технологиясындағы жетістіктер үлкен масштабтағы өңдеулерді жүргізуге мүмкіндік берді. 7600 м³ сұйықтық және 1300 т құм айдау арқылы өңдеу жұмыстары жүргізілген. Әдетте айдау темптері 0,8-16 м³/мин аралығында болады. Қазіргі таңда жарғыш материал концентрациясы 600-960 кг/м³ аралығында өзгереді және операцияның басында бұл материалдың концентрациясы 120 кг/м³ көлемінде болады, ал операция соңында 1700-1900 кг/ м³-ке дейін өседі.

Қабатты сұйықпен жару қондырғысы жоғары дәрежеде қиын болып кетті, ол көп мөлшерде құрғақ және сұйық қоспаларды дозалауға, сәйкесінше олардың жұмыстық сұйықпен араласуына және оларды әртүрлі концентрациядағы жарғыш материалдармен айдауға мүмкіндік береді. Кеңейткіш концентрациясы 2400 кг/м³ мөлшерге жеткен кездер сирек емес. Үлкен көлемді материалмен жұмыс істеу үшін оларды сақтауға және тасымалдауға арналған арнайы қондырғылар жасалған, бұл олардың сұйыққа үлкен жылдамдықпен берілуін, жүйеге қоюландырғыштарды, фильтрация көрсеткішін төмендеткіш қоспаларды, полимерді деструкциялайтын реагенттер және БАЗ-ды енгізуді және дозалауды жеңілдетуге арналған.

Қабатта аномалды қысым болу себептерінен жарықшақтар пайда болады немесе бұрын болғандары кеңейтіледі, сондықтан қабаттың өтімділігінің қомақты өсуіне жол беріледі. Пайда болған жарықшақтар сұйықтық ағынымен бірге айдалған ірі түйірлі құммен бекітіледі. Бұл ұңғыма оқпанының айналасындағы сорғытылатын ауданды және оның өнімділігін біршама жасанды кеуектік кеңістіктің пайда болу себептерімен көбейтіледі.

Егер өндіруді ұңғыма оқпанының айналасы өткізгішітігі аз блоктарымен шектелсе, бұл әдіс жинақталған мұнай бергіштікті 5-15% жоғарылатуы мүмкін.

Сонымен бірге шаюшы сұйықтықтарды сіңіруге жол беретін қомақты ауырлатылған ерітінділермен бұрғылау үдерісінде қабаттың өз бетімен айырылу көрінісі белгілі. Суды айдаумен қабаттың қысымын жасанды қолдау үдерісінде жиі пішіндері қабаттың гидравликалық айырылуын растайтын индикаторлық сызықтар алынады. Сондықтан қысымның жоғарылауында $Q=f(p)$ индикаторлық сызықтың құрылысы пайда болады және ұңғыманың қабылдау қабілеті күрт өседі (8.2 а, ә-сурет).

Су айдау ұңғымаларында қабатты гидрожару ерекше тиімділігін көрсетті. Қабатты гидрожару газды ұңғымаларда кең қолданады.

Қабатты гидравликалық жарудағы жарықшақтардың пайда болу механизмін қарастырайық. Жыныстың айырымға бекемдігі және кернеумен ескертіліп, жоғарыда жатқан жыныстардың салмағымен белгіленген біріккен

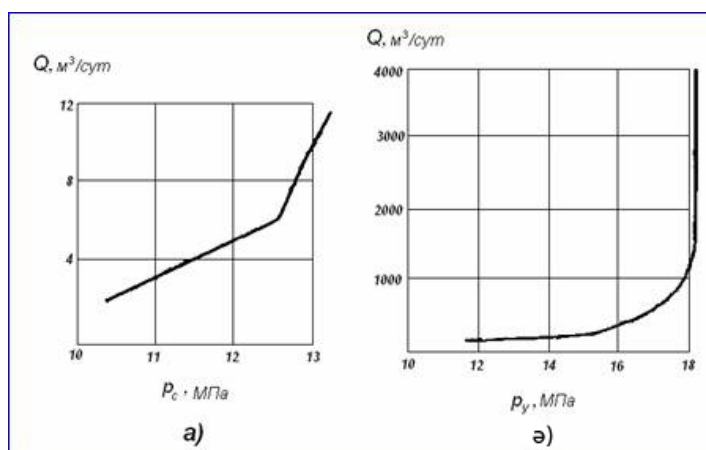
кедергісінен гидравликалық қысым асқанда ұңғыма оқпанында жарықшақтану мөлшері ең аз нүктеде басталады.

Әдетте, шамалы тереңдікте жатқан қабаттарда көлденең айырылымдар, ал тереңдеу жатқандарда – тік айырылымдар орын алады. Зерттеулер нәтижелері көрсеткендей көлденең жарықшақтар жоғары жатқан жыныстардың шамалы қысым мөлшерінде пайда болуы мүмкін.

Сонымен гидравликалық жару қысымы сол кезде пайда болған жарықшақтардың бағдары және өлшемдері кен қысымының сипатына, өнімді жыныстардың табиғи жарықшақтағының сипаты мен параметрлеріне, сондай-ақ қойнауқат қысымының мөлшеріне тәуелді болады. Қабатты гидрожару үдерісінде әр кезде жару сұйықтықтарды айдау жылдамдығы әсермен қамтылған қабаттың қабылдау қабілетінен озуы қажет болады.

Бұл керекті айдау жылдамдығы, әрине, жару сұйықтықтың тұтқырлығына және түп жанындағы аймақтың параметрлеріне (өтімділігі, қалыңдығы, түп конструкциясы және т.б.) тәуелді өзгереді.

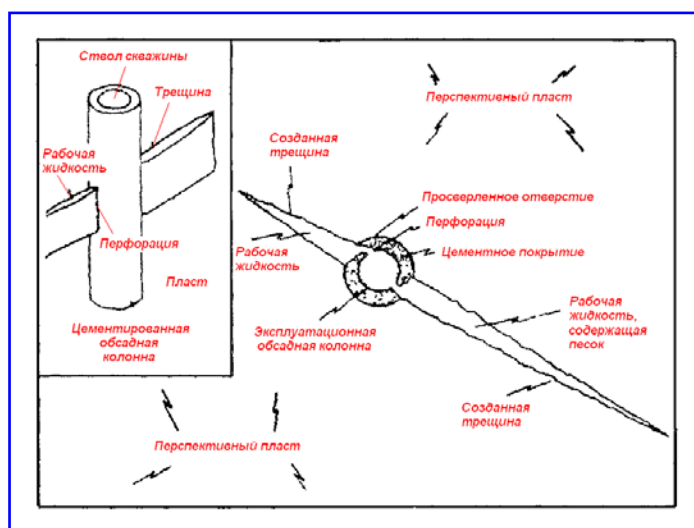
Айтылған өтімділігі аз жыныстарда тұтқырлығы шамалы сұйықтықтарды пайдалану салыстырмалы төмен айдау жылдамдылығымен гидравликалық айырылымға жетуге мүмкін болатынын көрсетеді. Өтімділігі жоғары жыныстарда жарылым үшін тұтқырлығы жоғары сұйықтықтарды немесе айдау жылдамдығын біршама жоғарылату қажет болады. Гидравликалық жаруды берік өтімділігі аз құмтасты, тығыз жарықшақты әктастарды немесе доломиттерді, берік қабаттасқан құм-сазды немесе карбонат-сазды жыныстарды және т.б. ашатын ұңғымаларда пайдалану ұсынылады.



8.2-сурет: а) $Q=f(P_c)$; ә) $Q=f(P_y)$ тәуелділіктері

Өтімділігі 0,5Д аспайтын ірі түйіршікті конгломераттарда және брекчияларда, тасты қабатшалары көп жыныстарда, бос жыныстарда гидрожаруды жүргізу ұсынылмайды. Гидравликалық жару үшін ұңғы-

маларды таңдауда құрылымда оларды орналастыруды, оның ішінде, газ су контактысына (ГСК) қатынасты орын алуды есепке алу қажет.



8.3-сурет. Гидрожарудың принципі

Бұл қабат сулары әсерімен пайда болған жарықшақтар арқылы мерзімінен бұрын ұңғымаларды суландырудың алдын алуға керек болады. ГСК ұңғыманың түп арасындағы қашықтығы кен орнының геология-пайдалану ерекшеліктеріне тәуелді әрбір кен орны үшін тәжірибелік жолмен анықталады. ВНИИ Газ қатпарлы жыныстармен құралған жыныстар үшін төмен перфорациялау тесіктерінен ГСК-ға дейін жетерліктей қашықтықты 8-ден 15 м-ге дейін мөлшерде қабылдауды ұсынады. Анизотропиясы шамалы және жарықшақты жыныстармен құралған кен орындары үшін гидроайыру жарықшақтарынан ГСК-ға дейінгі қашықтықтағы 25-40 м тең мөлшерде қабылдауды ұсынылады.

8.3 Қабатты гидравликалық жарудың түрлері

Қабатты гидравликалық жаруды енгізудің үлкен масштабтары және осы облыста жүргізілген көптеген теориялық және эксперименталды зерттеулер әртүрлі технологиялық схемаларын пайда болуына және жетілуіне әсер етті.

Мұнай қабатының немесе жеке өнімді объектілердің физика-геологиялық және пайдалану сипаттамаларына, сонымен қатар технологиялық схеманың тиімділік шартына байланысты қабатты гидравликалық жару тәсілінің қандай да бір түрі таңдалынады.

ҚЖЖ түрлері жарықтардың бағытымен және санымен анықталады. Жарықтардың бағыты бойынша тік (вертикаль) және көлденең (гори-

зонталь), ал олардың санына бойынша – бірнеше еселі (селективті) және аралық бойынша жару болып бөлінеді.

Сонымен қатар, ҚГЖ тәсілінің келесідей түрлері де бар: магнийлі гидравликалық жару; құм ағынды перфорациямен байланыстырылған гидравликалық жару; жарыққа құм енгізбей, қышқылмен көп этапты жару.

Тік гидравликалық жару

Қабаттың өткізгіштігі қалыпты және өте аз (нөлге жақын) болғанда көлденең гидравликалық жаруды қолдану күтіліп отырғандай эффект берген жоқ. Сондықтан өнімді қабаттың орташа өткізгіштігін қабат қалыңдығы бойынша тік жарықтарды жасау арқылы көтеру туралы ойлар пайда болды.

Көп жағдайда өнімді қабаттың қалыңдық бойынша өткізгіштігі қабат бойынша өткізгіштігінен 5-6 есе төмен және әртүрлі болып келеді. Демек, мұндай қабаттарда қабатты қалыңдығы бойынша “тесіп өтетін” және бір мезгілде қабат бойынша таралатын жарықтарды жасаған тиімдірек болар еді. Мұндай пішінді жарықтардағы мұнайдың ағыны көлденең жарықтардағыға қарағанда жоғары болады.

Өткізгіштігі аз қабатқа абсолют фильтрацияланбайтын жару сұйықтығын айдау кезінде тек қана тік жарықтар түзілетіні теориялық жағынан дәлелденген. Бір жағынан, мұндай жарықтарда жасау үшін қажетті қысым көлденең жару кезіндегі қысымға қарағанда төмен. Бұл жанама және вертикаль тау қысымына байланысты.

Тік гидрожаруды қолдану 1953 жылы Сассек және Уайминг (АҚШ) мұнай кен орындарында басталды, себебі кәдімгі гидрожаруды пайдалану қажетті тиімділікті бермеді. Жүргізілген тәжірибелер тік гидрожару нәтижесінде алынған тиімділік көлденең гидрожаруға қарағанда жоғары екенін көрсетті.

Бірнеше еселі немесе аралық бойынша гидравликалық жару

Гидравликалық жарудың бұл түрінің мәні мынада: перфорациямен ашылған өнімді қабаттың шегінде бір емес, кезек-кезек бірнеше жарық түзіледі. Осыған байланысты қалыңдығы салыстырмалы түрде аз (2-4 м) біртекті мұнай қабаттарда бірнеше еселі гидрожару жүргізу тиімді емес. Осылайша, қабатты бірнеше есе жару тәсілінің қолдану облысы қалың, өзара әсерлеспейтін қатты бөлшектенген қабатшалармен шектеледі. Мұндай қабатшаларда бірнеше есе гидрожаруды қолданудың тиімділігі жарықтардың өнімділігі әртүрлі болуына қарамастан кәдімгі гидрожаруға қарағанда сөзсіз жоғары болады. Көп еселі жаруды алу үшін, яғни қабаттың барлық фильтрациялық зонасы бойынша бірнеше жарықты жасау үшін тығындаушы зат керек. Тығындаушы затқа қойылатын талаптар келесідей: ол жарықтың немесе перфорациялық саңылаудың кірер жерін тығындау керек және жарықты жасау мен бекітуден кейін ұңғы өнімімен ығыстырылып шығуы немесе онда еріп кетуі керек, яғни тығындаушы зат жарықтан ұңғыға сұйықтықтың ағуына кедергі жасамау керек.

Тығындаушы заттарға кальций нафтанаты, жартылай эбонитті серпімді шарлар және әртүрлі напалдар жатады. Зертханалық зерттеулер нәтижесі бойынша кальций нафтанаты құммен толтырылған жарықтарды тығындау үшін жарайтынын көрсетті. Бірақ аз мөлшерде ол шөгіп, өзінің беріктігін, сусымалығын және сынғыштығын жоғалтады. Сондықтан оны пайдалану ұсынылмайды. Саңылауларды серпімді кішкене шарлармен тығындау шегендеуші колоннаның цементтік сақинасында бұзылыстар болған жағдайда мүмкін болмайды, себебі кішкене шарларды қолданбас бұрын колоннаның сыртындағы цементтік сақинаның жағдайын зерттеу керек. Тығындау үшін напалдар ең жақсы материал болып табылады.

Мұнай қабатын бірнеше есе гидрожару келесі технологиялық схема бойынша жүреді: гидрожарудың әрбір операциясынан кейін құм тығыны жасалады, екі типті пакер қолданылады, гидрозатвор және перфорациялық саңылауларды серпімді кішкене шарлармен тығындау қолданылады.

Жартылай эбонитті шарларды пайдалану кезінде перфорациялық саңылаулардың өлшемін ескеру керек. Егер мұнай қабаты кәдімгі оқ-дәрілік перфорациямен ашылған болса, шарлардың диаметрі 16-18 мм болуы керек; ал егер бұл мақсатта кумулятивті префорация қолданса, шарлардың өлшемі 13 мм-ден аспау керек. Шарлар жасалған материал перфорация саңылауы арқылы сығылып өтіп кетпеу үшін жоғары салмақты көтеруі керек. Саңылаулардың шетінде кедір-бұдырлардың болуы немесе олардың формасының дөңгелекке сәйкес келмеуі саңылаулардың тығыз тығындалуына кедергі келтіреді. Сонымен қатар, шегендеуші құбырда жарықтар болған кезде перфорациялық саңылауларды тығындауға болмайды. Аталған кемшіліктердің әсерінен жартылай эбонитті кішкене шарларды пайдалану аясын шектейді.

8.3.1 Абразивті перфорациялы гидравликалық жару

Пайдалану колонналарын абразивті перфорациялауды 1960 жылдан бастап, ал гидравликалық жаруды абразивті перфорациямен қоса 1962 жылдан бастап қолдана бастады. Жасалған тәжірибелер айдау қарқыны бірдей болған жағдайда жарықты жасау үшін қажетті қысым абразивті перфорациямен қоса істелген гидрожару кезінде абразивті перфорацияға қарағанда ондаған атмосфераға төмен екенін көрсетті. Қысымның төмендеуі гидрожарудан бұрын тығыз перфорация жасау кезінде де байқалған.

Жүргізілген тәжірибелердің нәтижелері бұл екі тәсілді қатар қолдану барысында ұңғыдан өндірілетін мұнай шығымының қатты өсуі байқалмайтынын көрсетті.

Ұңғының түп маңы аймағына әсер еткен кезде мұнай шығымының өсуі жару сұйықтығы және сұйықтық-құмды қоспа абразивті перфоратормен жасалған каналға түскен жағдайда болады. Демек, абразивті перфорациямен қоса жүргізілетін гидрожару технологиясын жару және құм тасығыш сұйықтықтар абразивті перфорация каналы арқылы таужынысына қарай бағытталадындай етіп өзгерту керек.

8.3.2 Магнийлі гидравликалық жару

Қабатты магнийлі гидравликалық жару кәдімгі гидрожару технологиясы бойынша жүргізіледі. Өлшемі 0,2-2 мм немесе үнЕАҚ түріндегі магний құм тасығышпен бірге жарыққа айдалады, сонан соң 15%-дық тұз қышқылы айдалады. Оны басу үшін гидрожару кезінде қолданылған сұйықтық алынады, бірақ оның көлемі құбырлардың немесе колоннаның көлемінен біршама көп болады.

Экзотермиялық реакцияны алу үшін қажетті қышқыл мөлшері 1 кг магнийға 35-40 л болып табылады. Экзотермиялық реакцияның нәтижесіндегі бөлінетін жылу мөлшері 5000 ккал, ал жыныстың қызу температурасы 100-130 С дейін жетеді. Мұндай температура парафин мен шайырлы-асфальтенді заттарды ерітуге жеткілікті.

8.3.3 Вакуумды ыдысты гидравликалық жару

Егер вакуумды ыдысты белгілі бір тереңдікте ұңғы ішінде орналастырып, қандай да бір тәсілмен бұзсақ, онда пайда болған толқындардың күші қабаты гидравликалық жаруға қажетті гидродинамикалық қысымды ауыстыруы мүмкін.

Мұнайлы қабаттарды гидравликалық жару барысында айдалатын сұйықтықтың қысымы әсерінен жарық қабаттың ең әлсіз бөлігінде түзіледі. Кейбір жағдайда мұндай жарықтар қабаттың өнімді емес бөлігінде түзіледі. Мұндай жағдайларды соқпа толқындарды пайдаланған кезде болдырмауға болады, яғни соқпа толқынның күшін өнімді қабаттың мұнайға қаныққан бөлігіне бағыттауға болады.

Соқпа толқындарды пайдаланып жүргізілген гидравликалық жару алғаш рет Огайо кен орнындағы (АҚШ) тереңдігі 305 м газ ұңғысында қолданылды. Ұңғы түбіндегі қысым 210 атм кезінде сұйықтық айдау арқылы гидравликалық жаруды жүргізу ешқандай нәтиже бермеді.

Соқпа толқынның күшін пайдалану мақсатында ұңғыға диаметрі 101 мм, ұзындығы 610 мм ыдыс түсіріп, оны өнімді қабаты маңында орналастырды. 140 атм артық қысым және айдау жылдамдығы 1,3л/сек кезінде ұңғыны сумен толтырған соң сағалық қысым 49 атм-ге дейін түсіп кетті. Айдау қарқыны 13,2 л/сек кезінде ұңғы сағасындағы қысым 112 атм-ге дейін көтерілді, яғни ұңғының қабылдауы 10 есе артты, ал бұл өз кезегінде ыдыстың бұзылғанын және жарықтың пайда болғанын дәлелдеді. Осы операцияны жүргізген соң ұңғының тәуліктік шығымы 2 есе артты.

Вакуумды ыдыстың бұзылуы кезінде сұйықтық бір мезетте (секундтың мыңнан бір бөлігінде) вакуумды кеңістікті толтыруға ұмтылады. Бұл мезгілде қабаттық сұйықтық осы кеңістікті толтыруға ұмтылады, бұл кеуекті каналдардың тазаруына әсерін тигізеді. Осы сәтте қозғалыстағы сұйықтың тоқтауы салдарынан ыдыстың маңайында көлемі бойынша аз, бірақ күші мықты сығылу толқыны пайда болып, ұңғы қабырғасына жылжитын соқпа толқынға айналады. Оның максимал мәні артық және гидростатикалық

қысымдардың қосындысынан екі есе үлкен болады. Пайда болу көзінен алшақтаған сайын соқпа толқынның амплитудасы төмендейді. Соқпа толқынның көзінен фильтрдің перфорациялық саңылауларына дейінгі арақашықтығы 5-6 см-ден аспайтындықтан, толқын күші жарық жасауға жеткілікті болады.

Соқпа толқынның күші ыдысқа түскен қысымның мәніне және вакуумды кеңістіктің көлеміне байланысты болады.

8.3.4 Қабатты құм енгізбей қышқылмен бірнеше кезеңді жару

Құм енгізбей қабатты жару мұнай кәсіпшіліктерінде ғана емес, сонымен қатар барлау ұңғыларын сынау және меңгеру кезінде де қолданылады.

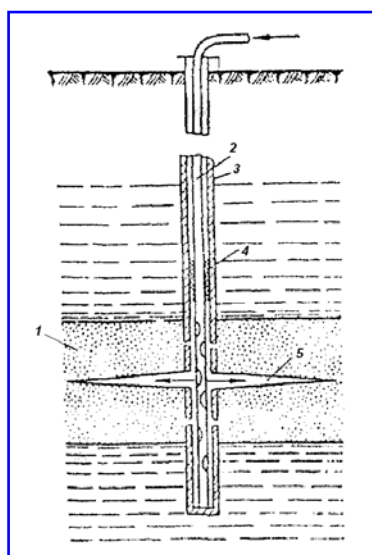
Қабатты түзілген жарықтарға құм енгізбей қышқылмен бірнеше кезеңді жаруды тығыз гранулалы жыныстардан түзілген (өткізгіштіктері бірнеше немесе ондаған миллиард болатын құмтастар мен саздардың кезектесуінен құралған) қабаттарда жүргізу ұсынылады. Сонымен қатар, бұл тәсілді туфогенді, карбонатты, жарықшақты жыныстардан түзілген қабаттарда және пайдалану ұңғыларының түп маңы аймағының жыныс кеуектерінде уақыт өте кальций, магний және т.б. тұздары шөгетін (жыныстардың өткізгіштігін төмендетіп, сұйықтықтың қабаттан ұңғыға жылжуына кедергі келтіретін) кездерде қолдануға болады.

Қабатты түзілген жарықтарға құм енгізбей қышқылмен бірнеше кезеңді жару (гидроқышқылды жару деп те аталады) алғаш рет 1957 жылы енгізілген.

Қабатты бірнеше кезеңді қышқылмен жару технологиясының мәні мынада: ұңғының түп маңы аймағына әсер ету мақсатында қышқылды өңдеу мен гидравликалық жару қатар қолданылады (айдау қарқыны және қысымы жоғары жағдайда). Бірнеше кезеңді жару кезінде тұз қышқылдарының әсерінен жыныстардың кеуектері карбонаттардан босайды, ал мұнайлы бөліктегі сазды бөлшектер ериді және жыныстардың сыналануы жүреді. Осылайша бірнеше кезеңді қышқылмен жару кезінде бір технологиялық процесс барысында екі физика-химиялық әсер ету жүреді.

8.4 Гидрожарудың технологиясы

Қабатты гидравликалық жаруда сорапты-компрессорлы құбырлар (2) арқылы өнімді қабатқа (1) жару сұйықтығы айдалады (8.4-сурет).



8.4-сурет. Гидрожарудың технологиялық сұлбасы

Пайдалану бағанасына (3) жоғары қысым әсерін тигізбеу үшін қабаттың төбесінде пакер (4) орнатылады. Жару қысымының жарықшақтардың пайда болу қысымына сәйкес келу кезінде, қабаттың өнімділік коэффициенті күрт өседі, оның алдында анықтағанмыздай $Q=f(P_c)$ немесе $Q=f(P_y)$ тәуелділіктері графиктерінде сызықтың бұрылысы айқын көрсетеді (8.2-суретті қараңыз). Гидравликалық жару тәжірибесі көрсеткендей, сұйықтықпен бірге айдалған құм айыру қысымы жеткенде ғана қабатқа өте алады, одан төмен қысымдарда ол шөгеді және ұңғыманың түбінде жинақталады. Сонымен бірге табиғи жарықшақтығы жоқ монолитті қабатта жарықшақтардың пайда болу кезінде өнімділік коэффициенті күрт өсетіндігін атап айту керек (8.1 а-суретті қараңыз). Табиғи жарықшақтағы бар қабаттарды гидравликалық жаруда бар болған жарықшақтар дамып және қатпарларға бөлінуден өнімділік коэффициентінің өсуі бірқалыпты болады (8.2 ә-суретті қараңыз). Гидрожарудың ақтық мақсатына ұңғыманың дебитін ұзақ уақыт мерзіміне арттыруға жету үшін қабатта пайда болған жарықшақтықтарды бекіту қажет. Жарықшақтықтарға ол үшін қысымның төмендеген кезінде жарықшақтардың қабысуына жол бермейтін ереже ретінде ірі өлшемді құм айдалады. Сонымен қатар капрон шыны, кішкене шарлар, қатты қыздырылған боксит және т.б. қолданады. Қабатты гидравликалық жару тәжірибесі көрсеткендей, жарықшақтардың тарау радиусы бірнеше ондаған метрлерге жетеді, ал жарықшақтың ені – 1-2 см және одан артық болады. Сонымен қабатты гидравликалық жаруда ұңғымалардың қабырғасынан едәуір қашықтықта сүзілу кедергісі азаяды, ол ұңғыманың өнімділігін арттырады және басқа әдістермен салыстырғанда қомақты артықшылығы болып табылады.

Қабатты гидравликалық жаруды өткізу үдерісі: жарықшақтардың пайда болуы, сорғы компрессорлы құбырларға құмды жіберу және пайда болған жарықшықтарды құммен бекіту сияқты 3 кезеңге бөлінеді. Жарықшақтардың пайда болу үшін жіберілген жұмыс сұйықтықтарында механикалық қоспалар және қабаттағы сұйықтықтармен немесе жыныспен өзара әрекеттесу кезінде ерітілмейтін шөгінділер болмау керек. Олар қабаттан жеңіл қайта алынуы қажет, ал ең жақсысы, егер олар қабаттағы сұйықтықта ерітілетін болса. Жұмыс сұйықтықтарының тұтқырлығы, ең болмаса, гидравликалық айыруды өткізу кезінде, елеулі өзгермеуі қажет. Одан басқа қабатты гидравликалық жаруда айыру сұйықтығына, сұйықтық құм тасымалдаушыға және қысымдаушы сұйықтыққа оған жарықшақтықтар арқылы сұйықтықтың сүзілуін алдын алу, құмның тұрақты қоюлығын сақтау, сонымен бірге құбырларда құмның шөгуіне жол бермеу үшін қажет болатын кейбір қосымша талаптар қойылады. Монолитті жыныстарда пайдаланатын жару сұйықтығын кеуекті орта арқылы жақсы сүзілу қабілетін қажет етеді, ал табиғи жарықшақтылығымен сипатталатын қабаттарда айыру сұйықтығы оған сүзілмеу керек немесе сүзілу жылдамдығы тез басылуы қажет болады. Сұйықтық – құм тасымалдаушы құмды қалқынды жағдайында жақсы ұстап қалу қажет.

8.4.1 Гидрожару үшін материалдар және жабдықтар

Басты компоненттеріне байланысты гидрожару үшін арналған сұйықтықтар су, көмірсутекті және аралас негізіндегі сұйықтықтарға бөлінеді. Су негізіндегі гидрожаруға арналған сұйықтықтар су және қышқыл қоспасы болып табылады. Сұйықтықтың тұтқырлығын жоғарылату үшін құмды тасымалдау қабілетін өсіретін, қоюлатқыш агенттер сұйықтыққа қосылады. Көмірсутекті негізіндегі сұйықтықтар май және қышқылдың қоспасы болып табылады. Эмульсия типті (араласқан) сұйықтықтар май және судан немесе қышқылдан дайындалады. Бір фазасы өте кішкене тамшылар түрінде басқа фазасында шашыраған. Бұл сұйықтықтарға өте жақсы құм тасымалдау қабілеті және өте төмен сұйықтықтардың жоғалымы тән, бірақ олар су негізіндегі сұйықтықтармен салыстырғанда қымбат болады.

Гидрожару үшін жабдықтар: сорап қондырғысы, қоспалауыштар, құм тасымалдағыштар және сұйықтық тораптары сияқты 4 басты бөлімдерден тұрады.

Осы кездегі сорап қондырғылары 140 МПа-ға дейін қысымдарда үздіксіз жұмыс істей алады, оған қоса оларды бір өндеуді жүргізу үшін біріктіруге болады. Бұл мақсатқа жету үшін 2АН-500, 4АН-700 агрегаттары және 3ПА құм қоспалауыштарын қолданады. Ұңғыманы гидрожару үшін қажетті оның беттеріндегі қысым 3 факторлар үйлесімімен:

- қабатқа ұңғыманың төменгі бөлігіне гидрожаруда сұйықтықты айдау үшін қажетті қысыммен;
- сорапты-компрессорлы құбырмен немесе шеген құбырымен төмен ағу кезінде үйкелістен пайда болған қысымның жоғалымдарымен;

– ұңғымада сұйықтық дінгегінің әсерінен пайда болған қысыммен анықталады.

Қабаттағы қысымның үйкеліс нәтижесінде құбырдағы қысымның төмендеуінен қосылған және одан гидрожару сұйықтықтың гидростатикалық қысымын алу жер бетінде жинақталған қысымға тең болады. Көптеген жағдайларда, әсіресе, егер гидрожару сорапты-компрессорлық құбырлар арқылы орындалатын болса, үйкеліс ең маңызды құрастырушысы болып табылады.

Гидравликалық жарудың экономикалық тиімділігінің операцияны орындауға бағытталған шығыстың мұнай және газдың қосымша өндірілген мөлшерлерімен анықталады. Бұдан қосымша өндірілген өнімнің өзіндік құнын анықтайды және жоспарлағанымен салыстырылады. Игеруге еңгізілген кен орындарында экономикалық тиімділікті әрекеттегі ұңғымалардың жұмыс дебиттерін арттыру нәтижесінде бұрғыланбайтын ұңғымалар санымен анықтайды.

8.5 Қабатқа әсер етудің басқа физикалық әдістері

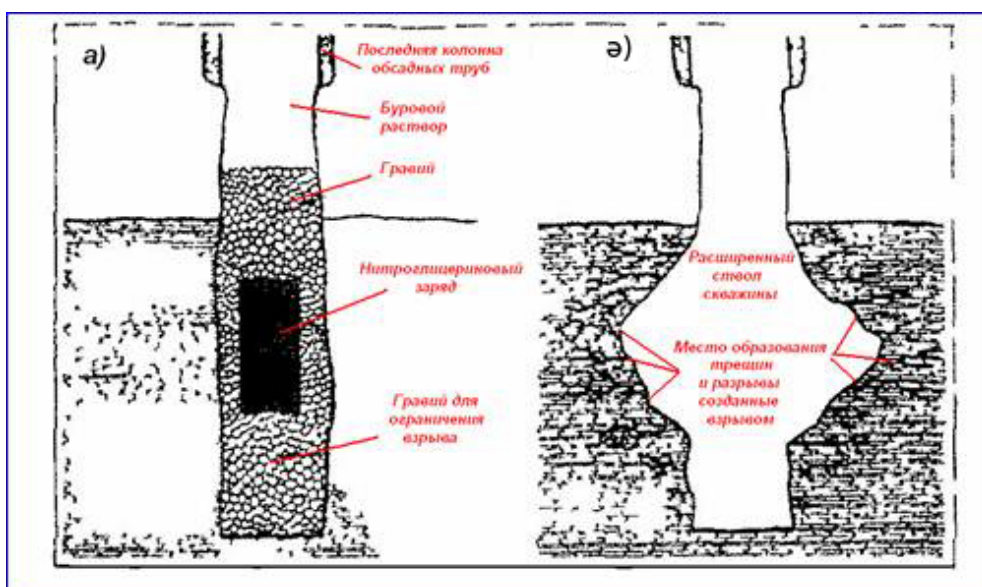
Қышқылды өңдеу және қабатты гидравликалық жару қабатқа әсер етудің ең әдеттегі әдістері саналады, бірақ кейде бірнеше басқа әдістер қолданылады.

Ұңғымаларды торпедалау. Қабаттың түп жанындағы аймағына жарылыспен әсер ету торпедалау деп аталады. Ол үшін өнімді қабатқа қарсы ұңғымада аттырылатын заттың гексоген, нитроглицерин, динамиттер, тротил тиісті заряды қойылады және оны жарылыспен қопарады. Торпеданы жару кезінде қуатты соқпа толқын пайда болады, ол ұңғыма оқпанының өлшемін үлкейтеді және одан біршама қашықтықта өнімді қабатты (жарықшақтанумен) бұзады (8.4-сурет).

Соңынан жарылыс нәтижесінде пайда болған газды көпіршіктердің өтуі арналардан бұзылған шөгіндіні шығаруды қамтамасыз етеді. Дегенмен мұндай өңдеу ұңғыманы шегенделмеген оқпанмен аяқтауды талап етеді. Кейде шамалы зарядтарды, әсіресе, қабатты гидроайырудың алдында, ең өнімді аймақтарға қарсы жерде арттырады. Торпедалаудың мәні гидравликалық жару үшін пайдаланған материалдарға сайланған учаскелерде өтуге көмек жасаудан тұрады.

Гидроқұмды ағысты перфорациялау – бұл өнімді қабаттың ұңғыма оқпанымен игеру бағанасының қабырғаларында, цемент тастарында және кен жыныстың арасында қатынасы үшін тесіктерді жасау үдерісі.

Ол үшін арнайы құрылғының (перфоратордың) сұғындырмасынан қысыммен аққан құмды сұйық ағыстың қуатын пайдаланады. 50-200 г/л құм маңызымен жұмыс сұйықтығы 3-4 л/с шығысымен ұңғымаға айдалады.



8.5-сурет. Қабатты нитроглицеринді қарқындату: торпедалаумен әсер етуге дейін (а) және содан кейін (ә).

Оның перфоратордың сұғындырмасынан шығу жылдамдығы 200-600 м/с, ал қысымның деңгей айырмасы 18-22 МПа құрайды. Осы жағдайларда бағананы және жыныстарды перфорациялау жылдамдығы орта есеппен 0,6-0,9 мм/с-ке дейін құрайды. Бұл құрылғыда қышқылмен ерітілетін шөгінділерді шығару үшін қышқылды пайдалануға болады.

8.6 Полимерлік ерітінділерімен қабаттан мұнайды ығыстырып шығару

Қабаттың мұнай бергіштігін тігісті полимерлі жүйені қолдану арқылы арттыру технологиясы мұнай бергіштікті сулану мен қабатты жаулауды көтеру есебінен ағымды және соңғы коэффициентін көтеруге бағытталған.

– Қолдану аймағы

Мұнай-газ кен орнының теригенді және карбонатты өткізгіштігі 0,05 мкм²-дан жоғары коллекторы. Қабат температурасы 100⁰С -ге дейін.

– Технологияның мәні

ТПҚ қолданудың арақашықтығы қабаттың едәуір терең жеріне етуге қабілеттілігі қабатшалардың арасындағы гидродинамикалық байланыстың болуында және қабатта ағынды бөлуді тиімді реттеуге қабілетті қоспаны қолдануды қарастырады.

Тігісті полимерлі құрам:

- полиакриломид (ПАА);
- хром ацетаты заттарынан тұрады.

ТПҚ айдау алдында ұңғыны, егер қабылдағыштық $200 \text{ м}^3/\text{тәу}$ -тен төмен болса, қысым 10 МПа -ға дейін болса, КПАС (3 м^3 -пен) берілген қабылдағыштыққа жеткенге дейін қабылдағыштыққа сынау жүзеге асады.

Қабаттың мұнайға қаныққан аз өткізу интервалында ТПҚ берілген көлемін айдаудан кейін қабатқа қоспаны ығыстыру жүзеге асады, одан кейін ұңғы 48 сағат көлемінде гел түзуде ұсталынады.

Жоғарыда айтылған ұңғы өнімінің сулануын азайту бойынша технологиялар Қазақстанның көптеген кен орындарында жүргізілген және жақсы қорытындылар берген.

Мұнайды ығыстырушы судың тұтқырлығына, мұнай мен судың тұтқырлықтарының қатынастарына тәуелді.

Полимерлі су айдауда төмен концентрацияларда судың тұтқырлығын арттыруға, оның қозғалысын төмендетуге және осының әсерінен қабаттарды су айдаумен қамтуды арттыруға қабілеті жоғары молекулалы химиялық реагент – полимер (полиакриламид) ериді. Полимерлер концентрациясы $0,01$ болған кезде – оның тұтқырлығы $3-4 \text{ мПа}\cdot\text{с}$ -қа дейін артады. Бұл қабаттағы мұнай мен су қатынасының дәл осылай азаюына және судың жарылу жағдайларының азаюына алып келеді.

Полимерлі ерітінділерді айдау үшін кәдімгі су айдауға қарағанда жоғары қысым талап етіледі, ол игерудің қажетті немесе ұқсас қарқындарын қамтамасыз етеді.

Осы себептен полимерлі су айдау өткізгіштігі нашар қабаттарда техникалық орындалмауы мүмкін. Бірақ полимерлі су айдау үшін ұңғыманың тек нұсқаішілік тығыз сеткаларын қолдануға болады.

Полимер ретінде полиакриламид (ПАА) қолданылады. ПАА гель қатты түйірлер және ұнтақтар түрінде шығарылады. Әдетте, суда ПАА-ның: гель бойынша $1-5\%$, қатты гель (түйірлер немесе ұнтақ түрінде) бойынша $0,08-0,4\%$ концентрациясын қолданады. ПАА сорбциясы жоғары болғандықтан, оның концентрациясын осы полимердің сулы ерітіндісі $\mu_{en} = 5 - 6 \mu_g$ болатындай көтереді.

Қабаттардан мұнайды ығыстыру үшін ПАА сулы ерітіндісін $\mu_n = (10 - 30) \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$ кезінде қолданған дұрыс.

Мұнай қабатын толтырылатын полимердің сапалысы – полиакриламидаларды жиірек қолданады. ПАА молекулалық құрылыс бұл заттың молекуласы сутегі және азоттың атомынан тұратын ұзын тіркестерін сызба түрінде көрсетуге болады.

Полимерлердің су ерітіндісінің фильтрлеуі оның қозғалысы жылдамдығын қысым градиентінің үлкеюі жылдамдығымен салыстырғанда ақырынырақ өседі.

Көмірсутектердің және спирттің белгілі бір қатынасына жеткен кезде ерітіндіде мицелла молекулаларының физикалық-химиялық байланысқан топтары пайда болады. Мұндай ерітінді мицеллярлы деп аталады.

Құрамы мынадай мицеллярлы ерітінділер қолданылады (%):

1. Сульфаттар-6; ББҚ-1,2; изопропил спирті-1,2; керосин-51,6; су-40;
2. Сульфонат-8; ББҚ-2; мұнай немесе белгілі бір сұйық көмірсутектер құрамы-30; су-60;

Мицеллярлық ерітіндіні тиімді болатын тұтқырлық құрайды, алайда бастапқы заттардың тұтқырлығы оған қарағанда үлкенірек. Егер бұл ерітіндіні басты сызықтары арқылы осы аймаққа суға өтсе, онда ерітіндіні ығыстыру тиісті мицелляр байлағышынан кем болады. Бұл жағдайда ерітіндінің ығыстыру коэффициенті төмендейді. Қабат бойынша мицеллярлық ерітіндіні жиектеу үшін полимердің су ерітінділерін қолданады.

Полимерлі су айдау қабаттардың мұнайбергiштiгiн арттырудың перспективалық әдістерінің бірі болып табылады. Алайда әдістің кең қолданылуын шектейтін үлкен кемшіліктері де бар.

Әдістің негізгі кемшілігі – су айдау қысымын арттырумен қалпына келмейтін түптік зоналардың тұтқырлығының күрт артуы салдарынан айдау ұңғымаларының өнімділігінің күрт төмендеуі. Сондықтан өткізгіштігі төмен ($0,1 \text{ мкм}^2$ аз) коллекторлар мен жоғары температураға (90° артық) ие терең қабаттар үшін полимерлер қолдану қазіргі уақытта мүмкін емес болып тұр. Полимерлі ерітіндінің құрылымын бұзатын тұз мөлшері көп біртекті қабаттарға полимерлер айдаудан көп нәтиже күтуге болмайды. Себебі әдіс қымбат болып табылатындықтан, оның қолданылуының экономикалық тиімділігі тек мұнайдың жоғары бағаларында мүмкін болады.

Болашақта полимерлі су айдаудың қолданылуы суда еритін полимерлер, әсіресе, тұзға тұрақты полимерлер өндірісінің көлемімен анықталады. Қабаттардың мұнайбергiштiгiн арттыру үшін полимерлерге қажетті мөлшерде ондаған мың тоннаға жететін су айдау қажет. Полимерлі су айдаудың болашағы көбінесе, басқа МУНОП (сілтілік су айдау, мұнайды бумен, ыстық сумен, ББҚ, CO_2 -мен ығыстыру) үйлескен полимерлер бағасына тәуелді болады, ол ең жақсы тиімділікке қол жеткізуге мүмкіндік береді.

МКИ физикалық-химиялық әдістерінің арасында мұнайлы қабатқа, спирттердің, мұнай еріткіштердің, судың және ПАА сулы ерітіндісін айдау арқылы кешенді әсер ету әдісі белгілі. Ол мицеллярлы-полимерлі су айдау деп аталады.

Бұл жағдайда ерітіндіні ығыстыру коэффициенті төмендейді. Сондықтан қабат бойынша мицеллярлы ерітінді жиегінің қозғалысы үшін полимердің сулы ерітіндісін пайдаланады. Қабатқа осылай әсер ету мицеллярлы-полимерлі су айдау деп аталады.

Бірақатар жағдайларда әдетте, суландырумен мұнайды қысып шығаруда жақсы көрсеткіштерге қол жеткізілмейді, негізінде, қысып шығарушы агенттің қабаттың локальды жоғары өтімді учаскелерімен және аймақтарымен алға кету себептерінен. Жылжу шебінің біркелкі еместігі екі себептермен: мұнайдың және судың қозғалмалылығының тиімсіз арақатынасымен және коллекторлардың біртекті еместігімен ерекшеленеді.

Мұндай жағдайларда қабаттардың мұнайбергіштігін қысып шығарушы ортаға оның шебінің біркелкі қозғалуын қамтамасыз ететін тұтқырлығын арттыру есебін, тұтқырлықтың тұрақсыздығын төмендететін қасиеттерін беріп, қорытындылай келе, қысып шығару коэффициентін жақсартуға болады. Аталған қасиеттерді қысып шығарушы сұйықтықты жоғары-молекулярлы қосындыларды, полимерлерді қайта өңдеумен алуға болады. Қысып шығарушы суды полимерлермен қайта өңдеу бірқатар жағдайларда қабатты қамтумен арттырады. Сондықтан бұл әдіс әдетте, өнімділігі үлкен аудандарға жайылған коллекторларда пайдаланады, өйткені полимер ерітіндісі, тек қана суды емес, сонымен қатар коллектордың қомақты бөлігін қамтиды. Белгілі болғандай, кейбір сызықты полимерлерді мұнайды қысып шығарушы суды қоюлатқыш ретінде пайдалану қабаттың мұнайбергіштігі коэффициентін орта есеппен 7-10%-ға арттыруға мүмкіндік береді.

Полимерлік ерітінділерімен мұнайды қысып шығарудың қомақты артықшылықтарының бірі коллекторлардың біртекті еместігінің өсу дәрежесімен үдерістің тиімділігінің арттыруында тұрады. Соңғысы полимер ерітінділерінің біртекті емес кеуекті ортада сүзілудің реологиялық ерекшеліктерімен түсіндіріледі. Полимерлік ерітінділерді біртекті емес ортадан қысып шығарушы агент ретінде пайдаланудың тиімділігін келесі үдерістер анықтайды.

Шамалы қоюлығы бар (0.01-0.05%) жоғары молекулярлы қосындылармен, қысыммен шығарылатын ортаны қайта өңдеу оған тұтқырлы серпімді қасиеттерді беріп, өте үлкен мөлшерде жылжымалылық коэффициентін төмендетеді, сол себептен қысып шығарушы ортаның жылдамдығы төмендеумен оның алдын ала бұзып шығу мүмкіндігі азаяды және 1 тонна мұнайға шығындары қысқартылады.

Полимерлік ерітінділердің көбісі ньютондық емес (тұтқырлы-серпімді) қасиеттермен сипатталады, олардың физикалық константалары жылжу жылдамдылығына тәуелді болады және соның есесіне әртүрлі коллекторларда қысып шығару шебінің тұрақты жылдамдықпен жылжуы орын алады.

Көптеген табиғи және синтезделген полимерлер белгілі, бірақ олардың арасынан тек қана кейбіреулері су мен мұнайда жақсы еритін қасиетімен ерекшеленеді.

Мұнай өнеркәсібінде негізінен суда еритін полимерлер қолданылады. Бұл полимерлердің суда жақсы еруі үшін макромолекулалардың тізбегінде полимерлі гидрофильді топтардың (амидты, карбоксильды, гидроксильды және т.б.) болуы қажет. Қабаттардың мұнайбергіштігін арттыру үшін ең кең тараған болып полиакриламидтер (ПАА) есептеледі.

Мұнай өнеркәсібінде пайдаланатын полиакриламидтер тобы полимерлерінің молекулярлы салмағы бір миллионға жетеді. Олардың полимеризациялау дәрежесі бірнеше ондаған мыңға барады. Егер сондай полимерлердің молекулаларын созса, онда олардың ұзындығы бірнеше

микронды құрайды. Тіпті, оларды статикалық шумақ түрінде жинақтаса, өлшемдері бірнеше микронның ондаған бөлігінен аспайды. Мұндай полимерлік молекулалардың бөлігі механикалы түрде жыныстардың беттерінде тар кеуектерінде ұсталып және адсорбцияланып қалады. Нәтижесінде ерітіндінің ішінде полимерлік құрылымдардың мәні қысу шебінің жылжуына байланысты біртіндеп азаяды.

Кеуекті ортада механикалы ұстап қалу және полимерлік құрылымдардың адсорбциялануы – қабатқа полимерлік әсердің тиімділігін төмендететін факторлар, сондықтан оларды есепке алу қажет. Сонымен бірге жоғары молекулярлы салмағы және молекулалардың салыстырмалы ірі өлшемдері ерітінді – судың тұтқырлығын арттыруды қамтамасыз етеді. Сол себептермен полимерлік ерітінділердің құрамын және қасиеттерін оңтайлау қажет болады.

Үлкен дәрежеде полимерлік ерітінділермен қысып шығарудың тиімділігі олардың кеуекті ортада сүзілу кезінде сипат алатын қасиеттерімен, атап айтқанда, реологиялық сипаттамаларымен анықталады. Зерттеулер нәтижелері көрсеткендей, әртүрлі ерітінділердің ПАА сол бір жылдамдығы интервалында өтімділігі жақын керндерде фильтрациясы сондайлық бірдей емес. Молекулярды массасы 1×10^6 дейін гомополимерлер өтімділігі жоғары керндерден (10^{-12} м^2 және одан жоғары) жылдамдығы 12 м/тәул. төмен ньютодық емес сұйықтықтар секілді сүзілетіні анықталған.

Полимерлік ерітінділерді дайындағанда келесі жағдайларды есепке алу керек: полимерлердің суды қоюландыру қабілеті максималды, ал адсорбцияның және кеуекті ортамен механикалық ұстап қалуы ең шамалы болуы абзал. Полимерлік ерітінділердің сүзілуін зерттеуде кедіргіні белгілейтін тұтқырлы күштер тек қана сүзілудің шамалы жылдамдылықтарында шешуші фактор болады және оның өсуімен қомақты төмендейтінін есепке алу қажет. Сонымен, кедіргілердің өсуі басталатын жылдамдықтар үшін фильтрациялау заңын келесі түрде жазуға болады:

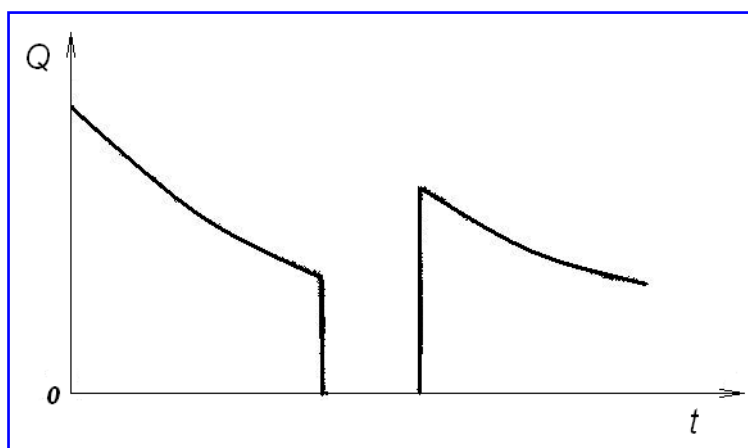
$$\text{grad} \rho = -\frac{k}{\mu} v' \left[1 + 10 \left(\frac{\bar{v} \theta}{d} \right)^2 \right], \quad (8.9)$$

мұндағы, θ – релаксациялау уақыты; \bar{v} – сүзілу жылдамдығы; $d = \sqrt{k/m}$

Полимерлік ерітіндінің сүзілу үдерісіне бірқатар факторлардың әсер ететінін еске алған жөн. Мысалы, егер сүзілуді біршама уақытқа тоқтатса, ал соңынан қайталанса, онда бастапқы кезде сұйықтықтың шығымы тоқтағанға дейінгісінен артық болады (8.5-сурет). Бұл құрылымды жүйелерге сипатты жағдай релаксациялау және үдерістің біркелкі болмауымен белгіленеді. Тұтқырлығы шамалы сұйықтықтарға тән релаксациялау уақыты шамамен, 10 с-ке тең болады. Бұл көрсеткіш молекулалардың өлшемдеріне тәуелді

және төменгі гомологтардан жоғарғыларына қарай өседі. Өте ұзын молекулалары бар полимерлердің релаксациялау уақыты өте ұзақ болады. Полимерлік ерітінділері үшін серпімді деформациялар сипатты, олар негізінде бастапқы кездегі ерітіндінің көлемді серпімділігімен анықталады. Соңынан көлемді тұтқырлы ағыспен дамиды.

Полимерлік ерітінділердің тұтқырлы-серпімді қасиеттерін сапалы өрнектеу үшін Пойнтниг және Томпсонмен ұсынған реологиялық модельді пайдалануға болады.



8.7-сурет. Уақыт ағымында және сынымалауды тоқтатудағы полимердің сүзілу шығыны

Осындай жағдайларда кернеулер релаксациясының теңдеуін:

$$P = P_{\infty} + (P_0 - P_{\infty}) \exp(-t / \theta) \quad (8.10)$$

деп жазуға болады.

Мұнда: P_0 , P_{∞} , P – тиісінше сынама үдерісінің бастапқы кездегі, сынама-ның соңында («тепе-теңдік») және ағымды сынама үдерісіндегі жүйедегі қысымдар; θ – релаксациялау уақыты.

Сынамалар нәтижелері бойынша $(P_0 - P_{\infty}) / (P - P_{\infty})$ тәуелділігі салынады (8.7-сурет). Барлық нүктелер турасызыққа жақсы жатады, сызықтардың құлама бұрышы бойынша релаксациялау уақытын табу жеңіл. Жүйені тез арада жүктеуде релаксациялау уақыты бастапқы қысымның жоғарылауын азайтатыны анықталған.

Белгілі полимерлердің көптеген санына қарамастан олардың барлығын төмен тұтқырлығына, жоғары адсорбциялану қабілетіне, температуралық және уақытты деструкциясына орай сүзілуіне байланысты бірдей суды қоюлатушы ретінде пайдалануға болмайды. Молекулярлы массасы $\ln(P_0 - P_{\infty}) / (P - P_{\infty})$ t-дан тең полимерлер ең тиімді: акриламид негізіндегі

полимерлер (гидролиздалған полиакриламидтер), полиоксипропилендер және полисахаридтер сияқты үш типтерін алуға болады.

Полимерлерді пайдаланудың тиімділігі критерий ретінде 1 т айдалған полимерге келетін қосымша алынған мұнайдың көлемін қолдануға болады. Бұл көрсеткіш 300-400-ден 10-13 мың м³-ке дейінгі аралықта өзгереді.

Полимерлерді пайдаланудың тәжірибесін талдап, әдістің кейбір ерекшеліктерін белгілеуге болады:

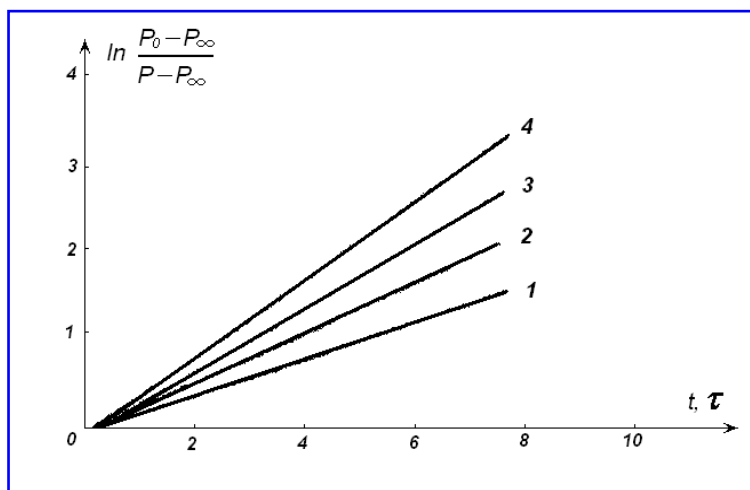
1) қоюлатқыш ерітіндіні айдау орташа тәулікті судың айдау көлемін біршама азайтады. Бұл жағдай қамту және қысып шығару коэффициенттерінің мәнін арттырумен толықтандырылады, сондықтан игеру мерзімі өспейді;

2) барлық жағдайларда айдама ұңғымалардың қабылдау пішімі бұрын іске қосылмаған қабатшаларды қамту есесіне теңеседі;

3) өндіруші ұңғымалар полимерлік ерітіндіні айдауына суландырудың қарқыны төмендеумен, мұнай дебитінің өсуімен әрекет етеді;

4) кеуекті кеңістіктің 30% көлеміне жиектің көлемін полимер ерітіндісінің қоюлығы 0.025-0.05%-ға тең айдау ең тиімді;

5) үдерістің тиімділігін анықтайтын ең маңызды фактор сілемдерді полимерлік суландыруға өтетін игеру кезеңі болып табылады.



8.8-сурет. Уақыт ағымында полимерлік жүйені ұстау уақытына $(P_0 - P_\infty)/(P - P_\infty)$ тәуелділігі:
 1. - $t = 6$ сағ. (ПАА қоюлығы 0.05%); 2. - $t = 4.7$ (0.2%); 3. - $t = 3.2$ (0.2%); 4. - $t = 2.2$ (0.2%),
 t – релаксациялау уақыты

Экономикалық тұрғыдан мұнай және қабатқа айдалған судың арасында ПАА байытылған судың жиегін жасақтау орынды. Жиекті жасақтау үшін 0.05% қоюлығымен полимерлік ерітіндісі ұсынылады.

Полимерлік суландырудың әдістемелеріне тән оларды тәжірибеде пайдалану артықшылықтарымен қатар кейбір кемшіліктерін анықтауға

мүмкіндік берді. Ең маңыздыларына: кеуекті орта полимерлердің қомақты адсорбциялануы, полимерлер ерітіндісін айдау үшін үлкен қысымдарды жасақтау қажеттілігі, полимерлік ерітіндісімен мұнайды қысып шығарудың араласпауы жатады. Соған байланысты бірқатар жағдайларда мұнайды ерітетін полимерлерді пайдалану тиімді. Қысып шығарушы агент ретінде көмірсутекті ерітінділерді, атап айтқанда, конденсатты, жеңіл мұнайды, өтелген көмірсутектерін, химия өнеркәсібінің көмірсутекті қалдықтарын пайдалануға болады. Оларды полиизобутилен, синтетикалық каучук және т.б. полимерлермен қоюлатады.

Экономикалық тұрғыдан мұнай қысып шығару шебінде полимерлермен қоюланған көмірсутекті жиекті жасақтау орынды. Полимерлі жиекте судың бұзып шығуының алдын алу үшін айдалған судың бөлігі суда еритін полимерлермен қайта өңделеді. Көмірсутекті ерітіндіде полимердің қоюлығы ерітіндінің айдалған көлемінен 0.2% мөлшерінде, ал суда еритін полимердің қоюлығы 0.05%-ға тең қабылданады.

Қысып шығарушы агенттер келесі реттілікпен айдалады. Алдымен қабатта полимермен қоюланған көмірсутекті жиек жасақталады, сосын полимердің сулы ерітіндісімен жиектеледі, тек сонан кейін қабатта кәсіптік ағын сумен жиекті жылжытады. Бірінші кезеңнің барысында мұнай сілемнің аймақтарында бірінші батареясына енгізілген ұңғымалардан қысыммен шығарылады. Полимерлік жиектің шебі өндіруші ұңғымаларға жеткенде оларды жабады және бақылау ұңғымалар сатысына өткізеді. Содан кейін сыртқы батареядағы ұңғымаларға мұнайды қысып шығарудың екінші кезеңі басталады.

Тәжірибелік аймақта мұнайды қысып шығарудың бірінші кезеңінде алынған мәліметтер бойынша ұңғымалардың дебитін, қабат және түп қысымдарын, өндіруші ұңғымаларға қоюланған ерітіндінің келу уақытын, қабатты әсермен қамтуын, мұнайбергiштігі коэффициентін анықтайды.

Екінші батареяның ұңғымаларына полимерлік жиекпен мұнайды қысып шығару кезінде аталған көрсеткіштерден басқа, келесі бақылау әрекеттері жүргізіледі. Көмірсутекті полимерлік ерітіндімен мұнай қоспасы және таза көмірсутекті полимерлік ерітінді аймақтарының жылжуы бақылау ұңғымалардан сынамалар алу (оларды мерзімді жұмысқа қосып), сонымен қатар бақылау және өндіруші ұңғымаларда судың пайда болу кезін анықтау орындалады.

8.7 Сілті ерітінділерімен мұнайды ығыстырып шығару

Сілті ерітінділерін айдау үшін органикалық емес сілтілердің, мысалы, натрийдің гидрототықтары, карбонаттары немесе ортосиликаттары сулы ерітінділерін пайдаланады.

Көлемі едәуір нафтен қышқылдары бар мұнайларды сілтісі аз қабат суларымен қысып шығарғанда жай сумен қысып шығаруды салыстырғанда қабаттың мұнайбергiштік коэффициентті 10-15%-ға дейін арттырады. Сілтілі ерітінділерді айдауды қолданғанда игерудің ең алғашында және соңына таман да мұнайбергiштік көрсеткішінің жоғарылауы орын алады.

Алдын ала болжаумен түрлі мұнайларды сілті ерітінділерімен айдау үдерісінде, негізінде сілті ерітіндісімен жыныс бетіндегі мұнай қабықшасы араларындағы бір-біріне тигізген әсерінен және мұнайлы қабатта жоғары дисперстік (сирек таралымды) эмульсияның өте тез пайда болуымен сипатталады. Осы жағдайды спонтандық эмульсиялану деп атайды.

Газдан тазартылған мұнайды кеуектері бар орталықтардың сілті ерітінділерімен айдау үдерісін зерттеулері көрсеткені – бұл сілті ерітіндісі нафтен қышқылдары бар мұнайлармен түйіскенде мұнаймен сілті ерітіндісі араларындағы шекараның беттік керілу күші едәуір төмендейді. Бұл беттік керілу күшінің шығуын төмендететін шамалы ғана сілті концентрациясының аз шектерімен байланысты. Мысалы, ащы натрийдің (NaOH) концентрация шектері 0,01-0,1% болғанда кен қабатының мұнай беруі шұғыл артады. Ал одан әрі ащы натрийдің концентрациясы көбейгенде кен қабатының мұнай беруі ескеретіндей өзгермеген.

Мұнай-сілті ерітіндісі шекарасының беттік керілу күшінің шұғыл төмендеуі мұнайдың бөлек-бөлек тамшылары мен глобулдарының кеуектілік каналдар жүйесімен жылжып өтуін, шашырап таралуын қамтамасыз етеді. Бұл айдалатын агенттің жылжымалығын төмендетеді және оның мезгілсіз жарып шығу мүмкіндігіне кедергі келтіреді. Осыдан соңғы нәтиже – бұл мұнай қабатын және біркелкі емес коллекторларды суландыру мен қамту ұлғаяды.

Сілті әсерін қолданғанда мұнайда еріп араласқан нафтен қышқылдары және эмульгаторлар, сілті ерітіндісіне жанасып тигенде натр сабынына айналады. Осы арқылы беттік керілу күші шұғыл төмендейді де, суда мұнай тәрізді (типті) эмульсиялар пайда болады. Сонымен, қосымша шығарылған мұнай көлемі эмульсияның параметр көрсеткіштеріне және қалдық мұнайдың таралымына тәуелді.

Демек, сілтімен суландырғанда кен қабатында туындаған өте шашыранды (жоғары дисперсиялы) белдем эмульсия толқыны қабаттың мұнай беруін көтеруіне себеп болады.

Тағы айта кететін жайт, ол ащы натр келтірілген әсерінен (эффектінен) басқа коллектор оны қандырып толтыратын сұйықтықтардың шекара бетіндегі реакция туындыларын сіңіру (сору) арқылы қасиеттерін өзгертеді. Сілті арқылы суландырғанда мұнайдың фазалық сіңіп өтуін асыру мақсатымен коллекторлардың сұйықтықтарды жұқтырғыштығын өзгерту мен қысып шығару көрсеткіштерін түзіп жөндеуі мұнай берілімінің (шығымының) көтерілуінде өте маңызды рөл атқарады.

Көптеген химиялық реагенттер, солардың ішінде сілті де сұйықтықты жұқтырмайтын (гидрофобтық) кеуекті ортаға сінуімен оны сұйық тартқышқа (гидрофилға) өзгертеді. Беттік керу күші шамамен, аз кезінде гидрофобтық кен қабатын сілтілі суландырады. Осыдан сұйықтық жұқпалығы өзгереді. Бұдан әрі мұнай тамшылары мен глобулаларының тау жыныстары (минералдары) бетіне олқылықтан жұлынып бөлінулері мұнайды толығырақ шығаруға әсерін тигізеді.

Эмульсияның мұнай қалдығынан пайда болуы қабатқа ерітінді айдағанда, кеуекті ортаның фильтрациялық өткізгіштік кедергісін едәуір асырады. Сондықтан ерітінді басқа жұқалы-қалыңды, бұдан бұрын мұнай беруге еш қатынасы жоқ қабаттарға тарап сінеді. Демек, әсер етумен қамту коэффициенті өсіп, осыдан мұнай беру көрсеткіші де арта түседі.

Сілтілі суландырудың нәтижелілігіне көптеген себептер әсерін тигізеді. Мысалы, көп валентті иондардың болуы ерімейтін тұнба құруына әкеліп соғады да, сілтінің нәтижелік (эффektivтік) қоюлығын төмендетеді. Оң таңбалы кальций мен магний йондары араласса, олар ерекше елеулі әсерлерін тигізеді. Кальцийдің қоюлығы $Ca^{2+} > 0,025$ мг/л болғанда беттік керілу күші азаймайды.

Суда ас тұзы болуы, беттік керілу күшін керекті деңгейге дейін төмендету үшін қажетті сілтінің минималды қоюлығының мөлшерін елеулі төмендетеді. Мысалы, 2,2 мг/л ас тұзы, сілтінің минималдық қоюлығын 10 есе төмендетеді. Көлемі едәуір топырақ (лайы) пен минералдары аралас өнімді мұнай кендерінде сілтілі ерітінділерді пайдаланғанда, топырақ-минералдармен химиялық реакциялар жүріп, үдерістің нәтижелілігі төмендейді. Біраз жағдайларда өндіріс ұнғымаларының түп аймағында тұз тұнбаларынан кеуек өзектері бітеліп қалуы мүмкін.

Кен қабатына сілтімен әсер етудің бірнеше түрлері бар. Ең нәтижелісі – ұңғымаға айдалатын суды химиялық реагенттермен қайта өңдеу саналады. Ұңғымаға айдаумен енгізілетін суға сілті араластырылғанда кен қабатында бетті белсенді заттардың пайда болуы мүмкін. Бұл заттар сұйықтықтардың капиллярлық (кеуектілік) белсенділігін реттейді. Сілтілер – химиялы берік тұрақты қосындылар, оларды айдау бетті белсенді заттарды айдаумен салыстырғанда неғұрлым тиімді және үнемді келеді.

8.7.1 Мұнаймен араласатын газ еріткіштерін айдау

Мұнаймен араласатын еріткіштер ретінде, мұнай беруді арттыру үшін көмірқышқылын, CO_2 газды, азотты, не болмаса көміроттегі қосындыларын пайдаланады. Осындай суландырудың кейбір түрлері XX ғасырдың 50-жылдарынан қолданып келеді.

Мұнайды оттегінің қос тотығы және карбонаттандырылған сумен қысып шығару. Қабатқа CO_2 айдау – мұнайбергіштікті арттырудың ең нәтижелі тәсілдерінің бірі саналады. Оттегінің қос тотығы көмір-оттегі еріткіштеріндей арзан және мұнай шығаруда өте жоғары пайызды қамтамасыз етеді.

Бастапқы CO_2 мұнаймен араласпайды. Демек, шикі мұнаймен коллекторда кездескенде ол мұнайдан кейбір көмір-оттық қосынды компоненттерін бөліп алып, сонымен өзі мұнайда еритін болып шығады. Мұнайды CO_2 -мен араластырғанда дәл газлифтідегідей құбылысқа жолығамыз. Бұл құбылыста мұнайдың сұйықталуы, оңайырақ жылжуы байқалады.

Демек, CO_2 -ні қолдану принципі сұйықтықтардың тұтқырлығы қабаттағы жағдайларда еріп таралған көмір-қышқыл газдың мөлшеріне тәуелдігімен негізделген. Мысалы, CO_2 еріп тарауы мұның тұтқырлығын 10÷500% шектерде төмендетсе, қысым мен температураны да төмендетеді. Бұл жағдайда 50%-ға дейін еріп, таралған газы бар мұнайдың көлемдік коэффициенті өседі.

Мұнай көлемінің көбеюі мұнаймен толған кеуектер көлемінің ұлғаюына әсер етеді, мұнайдың жылжуына ыңғайлы жағдай жасайды. Тұтқырлықты төмендету мұнайдың жылжымалығын асырады. Осымен байланысты мұнай беру коэффициентін белгіленген деңгейіне жету үшін айдалатын фазаның шығын көлемін азайтады. Жүйеде CO_2 мұнай мен су шекарасының беттік керілу күшін төмендетеді.



8.9-сурет. Қабатқа CO_2 айдау сұлбасы: 1 – қалдық мұнайы бар аймақ; 2 – мұнайдың жылжымалы шебі; 3 – CO_2 және судың аймағы; 4 – судың қысып шығарушы ағысы

Келтірілген факторлардың бірлескен әсері әдістің жоғары нәтижелігін қамтамасыз етеді. Сонымен қатар CO_2 -ні айдау әдісінің елеулі бір кемшілігі бар. Газдың су ерітіндісі тұрақтылығы аз қышқыл болып саналады, жылжымалығы қабаттағы жағдайлардағы мұнайдікінен шамамен, 10 есе көп, сондықтан айдағыш зат (агент) ертерек мезгілсіз бұзып-жарып өтеді. Бұл көбінесе, айдау шебіндегі тұтқырлықтың тұрақсыздығымен байланысты.

CO_2 газбен мұнайды айдаудың нәтижелігі, қамту әсері, коэффициентінің арттыруы мен айдау арқылы алдын ала анықталады. Аудан мен көлемді

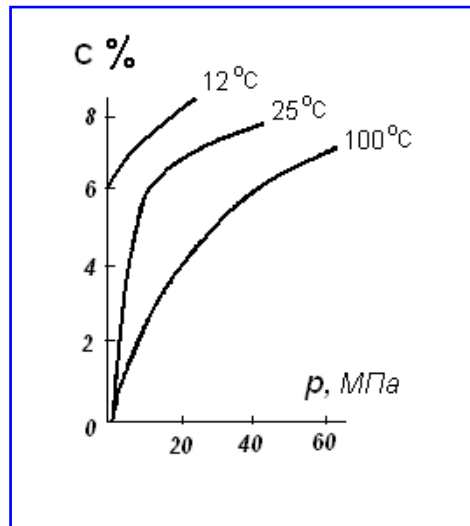
камту әсері коэффициентінің жоғарылауы кеуектік-капиллярлық сіңуін түзеп жақсартумен және мұнаймен судың жылжымалығын біркелкілеу әсерлерімен байланысты. CO_2 мұнай мен суда жақсы еритін қабілетті, мұнай қабықшаларының (пленкаларының) тау жынысы бетінен жұлынуына, жуылуына әсерін тигізеді. Кеуекті ортаның суды жұқтырғыштығы ұлғаяды, ал бұл кеуектер капиллярлар орталықтарының суды сіңіріп, мұнайға шылыққандарына себеп болып, ақырында айдалып шығарылған мұнай көлемі артады.

Мұнай құрамына, қысымына, температурасына байланысты CO_2 -нің мұнайда еруі шектеулі немесе шексіздікке жақындайды.

Кездесетін табиғи мұнайларда CO_2 газдың еру көлемдерімен өлшегенде мұнайдың бір аумағында газдың жүздеген аумағы еріп тарауы мүмкін. Демек, басқа жағдайларда айырмашылықтар болмаған кезінде, CO_2 газы көміроттегілері артығырақ C_3 - C_7 қатарының мұнайларында жақсырақ ериді. Мұнайлардағы шайырлар мен асфальтендердің жоғары мөлшері, керісінше, газдың еріп таралуын едәуір қиындатады. Осы себептен CO_2 -нің мұнайда шексіз еруіне жетуі іс жүзінде мүмкін емес. Кейбір коллекторларда диоксидті мұнаймен араластырмаған жөн болғанымен, сонда да CO_2 -ні бұл жерде де қосымша мұнай шығару үшін қолдануға болады. Коллекторда газ керіле береді де, сонымен мұнайдың тұтқырлығын төмендетіп, оның жылжымалылығын жақсартады.

Мұнайдың қысымы мен құрамы тұрақты болғанда температураның көтерілгені CO_2 газдың еруін азайтады. Ал мұнайдың температурасы мен құрамы тұрақты болғанда, қысымның көтерілуі CO_2 газдың көбірек еруіне себепші болады.

Көміртегінің диоксиді шамамен суда жақсы ериді. Бірақ бұл шамалы шектеулі үдеріс. Бұған: қысым, температура және минералданудың дәрежелері әсер етеді. Сонымен, минералдану мен температура тұрақты болғанда, қысымның көтерілуі CO_2 газдың суда еруін көбейтеді. Минералдану мен қысымдық тұрақты болғанда температураның жоғарылауы үдерісті бірнеше жақты сипаттамаға келтіреді. Температура мен қысым тұрақты болғанда, минералданудың өсуі CO_2 газдың суда еруін азайтады. Нақтылы жағдайларға байланысты көміртегі диоксидінің суда ерітіндісі 20%-ға дейін жетуі мүмкін (8.7, 8.8-суреттер).

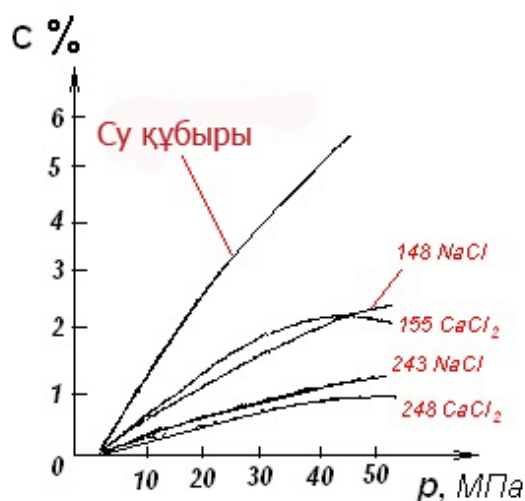


8.10-сурет. Суда CO₂ ерігіштігінің изотермалары

Көміртегі диоксидінің су ерітіндісі және жыныстар карбонаттары араларында реакция жүріп, карбонаттарды ерітеді, сондықтан коллектордың өткізгіштігі артады және айдаушы ұңғымалардың сіңіргіш қабілеті жоғарылайды. Ендеше мұнайдың құрамына, қысымына, қысымның жоғарылау дәрежесіне және температураға байланысты, ерілген CO₂-нің мөлшері асқандағы тұтқырлықты CO₂-нің жоқ кезіндегі тұтқырлықпен салыстырғанда мәні 2-150 есеге дейін төмендейді, яғни тұтқырлықтары шамалы мұнайлармен салыстырғанда неғұрлым тұтқырлы мұнайлар үшін жоғары дәрежеде төмендейді.

CO₂ ерітіндісі араласқан мұнайдың ең алғашқы құрамы және температурасы тұрақты болғанда қысымдық көбейген сайын тұтқырлығы төмендейді. Бұл жағдай мұнайда ерітілген көміртегі диоксидінің мөлшері ауысуымен байланысты.

Мұнайдың құрамы мен қысымы тұрақты болғанда, температура көтерілген сайын CO₂ ертіндісі бар мұнайдың тұтқырлығы аз төмендейді. Бұл мұнайға араласатын CO₂ беруінің төмендеуімен байланысты. CO₂ ерітілгенде мұнай тұтқырлығының төмендеу механизмін білу технологиялық көміртегі диоксидін пайдаланып, мұнайды айдау үдерістерінің көрсеткіштерінің жобалау үшін қажет.

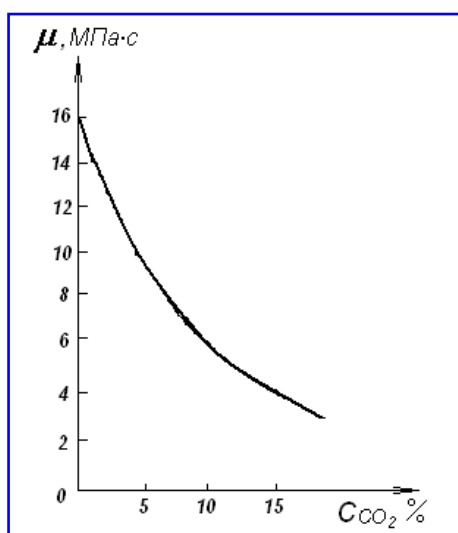


8.11-сурет. 20°C температурасында CO₂-нің NaCl және CaCl₂ -дың су ерітінділерінде ерігіштігі

Көмірсутегі диоксиді суда ерігенде, оның қоюлығының ауысуына байланысты ерітіндінің де тұтқырлығы өсе бастайды. Суда CO₂ ерігенде су тұтқырлығының өзгеруіне қысым, температура және судың минералдануы әсер етеді. Сонда олардың әсерлері CO₂ еруіне қандай тисе, судың тұтқырлығын да сондай әсерлермен өзгертеді. Температура тұрақты болғанда CO₂-нің ерігіштігі қысым көбейген сайын өседі, ал қысым тұрақты болғанда температураға да байланысты өзгереді.

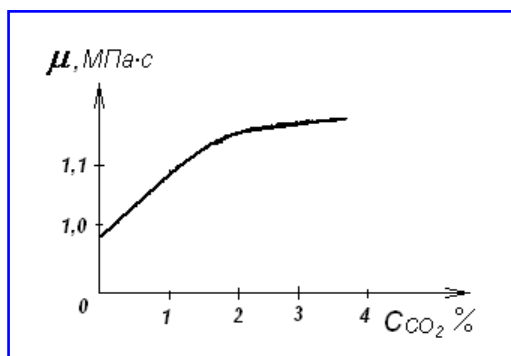
Минералдану ұлғайған сайын CO₂-нің суды ерігіштігі төмендейді. Бұл кезде ерітіндіде CO₂-нің керекті қоюлығын ұстауымен қатар қысым өседі. Көптеген зерттеулердің көрсеткені – ерігіш CO₂-нің суда көбеюіне байланысты минералданған судың тұтқырлығы шамамен, 20%-ға дейін өседі. (8.9, 8.10-суреттер).

Қанығу қысымы тұрақты кезінде қоюлығының асуымен қатар мұнайдың тығыздығы өседі. Қысымды қаныққандық қысымынан асқанда да, мұнай тығыздығының өсуіне әсер етеді. Температура өскен сайын мұнай тығыздығы төмендейді.



8.12-сурет. CO_2 -нің ерітілген мөлшерінен мұнайдың тұтқырлығының өзгеруі

Қысымдық, мұнай құрамы газ бен мұнай көлемдерінің бір-біріне қатынастығы және температура – бұлардың CO_2 араласқан мұнай тығыздығына тигізетін әсерлері осы келтірілген факторларын CO_2 -нің мұнайда ерігіштігіне тигізетін әсерлеріндей болады.



8.13-сурет. CO_2 -нің ерітілген мөлшерінен $20^\circ C$ -та судың тұтқырлығының өзгеруі

CO_2 суда ерігенде судың тығыздығы аздап қана өседі. Қысым **шылыққандық** қысымынан жоғары болғанда судың тығыздығы ерітілген газдың құрамына және аздап мөлшеріне тәуелді келеді.

CO_2 суда ерігенде көмір қышқылы пайда болады. Көмір қышқылының карбонатты тау жыныстарының (доломиттер, песчаниктер, карбонатталған цементтермен) арақатынасты болуы кеуектендіруді, өткізгіштікті жыныстардың біркелкілік дәрежелерін көтереді.

Жоғарыда қарастырылған мұнай тұтқырлығының төмендеу және CO_2 ерігенде көлемінің өсу механизмдері мұнай фазасының жылжымалығын жоғарылатады, мұнайды осымен айдау жеңілдейді. Және қосымша, мұнай мен судың CO_2 -ге жанғанда фазалық өту көрсеткіштері ұлғаяды. Мұнай мен су сұйықтарының CO_2 -мен тоғысқандағы мұнай тұтқырлығының төмендеуі және су тұтқырлығының жоғарылауы, сонымен осы параметрлердің бір-бірімен салыстырмалы көрсеткіштерінің қолайлы керекті жаққа өзгеруі мұнайды айдауға позитивтік жағдай жасайды. Сонымен, көміртегінің диоксиді мұнай, су және кеуектілі фаза мен өзара қатынасқанда, соңғы үшеуінің физикалық-химиялық қасиеттерін өзгертеді. Тәсілдің техникасы мен технологиясын анықтайтын негізгі факторларға: бірінші – бұл CO_2 газдың қандай жағдайда болуы; екінші – үдерісті қауіпсіз жүргізу шартын орындау жатады. Қабаттың мұнайбергiштігін арттыру үшін:

- жиектеу немесе сумен алмасқан сұйық CO_2 -ні жіктеу;
- газ түріндегі CO_2 -ні жіктеу;
- карбонатталған суды жіктеу сияқты айдаулардың мүмкіндіктері бар.

Қабатта сұйық CO_2 -ні жіктеуін тудыруды көздеу технологиясын таңдау, негізінде қабаттық қысыммен, температурасымен және мұнай қанығумен анықталады. Қабатта CO_2 -ні сұйық түрінде болуын қамтамасыз ету үшін, қабаттың қысымы 4-6 МПа, мұнаймен қаңыққандығы 30-40% болғанда температурасы 31°C -тан аспауы тиіс.

Келтірілген шектеулер мына тұжырымды жасауға мүмкіндік береді: қабатта CO_2 -ні газ түріндегі жіктеуін жасауы көздеген технологияны пайдалану жақсырақ деп танылады. CO_2 -ні газ түрінде айдау технологиялық сұрақтар ең қиын саналуының себебі – бұл мұнай қабаты көміртегінің диоксиді мұнайда еритін қысымын тудыруы.

Карбонатталған судың қабатқа айдалуы сұйық және газ түріндегі қышқылдарды айдаумен салыстырғанда технологиялық жағынан, CO_2 -ні суда жақсы ерігіштігіне байланысты, аса қиын емес.

Көміртегі қышқылын айдау технологиялық сұлбасы қолданылып жатқан жалпы кәсіпшілікте орналасудағы сұлбаны және сондай-ақ қазіргі іске араласып жатқан суландыру жүйелерін қолдануына негіздеді. Сонымен CO_2 -ні ұңғымаларға жеткізу үшін істеп тұрған айдайтын суландыру өткізгіштер жүйелерін пайдалануға болады немесе жана құбыр өткізгіштер тізбектерін салу қажет.

Көміртегі қышқылын айдау сұлбасын тандап алу әр кезде қолдануында байланысты техникалық-экономикалық салыстыру нәтижелерін негіздеумен шешіледі. CO_2 -ні айдау үздіксіз емес мезгілін ескергенде бірінші технологиялық сұлбаны қолдану ұтымды болады. Екінші технологиялық сұлба қабат және метал шығыны көбірек болғанымен – бұл сұлба тәсілді іске асырғанда ең жоғары қауіпсіздікті қамтамасыз етеді.

CO_2 -ні қабатқа айдау жиектеулі жағдайларына тәуелді. Жиектеудің өлшемі мен көрінісі технологиялық сұлбадан кенді игеру жобасымен

анықталады. Қабатқа CO₂-ні сорғы – компрессорлық құбырлар арқылы айдалады. Игеру бағаналарын тотығудан және CO₂-ні айдағандағы жоғары қысымдардан сақтандыру үшін айдағыш ұңғымаларды пакеттейтін құрылғылары орнатылады.

Ұңғыманың аузын қабатқа айдау үдерісін қадағалап тексеретін қажетті өлшегіш аспаптары бар типтік арматурамен жабдықтайды.

Көміртегі қышқылын айдау үшін арнаулы қышқылдарға төзімді, алыстан басқарылатын және автоматты сақтау сорғылар пайдаланылады. Сорғы стансаның барлық технологиялық құбырлары қысымдарға 1:4-ке дейін беріктік коэффициентімен есептелу тиіс.

8.8 Жоғары қысымды газдармен қабатқа әсер ету

Көмірсутекті газдармен әсер ету. Мұнайды айдап шығару әдістері – газ беруін ұлғайту жағынан ерекше өткізгіш коллекторлар үшін тиімділігі ең жоғары әдістерге жатады. Осы әдістерді қолдану қалыптасқан кенді суландыру тәсілдерімен салыстырғанда мұнай шығару коэффициентін 10-15 орынға асыруға мүмкіндік береді.

Әдетте, жеңіл көмірсутектер технологиялық пайдалану үшін өте қымбат заттар болып саналады. Сондықтан келтірілген үдерістер қымбаттарға жатады. Келтірілген тәсіл Батыс Сібір Самотлор, Озек – Суат және Башқұртстанның бірнеше рифті кендерінде іске асырылған.

Ресей Федерациясы салалық институттары өткізгіштері төмен қиын құрылғы коллекторлар үшін ұтымды технологияларды жоғары қысымды көміртекті газ және жеңіл көмірсутекті кең фракцияларының негізінде тапқан. 140 кен орындарынан 489 кен қабаттарында келтірілген технологиялардың пайдалануы мүмкін деп белгіленген. Осылардың ішінде Талинское, Родниковское, Самотлорское, Восточно-Сургутское, Омбинское және т.б. бар. Әдісті кен масштабта іске асыруға жабдықтардың жоқ болуы кедергі болып тұр.

Қабаттардың мұнай беруін арттыру үшін азотты қолдану. Қысымы көп және температурасы жоғары терең мұнай қабаттарын игергенде, аралас айдау әдісін іске асыру үшін азотты қолданылатын мүмкіншілік бар. Соңғы кездегі көмірсутек газдың дефициттігінен оны қабатқа айдау қиыншылықтар тудырады. Бұл жағдайда потенциалды агент ретінде азот немесе жағылған отын калдықтары саналады. Түтіннің негізгі бөлігі – азот. Мұнайды азотпен айдау үдерісінің тиімділігіне, араластырып айдау үдерісін іске асыруда ыңғайлап: тереңдегі қабаттарда жоғары қысым туғызу және қабаттардағы мұнайда көмірсутектері сыңарлары – метан мен оның гомологтары болуы деп саналады.

Барлық тәжірибеде байқалған мұнай қабаты үлгісінен өлшенген көмірсутек компоненттері қатынас өзгерулері үдерістері бірнеше рет қайталанып іске асқанына куәгер екендігін көрсетеді. Бірнеше рет үдеріс іске асуы – мұнайдың жеңіл компоненттерінің буы айналып азотпен

араласуы. Біріншіден, метанмен араласуы, құрылысы көмірсутекті сыңарларымен азот араласқан газдардың күшті толқыны арқылы шығынында мұнайды айдайды. Осындай күшті газ толқыны пайда болуына байланысты айдау үдерісінің жоғары тиімділігі болады.

Шет елдерде мұнай және конденсат беруді көтеру үшін жасалған жобаларда, азот дефицитті көмірсутекті газды ауыстырғыш ретінде танылып кең пайдаланады. Қазіргі кезде шығарылған мұнай көлеміне қарағанда, көмірсутекті газдарды айдаудан озды.

Сонымен, шын мәніндегі терең жатқан кендер материалдарын талдауына сүйенсек, онда азотты жоғары қысыммен айдайтын орындарға терең мұнай кендері және қабаттарында аномалды жоғары қысымдары бар кендерге жатқызылуы мүмкін. Бұл кендердің қабаттарындағы мұнайлары жеңіл болуы, ерітілген жағдайында көп жеңіл көмірсутекті сыңарлар – метан мен оның гомологтары болуы тиіс. Табиғи жағдайы сақталып игерілетін кендер ақырғы мұнай беру коэффициентінің төмендегі және бұл жерде суландыруды арзанырақ өткізудің еш мүмкіндігі болмаса, онда мұндай кендер бірінші игеруге жатады.

Түтін газдарын айдап енгізу. Түтін газдарын пайдаланумен қамтылған төңірек белгілі параметрлері арқылы мұнай беруін арттыруға жеткілікті. Кейбір көрсеткіштері өткізгіштік, кеуектілік, қабаттық флюидтермен қаңыққандығы, қабаттық температура жағынан шектелмейді.

Мұнай беруін көбейту үшін түтін газдарын міндетті түрде табиғи газды жағу нәтижесі арқылы шығарады. 1 м³ жанған газдан 9,4 м³ газ түстес заттар пайда болады. Түтін газдарында шамамен, 85% азот және 15%-ға дейін СО₂ болады. Шет елдерде керекті түтін газдарын шығару құны табиғи газдан 2-3 есе төмен.

Азот пен түтін газдарының мұнаймен араласу қысымдығы 36-50 МПа араларында болады, демек көмірсутекті агентінен 24-42 МПа жоғары. Сондықтан іс жүзінде араластырмай айдау режимі жиірек жүзеге асырылады.

Түтін газдары көзінің көмірсутекті мен СО₂-ден айырмашылығы, оны айдайтын орынды маңайына жақындатып құруға болады, сондықтан технологиялық мүмкін болатын сұлба ретінде магистралдық құбыр тасымалдағыш элементі жоқ айдағыш кәсіпшілік сұлбаны қарастыруға болады.

Мұнай қабатына су мен газдың тигізетін әсері. Техникалық суды айдауды газ бен суды оқтын-оқтын айдаумен салыстырғанда, екінші тәсіл айдау коэффициентін 10-20%-ға арттыруға мүмкіндік береді.

Осы әдісті кәсіпшілікке енгізгенде, шығарылатын заттың сапасы төмендемейді, керісінше, жөнделіп, газ мұнайдың жеңіл түстерімен байытылады, мұнайды дайындау үдерісінде қосымша қиыншылықтар болмайды.

Жоғары қысыммен айдалған газ қабаттағы мұнайда ериді, сондықтан оның тұтқырлығы төмендейді. Газды 25 МПа қысыммен айдағанда қабаттағы мұнайдың тұтқырлығы шамамен, 1,5 есе төмендейді, сондықтан суды келесі айдағанда мұнайдың айдалуы жақсарады. "Ромашкинское" кен жағдайларында мұнай айдалуының жақсаруы қосымша мұнай-су фазалар араларындағы беттік керілу күші газ-су араларындағы беттік керілу күшінен кем болуымен байланысты. Бұдан әрі газдың тиісті мөлшерін айдап енгізгенде газ өзіне ұқсас мұнайды, сумен салыстырғанда, жақсартады.

Ақырында, енгізілген газ бен қабаттағы мұнай араларындағы әсер ету төңірегінң кеңуінен қабат қысымы бірте-бірте төмендейді, осыған байланысты газ көбіршіктері керіліп, мұнайды жақсырақ айдайды. Демек газ бен суды оқтын-оқтын қысып енгізгенде жалпы мұнайдың фазалық өткізгіштігі жоғарылайды. Мұнай қабаты төбесінің өткізгіштігі аз болғанда фазалардың салмақ күштерінің әсерлері нәтижесінде газ жылжуы қабаттың жоғары жағында, ал су жылжуы төмен жағында өтеді. Мұнай берудің асуын мұнай қабаты қаңқасының сұйық жұқтырғыштығы қалай өзгеруі арқылы түсіндіруге болады: ең жоғары өткізгіштігі бар бөлігінің су тартқыш көрсеткішінің қатынасты мәні төмен өткізгіштігі бар бөлігінен жоғары болуымен тығыз байланысты.

Сонымен, оқтын-оқтын газ бен суды айдау тәсілі қабаттарды игерудің басында және оларды суландырғаннан кейін де мұнай беруін арттыратын жеткілікті нәтижелі тәсіл болуы мүмкін.

Оқтын-оқтын газ бен суды жоғары қысыммен айдағанда ерітінді газ бен мұнайда ескерумен қабаттық жағдайларда әсермен қамтылған қабат кеуектерінің әр циклде орташа 1-3% көлемі толтырылуы тиіс. Бұл жағдайда циклдер аралығы 1-2 ай. Барлық айдалған газдың көлемі кеуектер көлемінің 15-25%-ына тең болады.

Бақылау сұрақтары:

1. Қабаттардың мұнайбергіштігін арттыру әдістері неше категорияларға бөлінеді?
2. Түп аймағына ББЗ айдаудың әсері неде?
3. ББЗ сулы ерітінділерін пайдаланудың негіздерін баяндаңыз.
5. Мицеллярлы ерітінділермен әсер ету кезеңінде мұнайбергіштікті арттыру қандай себептерден орын алады?
6. Полимерлік ерітінділерді пайдаланудың ерекшеліктері неде?
7. Гидрожарудың мәні неде?
8. Гидрожаруды пайдалану аясын сипаттаңыз.
9. Гидрожаруды пайдалану үшін қандай материалдар және жабдықтар пайдаланады?
10. Ұңғыманы торпедалау қалай іске асырылады?
11. Гидроқұмды-ағысты перфорациялау қалай іске асырылады?
12. Бу жылумен әсер етудің мәні неде?
13. Түп аймағына бужылу әсері қалай орындалады?

14. Буциклді әсер етудің бірінші кезеңінде қандай жұмыс түрлері орын алады?
15. Буциклді әсер етудің екінші кезеңінде қандай жұмыс түрлері орын алады?
16. Буциклді әсер етудің үшінші кезеңінде қандай жұмыс түрлері орын алады?
17. Сілті ерітіндісін айдау қабаттардың мұнайбергіштігін қандай себептермен арттырады?
18. Сілті ерітіндісін айдаудың тиімділігіне әсерін тигізетін факторларды атаңыз.
19. Сілті ерітіндісін айдаудың тиімділігі ББЗ сулы ерітінділерімен салыстырғанда артықшылығы неде?
20. CO_2 газды пайдалану принципі неге негізділеді?
21. CO_2 газды пайдалануды анықтайтын басты факторларды атаңыз.
22. Көмірсутегі газды қабаттардың мұнайбергіштігін арттыру үшін қандай жағдайларда пайдаланады?
23. Көмірсутегі газды айдаудың кемшіліктері неде?
24. Азотты айдау артықшылықтары неде?
25. Түтін газдарын пайдаланудың критерийлерін келтіріңіз.
26. Сулы газды пайдаланудың басты артықшылықтары атаңыз.
27. Қабаттардың мұнайбергіштігін полимерлік ерітінділермен әсер етумен арттырудың механизмін түсіндіріңіз.
28. Полимерлік ерітіндінің сүзілуіне қандай факторлар әсерін тигізеді?
29. Әдістің ерекшеліктерін атаңыз.
30. Экономика тұрғысынан полимерлік ерітінділерді пайдаланудың ерекшеліктері неде?
31. Бірінші кезеңде қандай мәліметтер алынады?
32. Термиялық әдістерде қандай жылу тасымалдаушылар пайдаланады?
33. Бужылумен әсер ету кезінде қанша аймақ пайда болады?
34. Аймақтардың ерекшеліктері неде?
35. Р.Х. Муслимов әртүрлі факторлардың үлесін қандай мөлшерде бағалайды.
36. Қабатты жылытудың технологиялық сұлбаларын атаңыз.
37. Қабат ішінен жанудың қолдану аясын келтіріңіз.
38. Жану үдерістің негізгі заңдылықтарын атаңыз.
39. Жану кезінде қанша аймақ ерекшеленеді?
40. Аймақтардағы өтетін үдерістердің ерекшеліктерін сипаттаңыз.
41. Қабаттың ішінен жанудың қолданатын түрлерін атаңыз.

IX тарау

МҰНАЙ КЕН ОРЫНДАРЫН ИГЕРУ ДІҢ ТЕХНИКАЛЫҚ-ЭКОНОМИКАЛЫҚ КӨРСЕТКІШТЕРІ

Мұнай кен орындарын игерудің тиімді нұсқасын геологиялық, технологиялық және экономикалық көрсеткіштерін кешенді әртүрлі түрде зерттеу негізінде таңдайды. Соңғысы (яғни, экономикалық көрсеткіш) анықтамалық мәнге ие.

Экономикалық есептерде: еңбек өнімділігінің күрделі қаржылар (КҚ) тиімділігін, игеру нұсқасы бойынша мұнай өндірісінің өзіндік құны (ӨҚ) көрсеткіштерін есептейді. Игерудің ең тиімді нұсқасын техникалық-экономикалық көрсеткіштерді (ТЭК) салыстыру жолымен таңдайды.

Мұнай кен орындарын игерудің технологиялық сызбасы мен жобасында:

1. Күрделі қаржылар (КҚ);
2. 1 тонна мұнайды өндіруге және 1 тонна жаңа қуатқа салынатын меншікті КҚ;
3. Негізгі қорлардың амортизациясына кететін шығымы есептелмейтін (шығын жұмсалмайтын) шығындалмайтын ағымдағы шығындар;
4. Негізгі қорлардың амортизациясына кететін шығындарды қоса есептегендегі пайдалану шығындары;
5. Өнімнің өзіндік құны (ӨҚ);
6. Табыс;
7. Экономикалық тиімділік сияқты басты экономикалық көрсеткіштер қолданылады.

Мұнай кен орындарын игерудің варианттарын жете талдау қажеттілігі туындағанда қорбергіштік, сонымен қатар еңбек өнімділігі, келтірген шығындар анықталады.

КҚ-лар бұл *1-кестеде* келтірілген мұнай газ өндіру мекемелерінің негізгі қорларын құрайтын ақшалай түрдегі материалдық ресурстар мен еңбек шығындары.

1-кесте

Жұмыстың түрі	Кешен (объект)
Ұңғыны бұрғылау Кәсіпшілікті орнықтыру:	Пайдалану, айдау, бақылау және т.б. ұңғылар
1. Ұңғыны орнықтыру а) фонтанды	Сағалық алаңқай, жылжымалы (мостиктер), парафинді шығаруға қажетті құбырлар. Мұнаймен парафинге арналған ыдыстар, жөндеу агрегатының астына қойылатын іргетас, (НКТ), СКҚ және т.б.
ә) ЭОТС-мен жабдықталған ұңғылар	Бұл <i>a</i> – пунктіндегідей, ортадан тепкіш электрлі батырмалы (ЭОТС) қондырғының комплектісі (жиынтығы) сорап, қозғалтқыш, кабель, басқару станциясы.

<p>б) ТС (СК) жабдыкталған ұңғылар</p> <p>2. Мұнай мен газды кәсіпшілік ішінде жинау, дайындауға қажетті жарақтардың жиынтығы (комплекс сооружений)</p> <p>а) ұңғы өнімдерін учаскеде айыруды қоса есептеудегі мұнай мен газды жинаудың арынды жүйесі (суланған және сусыз мұнайды бірге жинау)</p> <p>ә) ұңғы өнімдерін учаскеде айыруды қоса есептеудегі мұнай мен газды жинаудың арынды жүйесі</p> <p>б) мұнай мен газды жинаудың арынды біркұбырлы жүйесі</p> <p>в) резервуар паркі</p> <p>3. Мұнайды өндіру</p> <p>4. ҚҚҰ цехтарын орналастыру (тұрғызу)</p> <p>а) су айдау</p> <p>ә) жылулық әдістері</p> <p>5. Басқа да орналастырылатын кешендер</p>	<p>Сағалық алаңқай жылжымалы мостиктер, парафинді немесе мұнайды шығаруға арналған құбырлар өткізгіші, жөндеу агрегатының және (СК) ТС астына қойылатын іргетас, сағалық арматура, СҚҚ, ТС, ТС-ның электр қозғалтқышы, сораптар, штангалар</p> <p>Шығару желілері, өлшеу қондырғылары, мұнай мен газды бір құбырлы тасымалдаудың коллекторы</p> <p>Коллекторларға жалғау (перемычка), арынды мұнай құбырлары, сорапты ұңғыларды пайдалануға арналған электр желісі, трансформаторлық подстанция, жүретін көлік жолдар</p> <p>a – пунктіндегідей</p> <p>Шығару желілері, өлшеу қондырғылары, мұнай мен газды біркұбырлы тасымалдаудың коллекторлары, айыру қондырғылары, сорапты ұңғыларда пайдалануға арналған электр беру желісі (линия), трансформаторлы подстанциялар, жүретін жолдар.</p> <p>Резервуарлар, алаң ішіндегі құбырлар, басқару пункті, басқару және автоматика, өртке қарсы су сораптары және т.б.</p> <p>Өндірістік корпус, реагенттік шаруашылық алаңдары, деэмульгаторларға арналған ыдыстар, пештер, су құбырлары, канализация, жылу тораптары (котельныйлар), қазандар, электр тораптары, технологиялық аппараттар алаңы, ыстық су тораптары және т.б.</p> <p>Су тасығыштар, ТСС (КНС), СТП (ВРП), ТСС (КНС)-тан СТП (ВРП)-ке дейін су тасығыштар, жоғары арынды су тасығыштарды айдау ұңғыларына тарату, айдау ұңғысын орналастыру, электр беру желілері, трансформаторлы подстанциялар, жүру жолдары</p> <p>Компрессорлы станциялар, бу генераторлы қондырғылар, қыздыруға (жағуға) арналған жабдықтар, ауа тасығыштар, бу өткізу құбырлар (паропроводы) және т.б.</p> <p>Энергетика өндірістік базалар, тазартқыш жасақтары (құралдары) жолдар және т.б.</p>
--	---

Мұнай кен орындарын игерудің әрбір жылына салынатын меншікті ҚҚ деп жинақталған ҚҚ-ды жылдық өндірілген мұнайға қатынасын айтады. Бір тонна жаңа қуатқа салынған меншікті ҚҚ-лар деп белгілі бір уақыт

кезеңінде (мерзімінде) салынған КҚ-дың осы уақыт кезеңінде жаңа ұңғылардың есептелген өлшеміне қатынасын айтады.

Ағымдағы шығындардың екі түрі болады. Бірі – негізінен мұнай, су және газды ағымдағы өндіру көлеміне байланысты болса, онда басқалары негізінен ұңғы сандарымен анықталады. Негізінен механикаланған өндіру тәсіліне жұмсалатын энергияға, тасымалдауға, мұнайды алғашқы өңдеуге кететін шығындар мұнай, газ және суды өндіру деңгейіне байланысты болады.

Мұнай мен газды өндіруге байланысты барлық шығындар пайдалану шығындарын құрайды. Осы ағымдағы шығындар мен негізгі қордың құнына амортизациялық төлемдер кіреді. Есептеу кезінде пайдалану шығындарын қосады (суммалайды):

- айдайтын және өңдейтін амортизациясына S_1
- көпшілік орнықтыру объектісінің амортизациясына S_2
- ұңғыға қызмет ету S_3
- сұйықты механикаландыруға кететін энергияға S_4
- мұнай бергіштікті арттыру және өндіруді жеделдету мақсатында қабатқа әсер ету S_5
- мұнай мен газды жинау және тасымалдау S_6
- көмірсутектерді айыру, мұнайды сусыздандыру және тұзсыздандыру S_7
- жалпы өндірістік шығындар S_8
- геологиялық барлау жұмыстарына төленетін төлемдер S_9

Ағымдағы жүйеге кететін шығындар, ұңғыға қызмет ету шығындарына (S_3 -ке) кіреді. Жылдық пайдалану шығындары:

$$S_9 = \sum_{i=1}^9 S_i \quad (9.1)$$

Мұнайдың өзіндік құны:

$$C_n = \frac{S_9}{q_n} \quad (9.2)$$

q_n – жылдық мұнай өндіру.

Келтірілген шығындар:

$$S_{np} = C_n + E\bar{K} \quad (9.3)$$

Е – КҚ-ның тиімділігінің нормативті коэффициенті: (Е=0,15).

К – қарастырылып отырған жылдағы КҚ-ң жылдық мұнай өндіру қатынасына тең болатын меншікті КҚ-лары.

Кәсіпорынның жалпы құны – бұл мұнайды жіберу бағасына және уақыт бірлігі ішіндегі тапсырушыға өткізген көлеміне + басқа да қызметтердің бағасына тең.

МГӨБ-ғы *еңбек өнімділігі* негізгі 2 формада сипатталады:

1) Уақыт бірлігіндегі өнеркәсіптік өндірістік қызметкерлердің біреуіне келетін өндірілген мұнай немесе газ тоннасы.

2) Уақыт бірлігінде өнеркәсіптік өндірістік қызметкерлердің біреуіне келетін МГӨБ-ң жалпы өнімнің құнынан төленетін ақшалай бірлестіктер.

Уақыт бірлігі ішіндегі табыс – мекеменің өткізген мұнайының құны мен уақыт бірлігі ішіндегі пайдалану шығындарының арасындағы айырмашылық.

Қор бергіштік – бұл кәсіпорынның жылдық жалпы өнімінің құнының негізгі құнының орташа жылдық құнына қатынасы.

9.1 Жоспарлы тапсырманы белгілеу (тағайындау) принципі

Игеру жүйесін жобалаудағы жоспарлы тапсырмаларда алдағы 5-6 жыл ішінде және кен орнын толық пайдалануға бергеннен кейін мұнай өндірудің жылдық нормасы кескінделеді. Әрбір кен орны бойынша өндірудің көлемі белгілі болғаннан кейін мұнай өндіруге байланысты барлық шығындар минималды болуы керек деген тұрғыда қарастырады. Математикалық жағынан есептер Лагранждың анықталмаған көбейткіштер әдісімен шығарылады. Берілген жоспарлы мұнай өндіруді (Q) аудандап (n) бойынша таратылу керек деп есептейді (кәсіпшілік немесе учаскелік бойынша). Онда

$$Q = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n \quad (9.4)$$

$$Q \cdot C = Q_1 \cdot C_1 + Q_2 \cdot C_2 + \dots + Q_n \cdot C_n \quad (9.5)$$

мұнда: C – аймақ бойынша 1 тонна мұнайдың өзіндік құны.

C_i - i-ші аудан бойынша 1 тонна мұнайдың өзіндік құны (ӨҚ).

Q_i - i-ші аудан бойынша жоспарлы өндіру.

Ыңғайлы болуы үшін 9.5-ші теңдеуді мына түрде жазамыз:

$$3Q = 3Q_1 + 3Q_2 + \dots + 3Q_n \quad (9.6)$$

түрінде жазамыз.

$3Q_i$ i-ші аудан бойынша уақыт бірлігіндегі шығындар Лагранж әдісін пайдалана отырып формула құрамыз:

$$V_n = 3 + \lambda_n(Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n) \quad (9.7)$$

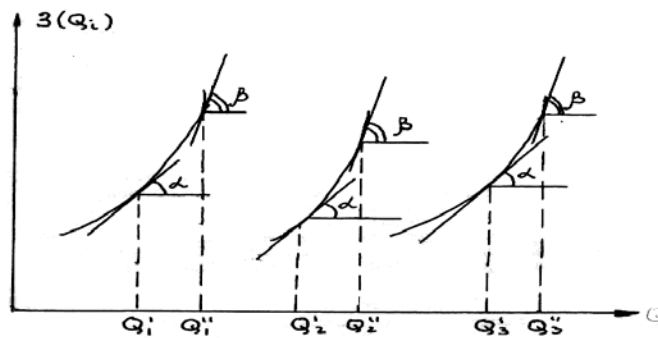
Q_i бойынша жеке туындыны тауып 0-ге теңестіреміз.

$$\frac{\partial V_n}{\partial Q_i} = \frac{\partial 3(Q_i)}{\partial Q_i} + \lambda_n \quad (9.8)$$

5-тен шығатыны:

$$\frac{\partial 3Q_1}{\partial Q_1} = \frac{\partial 3(Q_2)}{\partial Q_2} = \dots = \frac{\partial 3Q_n}{\partial Q_n} = \lambda_n \quad (9.9)$$

$3(Q_i)$ -дің Q_i -ге тәуелділігін тұрғызамыз:

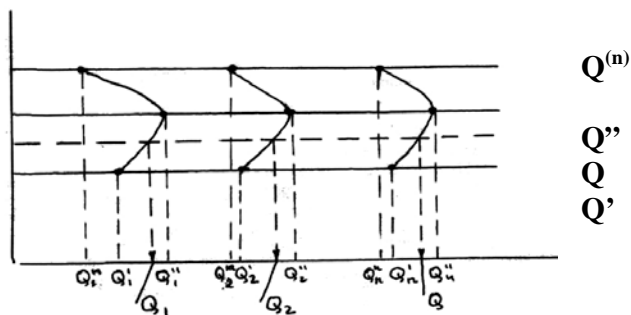


$$Q' = Q_1' + Q_2' + \dots + Q_n'$$

$$Q'' = Q_1'' + Q_2'' + \dots + Q_n''$$

$$Q^{(n)} = Q_1^{(n)} + Q_2^{(n)} + \dots + Q_n^{(n)}$$

Жаңа тәуелділікті тұрғызамыз:



9.2 Мұнай кен орындарын игеруді бақылау, талдау және реттеу

Игеру барысына бақылау жасау. Жобаны енгізу кезіндегі, содан соң кенішті игерудің барлық мерзімі бойындағы МГӨБ-ның негізгі геологиялық және техноллогиялық қызметкерлерінің негізгі функцияларының бірі бақылаудың жүйелік қызметі болып табылады. Мұнай кен орындарын игерудің қазіргі кездегі ережелеріне сәйкес игеруге бақылау:

а) тұтас алғанда кенішті игеру жүйесінің нақтылы технологиялық тиімділігін бағалау және оны жүзеге асыру мен реттеу бойынша жекелеген техноллогиялық іс-шараларды бағалау;

ә) жүзеге асырылып отырған игеру үдерісін қолайландыру үшін және оны жетілдіруге байланысты іс-шараларды жобалауға қажетті ақпараттарды алу сияқты мақсаттарда жүргізіледі.

Сонымен қатар барлық объектілерде кез келген игеру тәсілдері кезінде: – ағымдағы және жинақталған мұнай, су және газ өндірудің өзгеру динамикасын, сонымен қатар тұтас алғанда кеніш бойында жекелеген қабаттар бойынша бөліктермен (участкелермен), жекелеген ұңғылар бойынша айдалатын жұмысшы реагенттерінің мөлшері;

- тұтас алғанда кеніш бойынша жекелеген бөліктер мен қабаттар бойынша ығыстырылып шығарылатын агентті ендіру шекарасының жағдайы;
- мұнайға қаныққан қабаттарды ағымдағы ығыстыратын агенттерді ендіру бөліктеріне (участкелерге) бөлу;
- тұтас алғанда кеніш бойынша бөліктер мен қабаттар бойынша қабат қысымының таралуы ұңғы сағасындағы (буферлік) және құбыр сыртындағы қысымның ұңғы бойыншы таралуы;
- өнімділік қабылдағыштықтың ағымдағы коэффициенттерін және ұңғының гидродинамикалы жетілгендік дәрежесін сипаттайтын параметрлер;
- қабаттар ағымдағы гидроөткізгіштіктің таралуы;
- контур сыртындағы аймаққа және басқа қабаттарға жұмысшы агентінің ағып өтуі;
- игеріліп отырған объекті қабаттарының арасындағы сұйық пен газ ағынының байқалуы және қарқындылығы;
- қабаттағы және жер бетіндегі жағдайлардағы өндірілетін сұйық пен газдың физикалық-химиялық қасиетінің өзгеруі;
- ұңғының өнімділігінің жоғарылауы және қабаттың мұнай бергіштігінің жоғарылауы бойынша нақтылы технологиялық іс-шаралардың тиімділігі сияқты бақылаулар жүзеге асырылады.

Бақылау сұрақтары:

1. Өнім бірлігінің өзіндік құны.
2. Мұнай кен орындарын игерудің экономикалық көрсеткіштері.
3. Мұнай кен орындарын игерудің бақылау үдерісі.
4. Мұнай кен орындарын игерудің талдау үдерісі.

НЕГІЗГІ ШАРТТЫ БЕЛГІЛЕР

- k – абсолютті өткізгіштік;
 m – кеуектілік;
 s – суға қанықтылық;
 h – қабат қалыңдығы;
 S_c – ұңғы торы тығыздығының көрсеткіші;
 G – мұнайдың геологиялық қорлары;
 N – мұнайдың алынып жатқан қоры;
 N_{kp} – А.П. Крылов көрсеткіштері;
 t, τ – уақыт;
 x, y, z – қашықтық;
 ω – айдау ұңғымалары санының өндіру ұңғылар саны қатынасына тең көрсеткіші;
 ω_p – қордағы ұңғы санының жалпы ұңғылар саны қатынасына тең көрсеткіші;
 $z_o(\tau)$ – игеру қарқынының элементі;
 $z(t)$ – бастапқы алынатын қорлар саналатын кен орнын игеру қарқыны;
 $\varphi(t)$ – қалдық қорлар саналатын кен орнын игеру қарқыны;
 η – ағымдағы мұнайбергіштік;
 η_k – соңғы мұнайбергіштік;
 P – қабат қысымы;
 $f(k)$ – абсолюттік өткізгіштіктің таратылу тығыздығы;
 $F(k)$ – абсолюттік өткізгіштіктің таратылу заңдылығы;
 k_M, k_c – мұнай мен су үшін қатыстық өткізгіштік;
 v_M, v_c – мұнай мен суды фильтрациялау (сүзу) жылдамдығы;
 T – температура;
 μ_M, μ_c – мұнай мен судың тұтқырлығы;
 $2\sigma_o, 2\sigma_b$ – өндіру және айдау ұңғылардың арақашықтығы;
 q_M, q_c – кен орнынан алынатын мұнай және судың мөлшері;
 v – өндірілетін өнімнің сулану деңгейі;
 Γ – газдық фактор;
 $S_{cб}$ – сумен байланысқан қабаттың қанықтығы;
 $S_{кмк}$ – қалдық мұнаймен қаныққандық;
 $Q_{сжс}$ – қабатқа құйылған судың жиналған мөлшері;
 Q_M – өндірілген мұнайдың жиналған мөлшері;
 Q_c – өндірілген судың жиналған мөлшері;
 r_o, r_M – өндіру және айдау ұңғыларының радиусы;
 N_i – қабаттағы i -компоненттің массасы;
 G_i – газдық фазадағы i -компоненттің массасы;
 D – диффузияның кешенді коэффициенті;
 D_0 – молекулярлық диффузияның коэффициенті;

D_k – қабаттағы конвективтік диффузияның коэффициенті;
 c – заттың салыстырмалы концентрациясы;
 β_c – кеуекті ортаның сығымдылық коэффициенті;
 Λ – қозғалыс аумағының ұзындығы;
 w_{cop} – сорбция фронтының шынайы жылдамдығы;
 c_M, c_c, c_m – мұнайдың, судың және тау жыныстарының салыстырмалы жылуsыйымдылығы;
 ρ_M, ρ_c, ρ_m – мұнайдың, судың және тау жыныстарының тығыздығы;
 $w_{жс}$ – жылулық фронты қозғалысының жылдамдығы;
 $q_{жс}$ – қабаттың жабыны мен табанының аудандары бірліктерінен жылудың кету жылдамдығы;
 $\lambda_{жс}$ – қабаттың тау жыныстарынан болатын жабыны және аудандары бірліктерінің жылу өткізгіштік коэффициенті;
 $\kappa_{жс}$ – қабаттың тау жыныстарынан болатын жабыны және аудандары бірліктерінің температура өткізгіштік коэффициенті;
 Z_k – 1 м^3 қабаттағы кокстың мөлшері;
 V_ϕ – жану фронты қозғалысының жылдамдығы;
 R_a – 1 м^3 қабаттағы кокстың жануы үшін қажет болатын ауа көлемі;
 T – жану фронтындағы температура;
 E_σ – барлама бұрғылаудың тиімділігі;
 S_x – ұңғыманың құны;
 K_c – кен орнында игерудің капиталдық салымдары;
 S_σ – пайдалану шығындары;
 C_M – мұнайдың өзіндік құны;
 S_K – келтірілген шығындар.

КУРС БОЙЫНША ЕМТИХАН СҰРАҚТАРЫ

1. МКОИ деп нені түсінеміз?
2. Қабат режимі дегенді қалай түсінесіз?
3. Қабат режимдері.
4. Қабаттың су арынды режимі.
5. Қабаттың серпімділік режимі.
6. Қабаттың газ арынды режимі.
7. Мұнайбергіштік коэффициенті.
8. Мұнай кен орындарын игеру сатылары.
9. Игеру жүйесі туралы түсінік.
10. Игерудің классикалық жүйесі.
11. МКОИ-дің негізгі көрсеткіштері.
12. Игеру объектісі туралы түсінік.
13. Ұңғылар торы тығыздығының параметрі.
14. А.П. Крыловтың параметрі.
15. Мұнайлылықтың шартты нұсқасы не үшін енгізіледі?
16. Кеніштер пішінін сызбалау.
17. Гидродинамикалық тұрғыдан жетілмеген ұңғы.
18. Мұнайдың алынатын қорларын анықтау.
19. Игеру мерзімін анықтау.
20. Серпімділік коэффициенті.
21. Сұйықтың серпімділік қоры.
22. Кеніштің сарқылуын сипаттайтын теңдеу.
23. Пьезоөткізгіштік коэффициенті
24. Бір топ ұңғылардың серпімділік режим жағдайында жұмыс істеп тұрған кезіндегі М нүктесіндегі қысымды анықтау.
25. Серпімділік режим жағдайында жұмыс істеп тұрған ұңғының қабырғасындағы қысымды анықтау.
26. Сызықты пайдалану қатарының серпімді режим жағдайында жұмыс істеп тұрған кезіндегі М нүктесіндегі қысымды анықтау.
27. Серпімді режим жағдайындағы өлшемдері шектелген мұнай қабаттарын игеру фазалары.
28. Серпімді режим жағдайындағы өлшемдері шектелген мұнай қабаттарын игеру кезінде бірінші фазаның ұзақтығы.
29. Серпімді режим жағдайындағы өлшемі шектелген нүктедегі қысым.
30. Серпімді режим жағдайындағы шектелген қабат шекарасындағы қысымды анықтау.
31. Қанығу қысымы.
32. Газды фактор.
33. Еріген газ режимі кезінде қабат мұнайының нақты қасиеттерін анықтау.
34. Фазалық өткізгіштіктер.

35. Еріген газ режимі кезіндегі мұнай шығымы.
36. Еріген газ режимі кезіндегі ұңғылардың орналасуы.
37. $P_c < P_H < P_{пл}$ газсыздану аймағының радиусын анықтау.
38. Газ арынды режим кезіндегі МКОИ әдістері.
39. Мұнай-газ кеніштерін игеру кезіндегі шекті газсыз шығым.
40. Табан сулары бар МКОИ кезіндегі шекті сусыз шығым.
41. Түзу сызықты пайдалану қатарының шығымы.
42. Шеңберлі пайдалану қатарының шығымы.
43. Пайдалану қатарларын орналастыру.
44. ҚҚҰ кезінде айдау көлемін анықтау.
45. Айдау қысымын анықтау.
46. Айдау ұңғыларының қабылдағыштығы.
47. Айдау ұңғыларының санын анықтау.
48. Су айдау түрлері.
49. Қандай жағдайда аудандап су айдау қолданылады?
50. Мұнайды сумен ығыстыру коэффициенті.
51. Сумен әсер ету кезінде қабатты сумен қамту коэффициенті.
52. Мұнай бергіштікті арттыру әдістері.
53. БӨЗ-дың ерітіндісімен мұнайды ығыстыру механизмі
54. Мұнайды көмірқышқыл газымен ығыстыру әдісінің қолданылу критерийі.
55. Полимерлі су айдаудың қолданылу критерийі.
56. Суда еритін беттік-әрекетті заттардың қолданылу критерийі.
57. Полимерлі ерітіндімен мұнайды ығыстырудың механизмі.
58. Көміртегінің қос тотығымен мұнайды ығыстырудың механизмі.
59. Қабатты іштен тура жандыру.
60. Парциалды қысым.
61. Мұнай қабаттарына жылумен әсер ету әдістері қандай жағдайда қолданылады?
62. Қабатты іштен жандырудың қолданылу критерийі.
63. Қабатты іштен ылғалды жағу.
64. Қабатқа бу жылуымен әсер етудің қолданылу критерийі.
65. Қабатқа бу жылуымен әсер етудің тиімділігі неге байланысты?
66. Бу жылуымен әсер ету кезіндегі жылу шоғырын тудыру технологиясы.
67. Бу циклімен әсер етудің қолданылу критерийі.
68. Бу циклімен әсер етудің тиімділігі неге байланысты?
69. Бу циклімен әсер ету кезінде жүретін фазалар.
70. Игерудің тиімді нұсқасы туралы түсінік.
71. Экономикалық есептерде ескерілетін көрсеткіштер.
72. Күрделі қаржылар.
73. МКОИ-дің әр жылына салынатын меншікті күрделі қаржылар.
74. Жаңа қуаттың бір тоннасына салынатын меншікті күрделі қаржылар.
75. Ағымдағы меншікті шығындар.
76. Өнімнің өзіндік құны.
77. Келтірілген шығындар.

78. Еңбек өнімділігі.
79. Өнімнің жалпы құны.
80. Уақыт бірлігіндегі табыс.
81. МКОИ үдерісінде бақылау не үшін жүргізіледі?
82. Ұңғыны гидродинамикалық зерттеу.
83. Қабаттарды гидродинамикалық зерттеу.
84. Қалыптасқан режим кезінде ұңғыны зерттеу технологиясы.
85. Қалыптаспаған режим кезінде ұңғыны зерттеу технологиясы.
86. Түзу сызықты индикаторлық диаграмма үшін ағын теңдеуі.
87. Қисық сызықты индикаторлық диаграмма үшін ағын теңдеуі.
88. Қабаттың гидроөткізгіштік коэффициенті.
89. Индикаторлық диаграмманы өңдеу кезінде не анықталады?
90. Қысымның қалпына келу қисығын (ҚҚКҚ) өңдеу кезінде не анықталады?
91. Қабатты гидротыңдау.
92. Изобар картасын тұрғызу.
93. Изобара картасында не анықталады?
94. Су арынды режим кезінде нұсқаның сыртқы аймағының параметрін есептеу.
95. Игеру графигінен қандай көрсеткіштерді байқаймыз?
96. МКОИ талдаудың мақсаты не?
97. МКОИ реттеу дегеніміз не?
98. МКОИ реттеу әдістері.
99. Ағымдағы өнім алу картасында нені көрсетеміз?
100. МКОИ экономикалық көрсеткіштері.

ТӘЖІРИБЕЛІК ЖҰМЫСТАРҒА ӘДІСТЕМЕЛІК НҰСҚАУ

№1-есеп

Мұнай кен орындарын жоспарлау кезінде екі кешен бөлінеді. Қабаттар бірыңғай құрылыммен суреттеледі және көп қабаттар мен линзалардан тұрады. Коллектор жыныстарынан мұнайды ығыстырып шығару үдерісін зертханалық оқу нәтижесінде бірінші және екінші кешендер үшін $\eta_{11} = 0,7$ және $\eta_{12} = 0,6$ ығыстырып шығару коэффициенті анықталды, ал жеке қабаттар мен линзалардың таратылу зоналық картасының құрылымына және кен орындарының мұнайлы бөлігіне салынатын ұңғымалардың орналасуының әртүрлі кестелері негізінде S_{C1} және S_{C2} ұңғыма торларының тығыздық параметрлеріне тиісті η_{21} және η_{22} әсер етуімен бірінші және екінші кешендер қамту коэффициенттерінің тәуелділігі алынады. Бұл тәуелділіктер сызықтық болып табылады және ол:

$$\eta_{21} = 0,005 S_{C1},$$

$$\eta_{22} = 1 - 0,00833 S_{C2},$$

$$S_{C1} \text{ и } S_{C2} \text{ в } 10^4 \frac{\text{м}^2}{\text{срв}}$$

түрге ие.

Бірінші кешен қабаттарындағы мұнайдың геологиялық қоры $V_1=80$ млн.т, ал екінші кешен қабаттарында $V_2=30$ млн.т. Бірінші кешен мұнайлылығының ауданы $S_1=5000 \cdot 10^4 \text{ м}^2$, ал екіншісінікі $S_{C1}=1200 \cdot 10^4 \text{ м}^2$. Екі нысанға $n=150$ ұңғыма бұрғылау шешілді. Кен орындарында шығарылатын жиынтық қор бірыңғай максималды болу үшін игерудің әрбір кешенінде бұрғылауға керекті ұңғыма санын табу керек.

Шешімі. Бірінші кешенде бұрғылайтын ұңғыма санын n_1 арқылы, ал екінші кешенде бұрғылайтын ұңғыма санын n_2 арқылы белгілейміз, сонда $n = n_1 + n_2$.

Ұңғыма торларының тығыздық параметрлерін анықтауға сәйкес $S_{C1} = S_1/n_1$, $S_{C2} = S_2/n_2$ аламыз.

Бірінші және екінші нысандардан алынатын шығар қорын N_1 және N_2 деп белгілейміз.

Сонда:

$$N_1 = V_1 \cdot \eta_{11} (1 - 0,005 S_{C1}),$$

$$N_2 = V_2 \cdot \eta_{12} (1 - 0,00833 S_{C2}).$$

Есеп шарты бойынша:

$$N = N_1 + N_2 = V_1 \eta_{11} \left(1 - 0,005 \frac{S_1}{n_1}\right) + V_2 \cdot \eta_{21} \left(1 - 0,00833 \frac{S_2}{n_2}\right) \rightarrow \max.$$

Белгілейміз:

$$A = V_1 \cdot \eta_{11} + V_2 \cdot \eta_{21}, B = 0,005V_1 \cdot \eta_{11} \cdot S_1,$$

$$D = 0,00833 \cdot V_2 \cdot \eta_{21} \cdot S_2.$$

Сонда:

$$N = A - \frac{B}{n_1} - \frac{D}{n-n_1} \rightarrow \max.$$

N максималды мәнін табу үшін dN/dn бірінші туындысын нөлге теңейміз, яғни:

$$\frac{dN}{dn_1} = \frac{B}{n_1^2} - \frac{D}{(n-n_1)^2} = 0.$$

немесе

$$(B-D)n_1^2 - 2Bnn_1 + Bn^2 = 0.$$

Бұл квадратты теңдеуді шеше отырып, екі түбірді аламыз:

$$n_{11} = \frac{n\sqrt{B}}{\sqrt{B}-\sqrt{D}}, n_{12} = \frac{n\sqrt{B}}{\sqrt{B}+\sqrt{D}}.$$

Мәні жағынан екінші түбір қанағаттандыратын $n_1 \leq n$ болғандықтан, бірінші түбірді алып тастаймыз.

Сонымен:

$$n_1 = \frac{n\sqrt{B}}{\sqrt{B}+\sqrt{D}}.$$

Біздің есебіміздің шарттарын қанағаттандыра отырып,

$$\sqrt{B} = \sqrt{0,005 \cdot 80 \cdot 10^6 \cdot 0,7 \cdot 5 \cdot 10^3} = 3,74 \cdot 10^4,$$

$$\sqrt{D} = \sqrt{0,00833 \cdot 30 \cdot 10^6 \cdot 0,6 \cdot 1,2 \cdot 10^3} = 1,34 \cdot 10^4,$$

аламыз.

Сонда:

$$n_1 = 150 \cdot \frac{3,74}{3,74 + 1,34} = 110.$$

$$n_2 = 150 - 110 = 40.$$

Яғни:

$$S_{c1} = \frac{5000}{110} = 45,45 \cdot (10^4 \text{ м}^2 / \text{сжв}),$$

$$S_{c2} = \frac{1200}{40} = 30(10^4 \text{ м}^2 / \text{сжв}).$$

Осылай қарастырылып отырған есеп шарттарындағы екі кешеннен шығарылатын қордың максималды санын алу үшін екінші кешен бірінші кешенге қарағанда ұңғыманың тығызырақ торында игерілуі қажет.

№2-есеп

Бірге жұмыс істейтін шеңбер пішінді кеніштің әрбір қатарының ұңғыма дебитін, олардың байланыстарын және әрбір келетін дебитті анықтау керек.

Қатар радиустары: $R_1 = 4000$ м, $R_2 = 3500$ м, $R_3 = 3000$ м. Ұңғыма радиусы $r_c = 100$ см, қоректену контурының радиусы $R_k = 100$ км, мұнайлылық контурының радиусы $R_H = 5$ м.

Қатардағы ұңғымалар арасындағы арақашықтық $2\sigma = 400$ м, қабат қалыңдығы $h = 10$ м, қабаттың өткізгіштігі $k = 1$ мкм², мұнайдың тұтқырлығы $\mu_H = 3$ мПа·с, судың тұтқырлығы $\mu_6 = 1,5$ мПа·с, ұңғымалардағы қысым $P_C = 12$ МПа, ұңғымалардағы забой қысымы $P_C = 12$ МПа.

Шешімі. Келтірілген қорек контры:

$$\ln R_0 = \frac{\mu_6}{\mu_H} \ln R_k + \left(1 - \frac{\mu_6}{\mu_H}\right) \left(\frac{R_H^2 \ln R_H - R_1^2 \ln R_1}{R_H^2 - R_1^2}\right)$$

формуласы бойынша анықталады.

Берілген мәліметтерді орындарына қойып, мынаны аламыз:

$$\ln R_0 = \frac{1,5}{3} \cdot 4,605 + \left(1 - \frac{1,5}{3}\right) \left(\frac{5^2 \cdot 1,609 - 4^2 \cdot 1,386}{5^2 - 4^2}\right) = 3,056$$

демек, $R_0 = 21,2$ км.

Пайдаланылатын қатарлар дебиттерін теңдеу жүйесінен табамыз:

$$1. \frac{2\pi kh(p_k - p_c)}{\mu_H} = (Q_1 + Q_2 + Q_3) \ln \frac{R_0}{R_1} + Q_1 \frac{\sigma}{\pi R_1} \ln \frac{\sigma}{\pi r_c};$$

$$2. Q = (Q_2 + Q_3) \ln \frac{R_1}{R_2} + Q_2 \frac{\sigma}{\pi R_2} \ln \frac{\sigma}{\pi r_c} - Q_1 \frac{\sigma}{\pi R_1} \ln \frac{\sigma}{\pi r_c};$$

$$3. Q = Q_3 \left(\ln \frac{R_2}{R_3} + \frac{\sigma}{\pi R_3} \ln \frac{\sigma}{\pi r_c}\right) - Q_2 \frac{\sigma}{\pi R_2} \ln \frac{\sigma}{\pi r_c}.$$

Жүйені шеше отырып, мынаны аламыз: $Q_3 = 481$ м³/сут, $Q_2 = 1198$ м³/сут, $Q_1 = 3550$ м³/тәулік.

Егер бірінші қатар дебитін Q_1 -ді 100% ретінде алсақ, онда $Q_3=33,7\% Q_1$ және $Q_2=13,6\% Q_1$.

Қатардағы бір ұңғымаға өтетін n_i қатарларындағы ұңғымалар және q_i дебиттері саны мынадай болады:

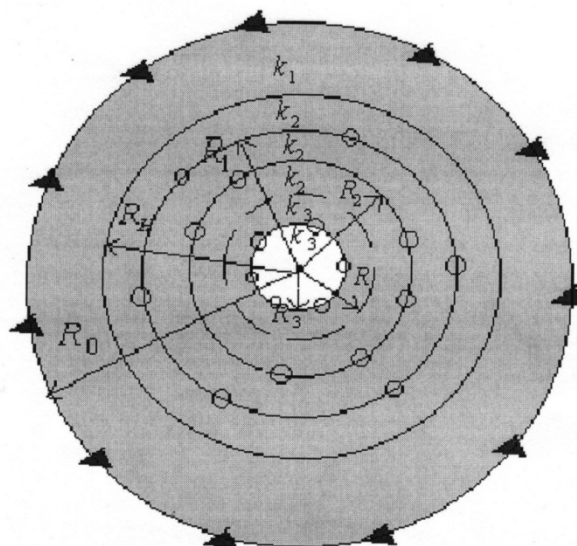
$$n_1 = \frac{2\pi R_1}{2\sigma_1} = 63; q_1 = \frac{Q_1}{n_1} = 56,4 \text{ м}^3/\text{тәулік};$$

$$n_2 = \frac{2\pi R_2}{2\sigma_2} = 55; q_2 = \frac{Q_2}{n_2} = 21,8 \text{ м}^3/\text{тәулік};$$

$$n_3 = \frac{2\pi R_3}{2\sigma_3} = 47; q_3 = \frac{Q_3}{n_3} = 10,2 \text{ м}^3/\text{тәулік}.$$

№3-есеп

Ұңғыма қатарларының жиынтық дебитін және өткізгіштік бойынша бірыңғай емес дөңгелек қабаттағы айдамалы ұңғымалардың қысымын анықтау (3.1-суретті қара). Сұрыптауға тең салдарынан болатын қоректену контуры ретінде қарастырылатын сызық радиусы: $R_0 = 4$ км.



3.1-сурет

Айдау сызығындағы қысым $P_k=17\text{МПа}$, айдау ұңғымалары арасындағы арақашықтық $2\sigma_H = 2000$ м. Айдау ұңғымасының радиусы $r_H = 10$ см.

Өткізгіштіктің бірінші өзгеру шекарасы $R_H = 3000$ м, мұнайлылық контуры бойынша өтеді. Өткізгіштіктің екінші өзгеру шекарасы $R = 1000$ м шеңбер бойынша өтеді.

I зонаның өткізгіштігі $k_1 = 0,2$ мкм², ал II зонаның өткізгіштігі $k_2 = 0,5$ мкм², III зонаның өткізгіштігі $k_3 = 0,8$ мкм².

Пайдаланылатын қатарлар радиустары:

$$R_1 = 2000 \text{ м}, R_2 = 1300 \text{ м}, R_3 = 600 \text{ м}.$$

Қатарлардағы пайдаланылатын ұңғымалар арасындағы арақашықтық $2\sigma_H = 600$ м, пайдаланылатын ұңғыманың келтірілген радиусы $r_c = 10^{-4}$ м.

Пайдаланылатын ұңғымалардағы забой қысымы:

$$P_c = P_{c1} = P_{c2} = P_{c3} = 12 \text{ МПа}.$$

Қабат қалыңдығы $h = 7,5$ м, сұйықтықтың тұтқырлығы $\mu = 2,5$ мПа·с.

Пайдаланылатын қатарлардың дебиттері теңдеу жүйесінен анықталады:

$$1. \frac{2\pi h(P_k - P_{c1})}{\mu} = (Q_1 + Q_2 + Q_3) \left(\frac{1}{k_1} \ln \frac{R_0}{R_H} + \frac{1}{k_2} \ln \frac{R_H}{R_1} \right) + Q_1 \frac{\sigma}{\pi R_1} \ln \frac{\sigma}{\pi r_c};$$

$$2. \frac{2\pi k_2 h(P_c - P_{c2})}{\mu} = (Q_2 + Q_3) \ln \frac{R_1}{R_2} + Q_2 \frac{\sigma}{\pi R_2} \ln \frac{\sigma}{\pi r_c} - Q_1 \frac{\sigma}{\pi R_1} \ln \frac{\sigma}{\pi r_c};$$

$$3. \frac{2\pi h(P_{c2} - P_{c3})}{\mu} = Q_3 \left(\frac{1}{k_2} \ln \frac{R_2}{R} + \frac{1}{k_3} \ln \frac{R}{R_3} \right) + \frac{Q_3}{k_3} \frac{\sigma}{\pi R_3} \ln \frac{\sigma}{\pi r_c} - \frac{Q_2}{k_2} \frac{\sigma}{\pi R_2} \ln \frac{\sigma}{\pi r_c}.$$

Берілген мәліметтерді орындарына қойып мынаны аламыз:

$$Q_1 = 1660 \text{ м}^3/\text{тәулік}, Q_2 = 656 \text{ м}^3/\text{тәулік}, Q_3 = 340 \text{ м}^3/\text{тәулік}.$$

Қабаттарға айдалатын су мөлшері:

$$Q_H = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 2656 \frac{\text{м}^3}{\text{сутки}}.$$

Айдамалы скважиналардағы қысым

$$P_{заб.н} = P_k + \frac{Q_H \mu}{2\pi k_1 h} \cdot \frac{\sigma_H}{\pi R_0} \ln \frac{\sigma_H}{\pi r_H}. \quad P_{заб.н} = 28,5 \text{ МПа}.$$

№4-есеп

Айдау ұңғымаларына суды толтыру кезіндегі үйкеліс кедергісіне кететін қысымның түсуін анықтау.

Айдалған көлемі $q = 500$ м³/тәулік, судың тұтқырлығы $\mu = 1$ мПа·с = $\frac{0,01 \text{ кг·сек}}{98,1 \text{ м}^2}$.

Судың меншікті салмағы $\gamma = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, колоннаның диаметрі $D = 10$ см, ұңғыманың тереңдігі $H = 1000$ м.

Судың құбырлармен қозғалысы кезіндегі Рейнольдс саны $Re = \frac{\vartheta D}{\nu}$, мұнда,

$$\vartheta = \frac{4Q}{\pi D^2}; \nu = \frac{\mu}{\gamma} - \text{сұйықтықтың кинематикалық тұтқырлығы}.$$

Яғни:

$$Re = \frac{4\gamma D}{\pi g \mu D} = \frac{4 \cdot 1000 \cdot 500 \cdot 98,1}{3,14 \cdot 9,81 \cdot 0,01 \cdot 0,1 \cdot 86400} = 73700.$$

Блазиус формуласы бойынша үйкеліс коэффициентін анықтаймыз:

$$\lambda = \frac{0,3164}{\sqrt[4]{R_e}} = 0,0192.$$

Үйкеліске кететін қысымның түсуі:

$$\Delta P_{mp} = \lambda \cdot \frac{8Hq^2\gamma}{\pi^2 g D^5} = 0,0192 \cdot \frac{8 \cdot 2 \cdot 10^5 (500 \cdot 10^{-3})}{(86400)^2 \cdot 3,14^2 \cdot 9,81 \cdot 10^5} = 1,06 \text{ см}$$

$$\Delta P_{mp} = 0,106 \text{ МПа.}$$

№5-есеп

Шеңбер пішінді кезіндегі айдау сызығындағы орта қысымды анықтау керек.

Айдау жиынтық көлемі $Q_H = 10000 \text{ м}^3/\text{тәулік}$, айдау қатарының радиусы $R_H = 6000 \text{ м}$, ұңғымалар саны $n_H = 35$, ұңғыманың келтірілген радиусы $r_H = 10^{-3} \text{ м}$, айдау ұңғымаларындағы түп аймағы қысымы $P_{заб.н} = 27 \text{ МПа}$, қабат қалыңдығы $h = 9 \text{ м}$, қабаттың өткізгіштігі $k = 0,4 \text{ мкм}^2$, сұйықтың тұтқырлығы $\mu = 1,5 \text{ мПа}\cdot\text{с}$.

Шешімі. Айдау ұңғымасының қабылдағышы:

$$q_H = \frac{2\pi kh(P_{заб.н} - \bar{P}_H)}{\mu \ln \frac{\sigma_H}{\pi r_H}} = \frac{Q_H}{n_H}, \frac{\sigma_H}{\pi} = \frac{R_H}{n_H}.$$

формуласы бойынша анықталады.

Айдау сызығындағы \bar{P}_H орта қысым мынадай болады:

$$\bar{P}_H = P_{заб.н} - \frac{Q_H \mu}{n_H \cdot 2\pi kh} \ln \frac{R_H}{n_H \cdot r_H}.$$

Берілген мәліметтерді орындарына қойып, мынаны аламыз:

$$\bar{P}_H = 27 \cdot 10^6 - \frac{1000 - 1,5 \cdot 10^{-3}}{86400 \cdot 35 \cdot 6,28 \cdot 0,4 \cdot 10^{-12} \cdot 9} \ln \frac{6000}{35 \cdot 10^{-3}};$$

$$\bar{P}_H = 243,6 \cdot 10^5 \text{ Па} = 24,36 \text{ МПа.}$$

№6-есеп

Айдау ұңғының қабылдағышын және олардың ($2\sigma_H$) арақашықтығын анықтау керек, егер айдалған сұйықтықтың жиынтық көлемі $Q_H = 10000 \text{ м}^3/\text{тәулік}$ болса.

Айдау қатарының жалпы ұзындығы $L = 10$ км, айдау ұңғымаларының келтірілген радиусы $r_H = 10^{-3}$ м, қабат қалыңдығы $h = 10$ м, қабат өткізгіштігі $k = 0,5$ мкм², забойлық зона алдындағы ластану коэффициенті $\zeta = 2$, қабат сұйықтығының тұтқырлығы $\mu = 1,2$ МПа·с.

Зонадағы айдау ұңғыма қысымы $P_H = 27$ МПа, айдау сызығындағы орта қысым $\bar{P}_H = 17$ МПа.

Шешімі. Айдау ұңғымасын қабылдағышын:

$$q_H = \frac{2\pi h(P_H - \bar{P}_H)}{\mu \xi \ln \frac{\sigma_H}{\pi r_H}},$$

формуласынан анықтаймыз.

Мұнда, $2\sigma_H = \frac{L}{n_H}$ – айдау ұңғыларының арасындағы арақашықтық болғанда;

$n_H = \frac{Q_H}{q_H}$ – айдау ұңғымалар саны.

Айдау ұңғымасын қабылдағышын табу формуласына $2\sigma_H$ және n_H қойып, мынаны аламыз:

$$q_H = \frac{2\pi k h}{\mu \xi} \cdot \frac{(P_H - \bar{P}_H)}{\ln \frac{L \cdot q_H}{2Q_H \cdot \pi r_H}},$$

Есеп шарты үшін:

$$q_H = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,5 \cdot 10^{-12} \cdot 10(27 - 17) \cdot 10^6}{1,2 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot \ln \frac{10000 q_H \cdot 864000}{2 \cdot 10000 \cdot 3,14 \cdot 10^{-3}}}$$

$$q_H = \ln(159 \cdot q_H) = 11316.$$

Соңғы теңдеу іріктеу жолымен шешіледі. Шешімнің жақсы жолы $q_H = 1,1 \cdot 10^{-2} \frac{м^3}{с}$ немесе $q_H = 950$ м³/тәулік болғанда болады.

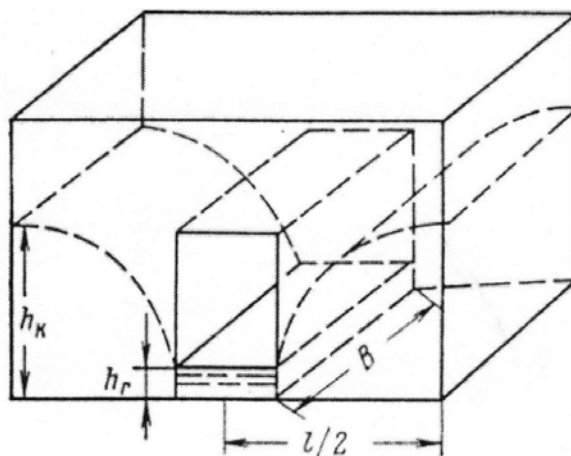
Айдау ұңғымаларын арасындағы арақашықтық:

$$2\sigma_H = \frac{L \cdot q}{Q_H} = 950 м.$$

№7-есеп

Жуылу арқылы таусылған кен (7.1-сурет) қабатында гравитациялық режимде құрғатушы штрек жүргізілген. Штректегі мұнай деңгейі қабат табанынан $h_T = 0,9$ м биіктікте; корек контурындағы мұнай деңгейі $h_k = 4$ м биіктікте.

Қабат $l = 800$ м, ұзындыққа ие, штрек қабаттың ортасында орналасқан. Қабат өткізгіштігінің коэффициенті $k = 2$ мкм², мұнай тұтқырлығының динамикалық коэффициенті $\mu = 6$ мПа·с, мұнай тығыздығы $\rho = 850$ кг/м³. Штрек жұмыс өнімділігін табу.



7.1-сурет

Шешімі. Q сұйықтық шығыны B ұзындықтағы штрек арқылы

$$Q = \frac{Bkpj(h_k^2 - h_r^2)}{\mu \cdot L}, \text{ болады,}$$

мұнда, $L = l/2$.

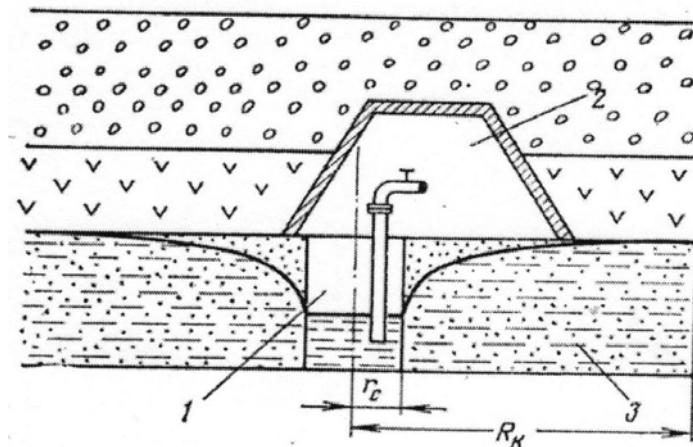
Біздің есеп шарты үшін:

$$Q = \frac{75 \cdot 2 \cdot 10^{-12} \cdot 970 \cdot 9,81(4^2 - 0,9^2)}{6 \cdot 10^{-3} \cdot 400} = 9,034 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{с}.$$

Жауап: $Q = 9,034 \cdot 10^{-6} \frac{\text{м}^3}{\text{сут}}$

№8-есеп

Шахталық әдіспен мұнай шығару кезінде таусылған кен (2) кен орнындағы (3) мұнай қабатының үстіндегі (1) құдық арқылы (8.1-сурет) құрғатылады. Құдықтан 20 м арақашықтықтағы тегеурінсіз сүзу жағдайындағы, егер қорек контурында биіктік деңгейі $h_k = 13$ м, құдықтағы сұйықтық деңгейі $h_c = 3$ м, мұнай тұтқырлығы $\mu = 8$ мПа·с, мұнай тығыздығы $\rho = 850$ кг/м³, қабат өткізгіштігінің коэффициенті $k = 1$ мкм², қорек контурына дейінгі арақашықтық $R_k = 100$ м, құдық радиусы $r_c = 90$ см болса, құдық дебиті мен сүзу жылдамдығын табу.



8.1-сурет

Шешімі. Құдық дебиті:

$$Q = \frac{\pi k p g (h_k^2 - h_c^2)}{\mu \ln \frac{r_k}{r_c}}$$

формуласымен анықталады.

Берілген мәліметтерді орындарына қоя отырып, мынаны аламыз:

$$Q = \frac{3,14 \cdot 10^{-12} \cdot 850 (13^2 - 3^2) \cdot 9,81}{8 \cdot 10^{-3} \ln \frac{100}{0,9}} = 0,103 \cdot 10^{-3} \frac{M^3}{c} = 8,943 \text{ м}^3 / \text{сут.}$$

Құдықтың массалық дебиті:

$$Q_{жс} = Q \cdot p = 8,94 \cdot 0,85 = 7,6 \text{ т/сут.}$$
 болады.

Құдықтан $r_1 = 20 \text{ м}$ арақашықтықтағы сүзу жылдамдығын

$$v = \frac{Q}{2\pi r_1 h_1},$$
 формуласы бойынша табамыз,

мұнда, h -ты

$$h_1 = \sqrt{h_k^2 - \frac{h_k^2 - h_c^2}{\ln \frac{r_k}{r_c}}} = \sqrt{13^2 - \frac{13^2 - 3^2}{\ln \frac{100}{0,9}} \ln \frac{100}{20}} = 10,69 \text{ м.}$$

формуласы бойынша анықтаймыз.

Сонда:

$$v = \frac{0,103 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 3,14 \cdot 20 \cdot 10,69} = 0,77 \cdot 10^{-7} \text{ м/с.}$$

Жауабы: $Q_m = 7,6 \text{ т/сут}; v = 0,77 \cdot 10^{-7} \text{ м/с.}$

№9-есеп

Шексіз өнімді қабатта, мұнайлылықтың контрында суға қаныққан, мұнай тұтқырлығындай тұтқырлыққа ие, бірдей $q = 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$ дебитті екі өндіруші ұңғыма бір мезгілде пайдалануға қосылды. Мұнайлы бөлік және мұнайлылық контурындағы қабаттың қалыңдығы мен оның өткізгіштігі бірдей және $h = 12 \text{ м}$, $k = 0,5 \text{ мкм}^2$ құрайды. β сыйымдылық серпімділігі қабаттың мұнайлы және сулы бөлігінде бірдей және де $\beta = 5 \cdot 10^{-10} \text{ Па}^{-1}$, мұнай тұтқырлығы $\mu = 1 \text{ мПа}\cdot\text{с}$. Ұңғымалар арасындағы арақашықтық $l=300 \text{ м}$.

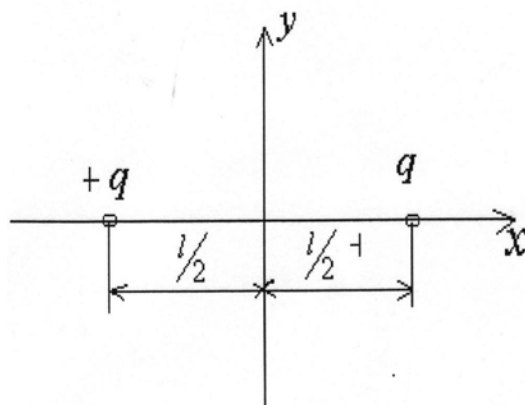
Ұңғымаларды қосқаннан соң $t = 29$ ($25 \cdot 10^5 \text{ с}$) тәулік өткеннен кейін ұңғымалар арасындағы арақашықтық бойынша қабаттағы қысым қалай өзгертінін анықтау қажет.

Шешімі. Алдымен қабаттың пьезоөткізгіштік қабілетін

$$\chi = \frac{k}{\mu \beta} = \frac{0,5 \cdot 10^{-12}}{10^{-3} \cdot 5 \cdot 10^{-10}} = 1 \text{ м}^2/\text{с}.$$

формуласы бойынша анықтаймыз.

Егер қабатта (координат басында) бір нүктелі сток болғанда (суретке қара), онда қабаттағы қысым өзгерісі келесі серпінді режим формуласы бойынша анықталар еді:



9.1-сурет. Шексіз қабаттағы ұңғымалардың орналасу кестесі

$$\Delta P = -\frac{q\mu h}{4\pi k h} Ei(-z),$$

мұнда: $z = \frac{r^2}{4\chi t}$.

Дегенмен есеп шартына сәйкес қабатта екі нүктелі сток бар және олардың әрқайсысы координат басынан $l/2$ арақашықтықта орналасқан.

Бұл жағдайда суперпозиция принципін пайдаланып,

$$\Delta P_{e/2} = -\frac{q\mu_H}{4\pi kh} \left\{ E_i \left[-\frac{(l/2 - x)^2 + y^2}{4\chi t} \right] + E_i \left[-\frac{(l/2 + x)^2}{4\chi t} \right] \right\},$$

аламыз.

Есеп шартынан $x=0, y=0$ болады. Алдағы формуладан:

$$\Delta P_{l/2} = -\frac{q\mu_H}{2\pi kh} E_i \left[-\frac{l^2}{16\chi t} \right], \text{ аламыз.}$$

Мәні $t = 25 \cdot 10^5$ с болғанда

$$z = \frac{l^2}{16\chi t} = \frac{9 \cdot 10^4}{16 \cdot 1 \cdot 25 \cdot 10^5} = 2,5 \cdot 10^{-3}.$$

$z \ll 1$, болғанда $-E_i(-z)$ функциясы үшін асимптотиптік формуланы $-E_i(-z) = -0,5772 - \ln z$ түрінде қолдануға болады.

Сонда:

$$\begin{aligned} \Delta P_{l/2} &= -\frac{q\mu_H}{4\pi kh} (0,5772 + \ln 2,5 \cdot 10^{-3}) = \frac{10^{-3} \cdot 10^{-3}}{6,28 \cdot 0,5 \cdot 10^{-12} \cdot 12} (0,5773 - 8,4) \\ &= 1,46 \cdot 10^5 \text{ Па} = 0,146 \text{ МПа}. \end{aligned}$$

№10-есеп

Қабатты игеру зонасынан $r = 100$ км арақашықтықтағы қысымның түсуін анықтау. Кеннен сұйықтықты іріктеу жиынтығы $Q = 10000$ м³/тәулік құрайды. 20 жыл ішінде жиналған өнімді анықтау.

$k = 1$ мкм², $\mu = 1,5$ мПа·с, $\beta_{жс} = 4,5 \cdot 10^{-10}$ Па⁻¹, $\beta_{II} = 10^{-10}$ Па⁻¹, $h = 15$ м, $m = 20\%$, $t_1 = 1$ жыл, $t_2 = 10$ жыл, $t_3 = 20$ жыл.

$$\chi = \frac{k}{\mu(m\beta_{жс} + \beta_{II})} = \frac{10^{-12}}{1,5 \cdot 10^{-3}(0,2 \cdot 4,5 + 1)10^{-10}} = 3,51 \cdot 10^2 / \text{с}.$$

Қысым түсуін

$$\Delta P = -\frac{Q\mu_H}{4\pi kh} E_i \left[-\frac{r^2}{4\chi t} \right], \frac{Q}{4\pi kh} = \frac{10000 \cdot 1,5 \cdot 10^3}{86400 \cdot 6,28 \cdot 10^{-12} \cdot 15} = 9,22 \cdot 10^5 \text{ Па}.$$

формуласы бойынша анықтаймыз.

$T_1=1$ жыл болғанда:

$$\Delta P_1 = -9,22 \cdot 10^5 \cdot E_i \left[-\frac{10^{10}}{4 \cdot 3,5 \cdot 86400 \cdot 365} \right] = -9,22 \cdot 10^5 \cdot E_i(-22,6) = 0$$

$T_2 = 10$ жыл болғанда:

$$\Delta P_2 = -9,22 \cdot 10^5 \cdot E_i(-2,26) = -9,22 \cdot 10^5 \cdot (-0,0343) = 0,316 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

$T_3 = 20$ жыл болғанда:

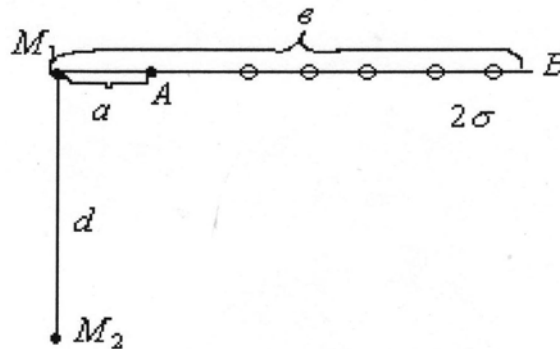
$$\Delta P_3 = -9,22 \cdot 10^5 \cdot E_i(-1,13) = -9,22 \cdot 10^5 \cdot (-0,177) = 1,63 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

20 жыл ішінде жиналған өнім:

$$\sum Q = 10000 \cdot 365 \cdot 20 = 73 \cdot 10^6 \text{ м}^3.$$

№11-есеп

Тік сызықты пайдалану батареясының жұмысынан туындаған M_1 және M_2 нүктелеріндегі қысымның уақыт өтуіне қарай өзгеруін анықтау (11.1-сурет).



11.1-сурет.

$$M_1A = a = 600 \text{ м} \quad t_1 = 1 \text{ ай}$$

$$M_1B = \epsilon = 3100 \text{ м} \quad t_2 = 1 \text{ жыл}$$

$$d = M_1M_2 = 2000 \text{ м}$$

$$2\sigma = 500 \text{ м}$$

Шешімі:

$$\chi = \frac{k}{\mu \beta^*} = \frac{0,4 \cdot 10^{-12}}{2,4 \cdot 10^{-3} \cdot (0,2 \cdot 10^{-9} + 10^{-10})} = 0,55 \frac{\text{м}^2}{\text{с}} = 0,55 \cdot \frac{86400}{106} = 0,047 \frac{\text{км}^2}{\text{сут}}$$

Қолдану батареясының ұзындық бірлігіне өтетін орта дебит,

$$\bar{q} = \frac{q \cdot n}{b - a} = \frac{100 \cdot 5}{3100 - 600} = 0,2 \frac{\text{м}^2}{\text{сут}}$$

Пайдалану батареясын қосқан кезден өткен $T_1 = 1$ ай уақытындағы M_1 нүктесіндегі депрессия:

$$(\Delta P_{M_1})_1 = \frac{\mu \bar{q}}{4\pi kh} \left\{ aE_i \left[-\frac{a^2}{4\chi t_1} \right] - bE_i \left[-\frac{b^2}{4\chi t_1} \right] + \sqrt{\pi} \sqrt{4\chi t_1} \left[\Phi \left(\frac{b}{\sqrt{4\chi t_1}} \right) - \Phi \left(\frac{a}{\sqrt{4\chi t_1}} \right) \right] \right\}$$

$$(\Delta P_{M_1})_1 = \frac{2,4 \cdot 10^{-3} \cdot 0,2}{86400 \cdot 4 \cdot 3,14 \cdot 0,4 \cdot 10^{-12} \cdot 6} \cdot \left\{ 600E_i \left[-\frac{600^2}{4 \cdot 0,55 \cdot 30 \cdot 86400} \right] - 3100E_i \left[-\frac{3100^2}{4 \cdot 0,55 \cdot 30 \cdot 86400} \right] + \sqrt{3,14 \cdot 4 \cdot 0,55 \cdot 30 \cdot 86400} \left[\Phi \left(\frac{3100}{2387,97} \right) - \Phi \left(\frac{600}{2387,97} \right) \right] \right\} = 3,09 \cdot 10^5 \text{Па} = 0,31 \text{МПа}$$

$t_2 = 1$ жыл үшін:

$$(\Delta P_{M_1})_2 = 1,256 \text{ МПа.}$$

Пайдалану батареясымен бір түзуде жатпаған M_1 нүктесіндегі қысымның өзгеруін Н.С.Пискунов формуласы бойынша анықтаймыз:

$$\Delta P = -\frac{\mu}{4\pi kh} \bar{q} \int_a^b E_i \left[-\frac{l^2+d^2}{4\chi t} \right] dl.$$

Формулада тұрған интегралда Симпсон әдісі (парагоя формуласы) бойынша интегралды (b - a) алты бөлікке бөле отырып, есептеп шығарамыз:

$$\int_a^b y dx \cong \frac{\Delta x}{3} (y_0 + 4y_1 + 2y_2 + 4y_3 + 2y_4 + 4y_5 + y_6);$$

$$\Delta x = \frac{b-a}{6} = \frac{3100-600}{6} = 417, \text{м};$$

$$l_i = a + i\Delta x, \quad i = 0, 1 \dots 6.$$

Есептер үшін көмекші кесте құрамыз:

11.1-кесте

Мүше №1, i	$l_i, \text{м}$	$\frac{l_i^2 + d^2}{\text{км}^2}$	$\frac{l_i^2 + d^2}{4\chi t_1}$	$y_i = E_i \left(-\frac{l_i^2 + d^2}{4\chi t_1} \right)$	$\frac{l_i^2 + d^2}{4\chi t_2}$	$y_i = E_i \frac{l_i^2 + d^2}{4\chi t_2}$
0	600	4,36	0,756	- 0,336	0,0622	- 2,261
1	1017	5,03	0,874	- 0,272	0,0718	- 2,127
2	1434	6,06	1,052	- 0,201	0,0865	- 1,955
3	1851	7,43	1,291	- 0,137	0,1061	- 1,770
4	2268	9,15	1,590	- 0,0876	0,1307	- 1,584
5	2684	11,2	1,945	- 0,0528	0,16	- 1,409
6	3100	13,6	2,36	- 0,0300	0,193	- 1,252

$t_1 = 30$ тәулік үшін:

$$\int_a^b E_i \left(-\frac{l^2 + d^2}{4\chi t_1} \right) dl = -\frac{417}{3} (0,036 + 4 \cdot 0,272 + 2 \cdot 0,201 + 4 \cdot 0,137 + 2 \cdot 0,0876 + 4 \cdot 0,0528 + 0,03) = -387 \text{ м.}$$

$t_2 = 1$ жыл үшін:

$$\int_a^b E_i \left(-\frac{l^2 + d^2}{4\chi t_2} \right) dl = -4420 \text{ м.}$$

$$(\Delta P_{M_2})_2 = 0,07 \text{ МПа}; (\Delta P_{M_2})_2 = 0,08 \text{ МПа.}$$

№12-есеп

Игерудің алғашқы кезеңіндегі шеңбер пішінді кеніштегі екі пайдалану қабаттарының ұңғымалар дебитін анықтау. Ұңғымалар қаныққан қысымнан төмен забойлық қысымда жұмыс істейді. Газсыздандыру зонасының радиусын анықтау.

Қанығу қысымы $p_0 = 12$ МПа, қоректену контурындағы қысым $p_k = 17$ МПа, бірінші және екінші пайдалану ұңғымаларындағы забойлық қысым $p_{заб1} = p_{заб2} = 11,5$ МПа. Қоректену облысындағы контурдың радиусы $R_k = 5$ км, мұнайлылықтың бастапқы контурының радиусы $R_{HO} = 4$ км, пайдаланылатын қатарлар радиусы: $R_1 = 3200$ м және $R_2 = 2400$ м. Қатарлардағы ұңғымалар саны $n_1 = 34$ және $n_2 = 25$. Ұңғымалардың келтірілген радиусы $r_c = 10^{-2}$ м, қабаттың күштілігі $h = 8$ м, қабаттың өткізгіштігі $k = 0,4$ мкм². Құмтастар цементтелген.

Қаныққандық қысымы кезіндегі мұнайдың тұтқырлығы $\mu_H = 2,4$ мПа·с, қабаттағы судың тұтқырлығы $\mu_G = 0,012$ мПа·с. Мұнайдың газдың көлемді еру коэффициенті $\beta = 1,1$, қабатты жағдайдағы бос газдардың меншікті салмағы $c = 1,02 \frac{p}{p_{AT}}$ кг/м³.

Дегенмен мұнайдағы газдың еруі Генри заңына бағынады. $(p_0 - p_{заб})$ интервалында μ_H , μ_G , c шамасы іс жүзінде аз өзгереді деп есептейік. $\psi(p)$ функциясын есептеп шығарамыз:

$$\psi(p) = \frac{S(p_0) - S(p)}{\frac{\mu_H(p)}{\mu_G(p)} \beta(p) c(p)}$$

мұнда, $S(p)$ – қабатты жағдайдағы мұнайда еріген газ салмағы.

p_0 -ден $p_{заб}$ -ға дейінгі интервалдағы орта қысым $p = 117,5$ МПа құлайды. Демек, бұл қысым үшін:

$$\psi(p) = \frac{(120 - 117,5) 1,02 \frac{1}{1,03}}{\frac{2,4}{0,012} 1,1 \cdot 1,02 \frac{117,5}{1,03}} = 0,00004.$$

11.1-кесте бойынша К.А.Царевичтің $\psi(p) = 0,00004$ контурлық $p = 0,996$ қаныққандыққа сәйкес келеді деуге болады. $0,9 < p < 1$, болғандықтан мұнай үшін қатысты өткізгіштікке $F_H(p) \approx 1$ қабылдауға болады.

Интегралды есептеп шығарамыз:

$$H_0 - H_{заб} = \int_{заб}^{p_0} \frac{F_H(p)}{\mu(p)\beta(p)} dp.$$

Біздің есеп шарттары үшін:

$$H_0 - H_{заб} \approx \frac{1}{2,4 \cdot 1,1} \int_{115}^{120} dp = 1,895$$

Пайдаланатын ұңғымалардың дебиттерін

$$2\pi kh[(p_k - p_0) + \mu_H(H_0 - H_{заб1})] = \left(\mu_6 \ln \frac{R_k}{R_{H0}} + \mu_6 \frac{k}{k_1} \ln \frac{R_{H0}}{R_H} + \mu_H \ln \frac{R_H}{R_1} \right).$$

$$\sum_{v=1}^N n_v q_v + q_1 \mu_H \ln \frac{R_1}{n_1 r_1};$$

$$2\pi kh[(H_0 - H_{забi}) - (H_0 - H_{забi-1})] = q_{i-1} \ln \frac{R_{i-1}}{n_{i-1} r_{i-1}} + \ln \frac{R_{i-1}}{R_i} \sum_{v=i}^N n_v q_v + \ln \frac{R_i}{n_{i-1} r_{i-1}},$$

теңдеу жүйесінен анықтайтын боламыз.

мұнда, R_H – кезектегі мұнайлылық контурының радиусы;

k_1 – суландырылған зонадағы су үшін өткізгіштік;

N – пайдаланылатын қатарлардың жалпы саны.

Біздің есептің шарттары үшін екі теңдеу құрамыз:

$$1) 2\pi kh[(p_k - p_0) + \mu_H(H_0 - H_{заб1})] = \left(\mu_6 \ln \frac{R_k}{R_{H0}} + \mu_H \ln \frac{R_H}{R_1} \right) \times (n_1 q_1 + n_2 q_2) + q_1 \mu_H \ln \frac{R_1}{n_1 r_c};$$

$$2) 2\pi kh[(H_0 - H_{заб}) - (H_0 - H_{заб})] = -q_1 \ln \frac{R_1}{n_1 r_c} + n_2 q_2 \ln \frac{R_1}{R_2} + q_2 \ln \frac{R_2}{n_2 r_c}.$$

Мәліметтерді қойғаннан соң келесіні аламыз. Екінші теңдеуден:

$$0 = -q_1 \lg \frac{3200}{34 \cdot 10^{-12}} + 25q_2 \lg \frac{3200}{2400} + q_2 \lg \frac{2400}{25 \cdot 10^{-2}};$$

$$q_2 = 0,5q_1.$$

Бірінші теңдеуден:

$$\begin{aligned}
 & 2 \cdot 3,14 \cdot 0,4 \cdot 800 [(170 - 120) + 1,895] \frac{86400}{10^6} \\
 & = \left(1,5 \cdot 2,3lg \frac{5}{4} + 2,4 \cdot 2,3lg \frac{4}{3,2} \right) \cdot (34q_1 + 25q_2) + q_1 \cdot 2,4 \\
 & \cdot 2,3lg \frac{3200}{34 \cdot 10^{-2}}; \\
 & q_1 = 131,6 \text{ м}^3/\text{сутки}, \quad q_2 = 73,7 \text{ м}^3/\text{сутки}.
 \end{aligned}$$

Газдандырылған зона радиусын:

$$r_H = r_c e^{\frac{2\pi kh(H_0 - H_{заб})}{q}}.$$

формуласы бойынша анықтаймыз.

Осыған сәйкес бірінші және екінші қатарлардағы ұңғымалар үшін:

$$r_{H_2} = 10^{-2} e^{\frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,4 \cdot 800 \cdot 1,895}{131,6}} \cdot \frac{86400}{10^6} = 10^2 e^{2,5} = 10^{-2} \cdot 12,2 = 0,122 \text{ м};$$

$$r_{H_3} = 10^{-2} e^{\frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,4 \cdot 800 \cdot 1,895}{73,7}} \cdot \frac{86400}{10^6} = 10^2 e^{4,5} = 10^{-2} \cdot 90,0 = 0,9 \text{ м}.$$

аламыз.

Қабатты мұнайдың нақты қасиеттерін есепке ала отырып, газдалған сұйықтың анықталған қозғалысындағы ұңғымалар дебитін анықтау:

$P_k = 12$ МПа; $P_3 = 8$ МПа; $r_k e^{-2 \cdot 10^{-2 \cdot 40}} = 500$ м; $r_c = 0,1$ м; $h = 10$ м; $k = 0,05$ мкм²; $\mu_\Gamma = 0,015$ МПа·с; $\Gamma = 350$ м³/м³.

Шешімі: Бұл есеп те П.А.Зиновьевтің әдісі бойынша мына байланыстылықтан жүзгізіледі:

$$\Gamma = \psi(\sigma) \frac{\mu_k(P)}{\mu_\Gamma} \cdot \beta(P) \frac{P}{P_{AT}} + S(P).$$

$$\psi(\sigma) = \frac{k_\Gamma(\sigma)}{k(\sigma)};$$

мұнда,

$$\psi(\sigma) = \frac{\Gamma - S(P)}{\frac{\mu_k}{\mu_\Gamma} \beta(p) \frac{P}{P_{AT}}}$$

$P_1 = 11$ МПа және $P_2 = 9$ МПа болғанда $\psi(\sigma)$ анықтаймыз:

$$\begin{cases} S(P_1) = 0,4702 \cdot 110 + 10,297 = 62, \text{ м}^3/\text{м}^3 \\ S(P_2) = 0,4702 \cdot 90 + 10,297 = 52,6, \text{ м}^3/\text{м}^3 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \mu_H(P_1) = -0,005714 \cdot 110 + 1,7 = 1,107 \text{ МПа} \cdot \text{с} \\ \mu_H(P_2) = 0,005714 \cdot 90 + 1,7 = 1,185 \text{ МПа} \cdot \text{с} \end{cases}$$

$$\begin{cases} \beta(P_1) = 0,001267 \cdot 110 + 1,02705 = 1,166 \\ \beta(P_2) = 0,001267 \cdot 90 + 1,02705 = 1,14 \end{cases}$$

$$\psi(\sigma_1) = \frac{350 - 62}{\frac{1,07}{0,15} \cdot 1,166 \cdot \frac{11}{0,103}} = 0,03148, \quad \sigma_1 = 0,869, f_H(\sigma_1) = 0,635$$

$$\psi(\sigma_2) = \frac{350 - 52,6}{\frac{1,185}{0,15} \cdot 1,14 \cdot \frac{9}{0,103}} = 0,03779, \quad \sigma_2 = 0,869, f_H(\sigma_2) = 0,612$$

Анықтаймыз:

$$\begin{aligned} \mu_k - H_{заб} &= \int_{P_3}^{P_k} \frac{f_H(\sigma_2)}{\mu_H(P) \cdot \beta(P)} dP \\ &= \frac{f_H(\sigma_2)}{\mu_H(P_1) \cdot \beta(P_1)} \int_{100}^{120} dP \\ &+ \frac{f_H(\sigma_2)}{\mu_H(P_2) \cdot \beta(P_2)} \int_{80}^{100} dP = 18,54 \cdot \frac{10^5}{10^{-3}} \frac{\text{Па}}{\text{Па} \cdot \text{с}} = 18,54 \cdot 10^8 \frac{1}{\text{с}} \end{aligned}$$

Ұңғыма дебиті:

$$q_H = \frac{2\pi kh(H_k - H_3)}{\ln \frac{r_k}{r_c}} = 59,2 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

№14-есеп

Игеруге 2200 м тереңдікте жатқан, бірақ $\bar{P}_0 = 50 \text{ МПа}$ аномалды жоғары бастапқы қабатты қысыммен, бір қабатты кен орнын енгіземіз. Игеруге енгізетін қабат көлемі $V_{III} = 10^8 \text{ м}^3$. Қабат бастапқы тығыздығы $\rho_{H0} = 0,85 \text{ т/м}^3$ мұнаймен қаныққан. Мұнайдың сығылу коэффициенті $\beta_H = 10^{-4} \frac{1}{\text{МПа}}$. Бөгелмелі судың мөлшері $S_{сғ} \approx 0$; $m_0 = 0,33$; $\beta_c = 10^{-2} \text{ л/МПа}$; $\mu_H = 2 \text{ МПа} \cdot \text{с}$; $k_0 = 0,1 \text{ мкм}$; $\beta_k = 2 \cdot 10^{-2} \text{ л/МПа}$; $h = 20 \text{ м}$; $r_k = 800 \text{ м}$; $r_c = 0,08 \text{ м}$.

Ұсақ саңылаулы орта есебінен, егер қабаттың орташа қысымы $\bar{P} 50$ -ден 10 МПа-ға төмендегендегі, мұнай беруді және алғашқымен салыстырғанда бір ұңғыманың дебиті қандай болатынын анықтау керек. Сонымен қысымның $\Delta P = \bar{P}_k - P_c = 5 \text{ МПа}$ түсуі қабылданады және тұрақты болып қалады.

Шешімі. Қысымның ұсақ саңылаулық және өткізгіштік тәуелділігі:

$$m = m_0 e^{+\beta(p-p_0)};$$

$$k = k_0 e^{\beta_k(p-p_0)}.$$

түрінде болады.

Қабаттағы мұнайдың бастапқы мөлшері:

$$G_{H0} = m_0 V_{ПМ} P_{H0} = 0,33 \cdot 10^8 \cdot 0,85 = 28,05 \cdot 10^6 m.$$

Қабаттағы мұнайдың мөлшері:

$$Q_H = p_{H0} m_0 V_{ПМ} (1 - S_{cb}) [1 - e^{\beta_c(\bar{p}-\bar{p}_0)} + \beta_H(\bar{p}_0 - \bar{p}) e^{\beta_c(\bar{p}_0-\bar{p})} e^{\beta_c(\bar{p}-\bar{p}_0)}]$$

$$Q_H = 28,05 \cdot 10^6 [1 - e^{-10 \cdot 40} + 10^{-4} \cdot 40 \cdot e^{-10^2 \cdot 40}] = 9,323 \cdot 10^6 m.$$

Бір ұңғыманың мұнай беруі:

$$\eta = \frac{Q_H}{G_{H0}} = \frac{9,323 \cdot 10^6}{28,05 \cdot 10^6} = 0,332$$

формуласы бойынша анықталады.

Бір ұңғыманың дебиті:

$$q_{НС0} = \frac{2\pi k_0 h [e^{-\beta(\bar{p}_0-\bar{p}_c)} - e^{\beta_0(\bar{p}_0-\bar{p}_c)}]}{\mu_H \beta_k \ln \frac{r_k}{r_c}}$$

формуласы бойынша анықталады.

Игерудің басында болғанда $\bar{p} = p_0$ болғанда

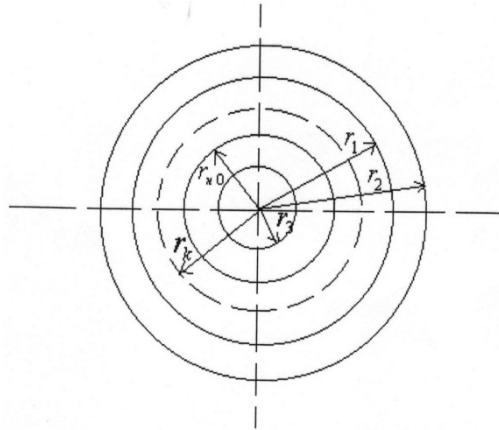
$$q_{НС0} = \frac{6,28 \cdot 10^{-13} \cdot 20 [1 - e^{-2 \cdot 10^{-2 \cdot 5}}]}{2 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^{-3} \cdot 9,2} = 281 m^3 / сут.$$

$\bar{P} = 10$ МПа, болғанда

$$q_{НС} = \frac{6,28 \cdot 10^{-13} \cdot 20 [e^{-2 \cdot 10^{-2 \cdot 40}} - e^{-2 \cdot 10^{-2 \cdot 45}}]}{2 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^{-8} \cdot 9,2} = 126 m^3 / сут.$$

№15-есеп

Газдық шапкаға пайдаланатын ұңғымалардың тұрақты дебитін және пайдаланатын ұңғымалар забойындағы қысымды қамтамасыз ету үшін айдалатын газ көлемін уақыт өтуіне қарай өзгеруін анықтау (15.1-сурет).



15.1-сурет

Берілгені: 1-нұсқа

$r_1 = 1200$ м; $r_2 = 1500$ м; $n_1 = 26$; $n_2 = 3$ (айдамалы ұңғымалар батареясының радиусы);

$n_{\Gamma} = 4$ (айдамалы ұңғымалар саны); $r_{c\Gamma} = 10^{-4}$ м (айдамалы ұңғымалар радиусы);

$h = 10$ м; $k = 0,3$ мкм; $m = 0,33$; $\mu_H = 3$ МПа·с; $q_c = q_2 = q = 20$ т³/тәу; $P_k = 12$ МПа.

Берілгені: 2-нұсқа

$r_1 = 1200$ м; $r_2 = 1500$; $n_1 = 26$; $n_2 = 33$; $r_{c0} = 10^{-3}$ м; $r_{H0} = 600$ м; $r_{\Gamma} = 100$ м. (айдамалы ұңғымалар батареясының радиусы);

$n_{\Gamma} = 4$ (айдамалы ұңғымалар саны); $r_{c\Gamma} = 10^{-4}$ м (айдамалы ұңғымалардың радиусы);

$h = 10$ м; $k = 0,33$ мкм; $m = 0,2$; $\mu_H = 3$ МПа·с; $\mu_{\Gamma} = 0,012$ МПа·с; $q_c = q_2 = q = 20$ т³/тәу; $P_k = 12$ МПа (газдың шапкада қысым ұсталынып тұрады);

$P_{\Gamma} = 15$ МПа (айдамалы қысымы).

Шешімі: ГНК кезектегі радиусының уақыт өтуіне қарай өзгеруі:

$$r_k = \sqrt{r_{H0}^2 + \frac{\varepsilon q t}{\pi m h}};$$

$$r_k = \sqrt{36 \cdot 10^4 + \frac{59 \cdot 20 \cdot 365 t}{3,14 \cdot 0,2 \cdot 1}} = 10^2 \sqrt{36 + 6,86 \cdot t};$$

формуласы бойынша анықталады, мұнда, t жылдармен есептелінеді.

Пайдаланылатын ұңғымалар қатарындағы забой қысымы:

$$1) \frac{2\pi k h (P_k - P_1)}{\mu_H} = (n_1 q_1 + n_2 q_2) \ln \frac{r_1}{r_k} + q_1 \ln \frac{r_1}{n_1 r_{c0}};$$

2)

$$3) \frac{2\pi kh(P_1 - P_2)}{\mu H} = -q_1 \ln \frac{r_1}{n_1 r_{c\partial}} + n_2 q_2 \ln \frac{r_2}{r_1} + q_2 \ln \frac{r_2}{n_2 r_{c\partial}};$$

теңдеулер жүйесінен анықталады.

Екінші теңдеуден:

$$P_1 - P_2 = 0,271 \text{ МПа}$$

Бірінші теңдеуден уақыттың алғашқы кезеңі ($r_k = r_{k0}$) үшін:

$$P_1 = 10,1 \text{ МПа}$$

Сонда: $P_2 = 9,83 \text{ МПа}$

Айдмалы газдың жиындық көлемі:

$$Q_{\Gamma} = \frac{\pi kh(P_{\Gamma}^2 - P_{\Gamma}^2) \cdot n_{\Gamma}}{\mu_{\Gamma} P_{am} \left(n_{\Gamma} \cdot \ln \frac{r_k}{r_{\Gamma}} + \ln \frac{r_{\Gamma}}{n_{\Gamma} \cdot r_{ck}} \right)}$$

Уақыттың алғашқы кезеңі ($r_k = r_{k1}$): үшін:

$$Q_{\Gamma} = \frac{3,14 \cdot 0,3 \cdot 10^{-12} \cdot 10(15^2 - 10^2) \cdot 10^{12} \cdot 4 \cdot 86400}{0,012 \cdot 10^{-3} \cdot 0,103 \cdot 10^6 \left[4 \ln \frac{600}{100} + \ln \frac{100}{4 \cdot 10^{-4}} \right]} = 10,9 \cdot 10^6 \text{ м}^3 / \text{сут.}$$

Көлемдік мәндеріне t берілген, r_k , P , p_2 және Q_{Γ} тиісті мөлшерін анықтаймыз.

Нәтижелерін кестеге енгіземіз.

15.1-кесте

$t, \text{ ч}$	$r_k, \text{ м}$	$P, \text{ МПа}$	$P_2, \text{ МПа}$	$Q_{\Gamma}, \text{ мкм}^2 \cdot \text{м}^3$
1	655	10,3	10,03	10,7
2	705	10,45	10,18	10,6
4	796	10,71	10,44	10,4
7	917	11,02	10,75	10,0
10	1020	11,25	10,98	9,9
13	1118	11,45	11,18	9,7

№16-есеп

Шеңбер пішінді кен орнына $N = 5$ пайдаланылатын қатарды орналастырамыз. Қатарлар бірдей забойлық қысыммен пайдалану кезінде игерудің минималды уақытын қамтамасыз етуі керек.

Мұнайлылық контурының радиусы $R_H = 5000$ м, соңғы қатар радиусы $R_N = 5000$ м, ұңғыманың келтірілген радиусы $r_c = 10^{-4}$ м.

Шешімі. Қатарлар үшін:

$$p_N = p_5 = \frac{R_5}{R_H} = 0,1.$$

мәндері берілген.

Қалған ұңғымалар қатарлары үшін p_1 мәнін Ю.П.Борисовтың (2-сурет) номограммасын қолданып анықтаймыз. Пайдаланатын қатарлардың радиусы:

$$R_i = p_i R_H.$$

$$\begin{aligned} \rho_4 &= 2; R_4 = 1000 \text{ м}; \\ \rho_3 &= 0,35; R_3 = 1750 \text{ м}; \\ \rho_2 &= 0,55; R_2 = 2750; \\ \rho_1 &= 0,76; R_1 = 3800. \end{aligned}$$

Осы номограмма бойынша λ көмекші бойынша коэффициентін есептеп шығаратын $x=2,355$ анықтаймыз:

$$\lg \frac{R_H^2}{\lambda_1} - \lg \frac{R_H^2}{r_c} = 2.355,$$

осыдан:

$$\lg \frac{R_H}{\lambda_1} = 2.355 + \lg \frac{5000}{10^{-4}} = 3.241;$$

$$\frac{R_H}{\lambda_1} = 1.742 \cdot 10^3; \lambda = 1.435 \cdot 10^4 \text{ м}^2$$

Қатардағы ұңғымалар арасындағы (2_i) арақашықтықты номограмма (16,1-сурет) бойынша анықтаймыз. Қатардағы ұңғымалар саны:

$$n_i = \frac{\pi R_i}{R_i}.$$

Шамалап табамыз:

$$\lg \frac{\lambda}{r_c^2} = \lg \frac{1,435 \cdot 10^4}{10^{-8}} = 12.157$$

$$\frac{R_1^2}{R_H^2} - 1 = \left(\frac{5}{3,8}\right)^2 - 1 = \frac{R_1^2}{R_2^2} - 1 = \left(\frac{3,8}{2,75}\right)^2 - 1 = 0,915;$$

$$\frac{R_2^2}{R_3^2} - 1 = \left(\frac{2,75}{1,75}\right)^2 - 1 = 1,47; \frac{R_3^2}{R_4^2} - 1 = \left(\frac{1,75}{1}\right)^2 - 1 = 2,06;$$

$$\frac{R_4^2}{R_5^2} - 1 = \left(\frac{1}{0.5}\right)^2 - 1 = 3$$

Әрі қарай номограмма бойынша анықтаймыз:

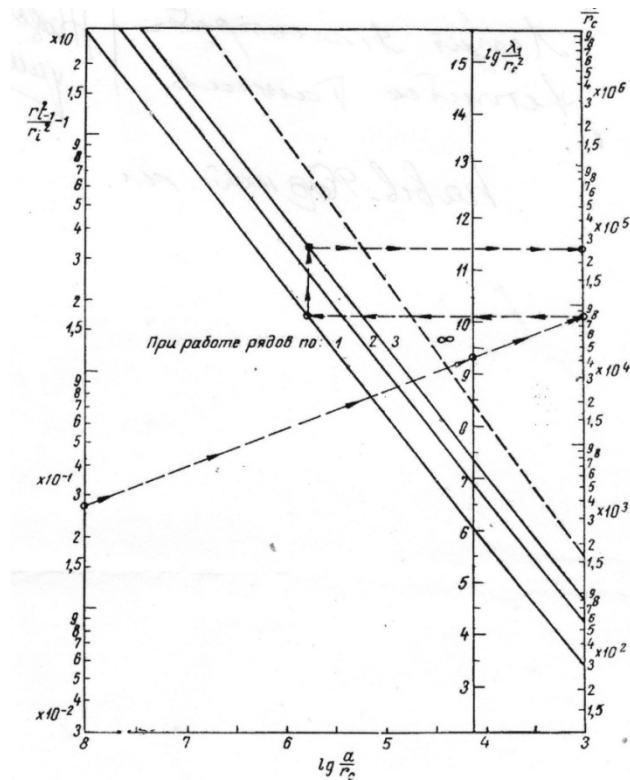
$$\frac{\delta_1}{r_c} = 2,5 \cdot 10^6; 2\sigma_1 = 500M; n_1 = 48;$$

$$\frac{\delta_2}{r_c} = 2,1 \cdot 10^6; 2\sigma_2 = 420M; n_2 = 41;$$

$$\frac{\delta_3}{r_c} = 1,6 \cdot 10^6; 2\sigma_3 = 320M; n_3 = 34;$$

$$\frac{\delta_4}{r_c} = 1,4 \cdot 10^6; 2\sigma_4 = 280M; n_4 = 22;$$

$$\frac{\delta_5}{r_c} = 1,2 \cdot 10^6; 2\sigma_5 = 240M; n_5 = 13;$$



16.1-сурет. Ұңғымалар арасындағы арақашықтықты анықтау номограммасы

КУРСТЫҚ ЖҰМЫС ӘДІСТЕМЕСІ

Курстық жұмыс тақырыбы: Қатты су арынды режим кезіндегі гидродинамикалық есептер

Гидродинамикалық есептер мұнай кен орындарын игеру жобасының негізгі бөлімін құрайды. Сондықтан есептердің дұрыс қойылуына және есептеу барысында алынатын көрсеткіштердің дұрыс таңдалуына үлкен көңіл бөлу қажет. Берілген жағдайда шоғырдың алғашқы күйін, қабат пен қабат сұйықтығының физикалық қасиетін сипаттайтын барлық көрсеткіштер кен орынды геологиялық зерттеу кезінде жиналған бастапқы мәлімет ретінде қабылданады.

Геологиялық зерттеулер көрсеткендей алынған игеру объектісінің құмтастары біртекті және қатты, жақсы цементтелген литологиялық-фашиалдық құрамының төзгіштігімен сипатталады. Бұл ұңғының түбінде құм тығыздарының пайда болуын жоққа шығарады және осы көзқарастан ұңғы шығымы шектелмеген. Сондықтан шоғырды игеру жылдамдығы тек қана түп қысымдармен, ұңғыларды орналастыру тәртібімен және ұңғылар санымен шектеледі.

1. ЖОБАЛАУҒА АРНАЛҒАН БАСТАПҚЫ МӘЛІМЕТТЕР

Есептеу нұсқасының периметрі	$P_p=42000$ м
Есептеу нұсқасындағы аудан	$S_n=41,5 \cdot 10^6$ м ²
Нұсқадағы тиімді қалыңдық	$h_n=7,5$ м
Ұңғы тереңдігі	$H=1880$ м
Өткізгіштік	$k=0,26$ мкм ²
Мұнай тұтқырлығы	$\mu_n=2,0$ мПа·с
Қабат суының тұтқырлығы	$\mu_s=1,3$ мПа·с
Ұңғы радиусы	$r_c=1,7$ мм
Кеуектілік	$m=0.2$
Мұнайға қанығушылық коэффициенті	$\beta=0,876$
Мұнай бергіштік коэффициенті	$\eta=0,65$
Қайта есептеу коэффициенті	$b=1,4$ м ³ /т
Қабат қысымы	$P_{nt}=H/10=1880/10=188$ атм=18,8 МПа

2. ТҮП ҚЫСЫМЫН ТАҢДАУ

Игерудің есептеу нұсқасын таңдау үшін фонтанды туғызатын қысымының шегін, яғни фонтандау мүмкіндігі туатын минимал түп қысымын білу қажет. Ол:

$$P_{заб} = \frac{H \cdot \gamma_{ср}}{10 + \frac{G_{эф} d^{0,5}}{0,0077 H} \lg \frac{P_{нас}}{P_2}} + P_2, \quad (1)$$

теңдеуімен анықталады.

Мұндағы:

$H = 1880$ м – ұңғының орташа тереңдігі;

$P_2 = 0,5$ МПа – буферлік қысым;

$P_{нас} = 10,58$ МПа – қанығу қысымы;

$G_{эф} = 22,2$ м³/т – тиімді газ факторы;

$d = 2$ – фонтан құбырларының диаметрі, дюйм;

$\gamma_{ср}$ – мұнайдың орташа меншікті салмағы, г/см³;

$\gamma_{н.пл} = 0,76$ г/см³ – қабат жағдайындағы мұнайдың меншікті салмағы;

$\gamma_{н.нов} = 0,852$ г/см³ – жер беті жағдайындағы мұнайдың меншікті салмағы.

(1) теңдеуге берілген мәндерді қойып, келесіні аламыз:

$$P_{заб} = \frac{1880 \cdot \frac{0,76 + 0,852}{2}}{10 + \frac{22,2 \cdot 2^{0,5}}{0,0077 \cdot 1880} \lg \frac{10,58}{0,5}} + 5 = 118 \text{ атм} = 11,8 \text{ МПа}.$$

Көріп тұрғанымыздай, фонтандау қысымының шегі, яғни минимал түп қысым бастапқыдан 7 МПа кіші, бұл бізге қабаттан мұнай фонтанды әдіспен алынып жатқандығын көрсетеді. Осыған байланысты 11,8 МПа тең фонтандау қысымының шегі одан әрі есептеу барысында түп қысымының тиімді мөлшерінің төменгі шегі болып қабылданады.

3. ШОҒЫР ПІШІНІН СХЕМАТИЗАЦИЯЛАУ

Алынған пайдалану объектісі бұрыс геометриялық пішінге ие. Бұл жағдайда есептеуді дәл жүргізу тек қана электроинтегратор көмегі арқылы жүзеге асады. Бірақ белгілі бір шарттарды сақтай отырып, шоғыр пішінін дұрыс геометриялық пішінмен ауыстыру жеткілікті дәлдікті беретіндігі анықталды. Сондықтан берілген пайдалану объектісінің ауданын сыртқы периметрі есептеу нұсқасының периметріне тең сақина ауданымен ауыстыралық.

Келесі, барлық есептеулер сақина ауданы үшін жүргізіледі. Шоғыр пішінін сақина пішінмен ауыстыру кен орнының кіші осінің үлкеніне қатынасы үштен бір бөлігінен үлкен, екіден бір бөлігінен кіші, яғни $\frac{1}{3} \leq \frac{b}{a} \leq \frac{1}{2}$ болғанда ғана

жүргізіледі. Егер бұл қатынас үштен бірден кіші болса, онда кен орны жолақ тәріздес кен орны ретінде қарастырылады.

Ауыстыру шартынан сақинаның сыртқы радиусын анықтайық (есептік нұсқаның радиусы):

$$r_H = \frac{P_p}{2\pi} = \frac{42000}{2 \cdot 3,14} = 6688 \text{ м}$$

Орталық батарея радиусы (соңғы қатардың) аудандардың (қорлардың) теңдігі шартынан анықталады:

$$S_H = \pi(r_H^2 - r_U^2),$$

бұл жерден,

$$r_U = \sqrt{r_H^2 - \frac{S_H}{\pi}} = \sqrt{6688^2 - \frac{41,5 \cdot 10^6}{3,14}} = 5614 \text{ м}.$$

4. ЕСЕПТЕЛЕТІН НҰСҚАЛАР ҮШІН ҰҢҒЫЛАРДЫ ТИІМДІ ОРНАЛАСТЫРУ

Жоғарыда көрсетілгендей есептік нұсқаның радиусы 6688 м, ал соңғы қатар радиусы 5614 м-ге тең. Пайдалану қатарларын және сол қатарлардағы ұңғыларды ВНИИ әдісімен орналастырамыз. Игеру нұсқаларының тиімді түрін таңдап алу үшін бірден үшке дейін пайдалану қатарлары бар үш есептік нұсқаларды зерттейміз. Есептеу кезінде бір мезгілде ең көп үш қатар пайдаланылуда деп қабылданады. Әр сыртқы қатардың сөндірілуі (ажыратылуы) кезеңнің бітуімен (соңымен) сипатталады.

Бұл жерде қатар саны үшке тең нұсқаны қарастыралық, сонда:

$$\rho_3 = \frac{r_U}{r_H} = \frac{5614}{6688} = 0,839,$$

мұндағы, $r_U = r_3 = 5614$ м – соңғы қатар радиусы.

Берілген ρ_3 және үшке тең қатарлар санына байланысты графиктен (1-сурет) ρ_2 және ρ_1 мәндерін анықтаймыз:

$$\rho_2 = \frac{r_2}{r_H} = 0,895; \quad \rho_1 = \frac{r_1}{r_H} = 0,945$$

онда:

$$r_2 = 6688 \cdot 0,895 = 5986 \text{ м};$$

$$r_1 = 6688 \cdot 0,945 = 6320 \text{ м}.$$

Сол графиктен келесіні анықтаймыз:

$$\lg \frac{r_H^2}{\lambda_1} - \lg \lg \frac{r_H}{r_c} = 4,25$$

бұл жерден:

$$2 \lg r_H - \lg \lambda_1 - \lg \lg \frac{r_H}{r_c} = 4,25$$

$$\lg \lambda_1 = 2 \lg r_H - \lg \lg \frac{r_H}{r_c} - 4,25$$

$$\lg \lambda_1 = 2 \lg 6688 - \lg \lg \frac{6688}{1,7 \cdot 10^{-3}} - 4,25 = 2,581$$

$$\lg \frac{\lambda_1}{r_c^2} = \lg \lambda_1 - 2 \lg r_c = 2,581 - 2 \lg 1,7 \cdot 10^{-3} = \underline{8,120}$$

Келесі шаманы анықтайық: $\left(\frac{r_{i-1}}{r_i} \right)^2 - 1$;

$$\left(\frac{r_H}{r_1} \right)^2 - 1 = \left(\frac{6688}{6320} \right)^2 - 1 = 0,1199 ;$$

$$\left(\frac{r_1}{r_2} \right)^2 - 1 = \left(\frac{6320}{5986} \right)^2 - 1 = 0,1147 ;$$

$$\left(\frac{r_2}{r_3} \right)^2 - 1 = \left(\frac{5986}{5614} \right)^2 - 1 = 0,137 .$$

$\lg \frac{\lambda_1}{r_c^2}$, $\left(\frac{r_{i-1}}{r_i} \right)^2 - 1$ және бір мезгілде жұмыс істеп тұрған қатарлар санын біле отырып, графиктен (2-сурет) қатардағы ұңғылар арасындағы қашықтықты анықтаймыз. $\left(\frac{r_{i-1}}{r_i} \right)^2 - 1$ осіндегі 0,1199; 0,1147; 0,137 және $\lg \frac{\lambda_1}{r_c^2}$ осіндегі 8,120

нүктелерін қоса отырып, игерудің үш нұсқасы үшін әр қатардағы $2\sigma_i$ анықтаймыз.

Барлық σ_i/r_c мәндерін 1-кестеге толтырамыз.

1-кесте

σ_i/r_c	I нұсқа	II нұсқа	III нұсқа
1 қатар	$9,11 \cdot 10^4$	$6,66 \cdot 10^4$	$3,4 \cdot 10^4$
2 қатар	$9,14 \cdot 10^4$	$7,0 \cdot 10^4$	$3,42 \cdot 10^4$
3 қатар	$9 \cdot 10^4$	$6,1 \cdot 10^4$	$3,1 \cdot 10^4$

Бұл жерден $2\sigma_i$ анықтаймыз (2-кесте):

2-кесте

$2\sigma_i, м$	I нұсқа	II нұсқа	III нұсқа
1 қатар	309,74	226,44	115,6
2 қатар	310,76	238	116,28
3 қатар	306	207,4	105,4

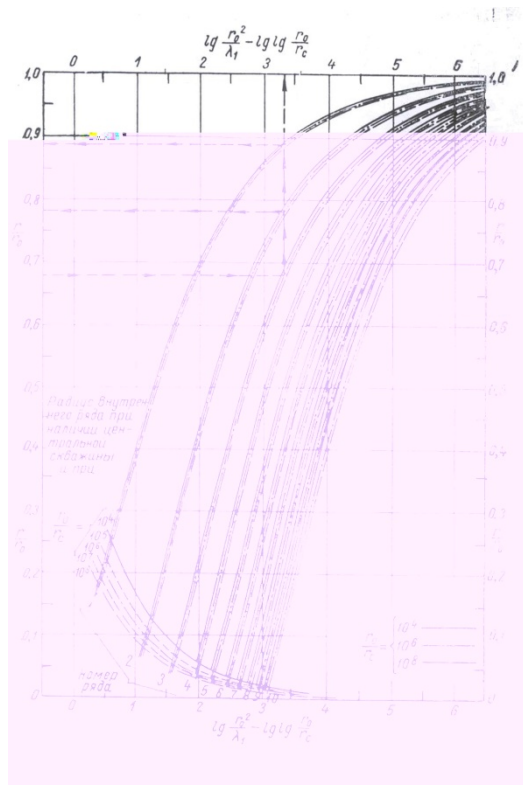
Қабылданған шамалар:

$$r_1 = 6320 м; \quad r_2 = 5986 м; \quad r_3 = 5614 м.$$

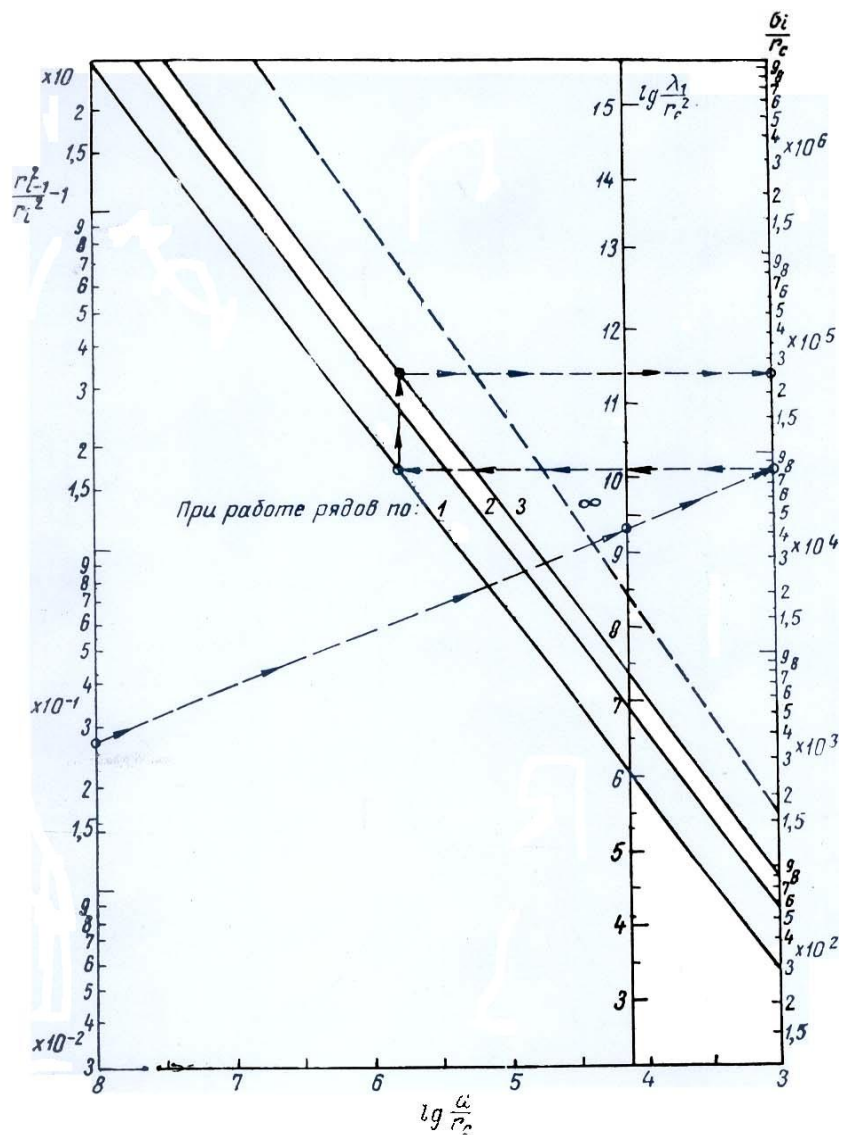
Қатарлардағы ұңғылар санын $n_i = \frac{2\pi r_i}{2\sigma_i}$ анықтап, 3-кестені толтыралық:

3-кесте

n_i	I нұсқа	II нұсқа	III нұсқа
1 қатар	128	175	343
2 қатар	121	158	323
3 қатар	115	170	335



1-сурет. Ұңғылар қатарларының орналасуын есептейтін диаграмма



2-сурет. Ұңғылар арасындағы қашықтықты анықтайтын номограмма

5 ЕСЕПТЕЛЕТІН НҰСҚАЛАР ҮШІН ИГЕРУДІҢ ӘР КЕЗЕҢІНДЕГІ ШЫҒЫМДАРДЫ ЕСЕПТЕУ

Игеру уақытын анықтау үшін қатты су арынды режим формулаларын қолданып, барлық варианттарды есептеуді жүргіземіз. Барлық есептеулер тұрақты түп қысымы кезінде жүргізіледі. Бір мезгілде үш ұңғы жұмыс істеуде. Сөндіру уақытын көлемдік әдіспен есептейміз. Бұл кезеңдегі есептер су шығымын ескерусіз жүргізіледі.

Түп қысымды фонтандаудың минимал қысымына тең деп аламыз. Айдау нұсқасындағы қысым бастапқы қабат қысымына тең деп қарастырылады.

Есептеу ыңғайлы болуы үшін барлық қажетті шамалар кестеге толтырылады. Әр нұсқа үшін жеке кестелер құрастырылады.

Үш қатарлы нұсқаны қарастыралық.
Қатарлар арасындағы қорларды есептейміз:

$$V_i = \frac{\pi(r_{i-1}^2 - r_i^2)hm\beta\eta}{b}$$

$$V_1 = \frac{3,14 \cdot 7,5 \cdot 0,2 \cdot 0,876 \cdot 0,65(6688^2 - 6320^2)}{1,4} = 1,92(6688^2 - 6320^2) = 9,191 \text{ млн.т.}$$

$$V_2 = 1,92(r_1^2 - r_2^2) = 1,92(6320^2 - 5986^2) = 7,892 \text{ млн.т.}$$

$$V_3 = 1,92(r_2^2 - r_3^2) = 1,92(5986^2 - 5614^2) = 8,285 \text{ млн.т.}$$

$$V = V_1 + V_2 + V_3 = 9,191 + 7,892 + 8,285 = 25,37 \text{ млн.т.}$$

Бірге жұмыс істейтін қатарлардың шығымы:

$$P_{c_{j-1}} - P_{c_j} = \Omega_j \sum_{i=j}^N Q_i + \omega_j Q_j - \omega_{j-1} Q_{j-1}$$

формуласымен анықталады.

Мұндағы, $P_{c_j} - j$ -ші қатардағы ұңғының түп қысымы;

Ω_j және $\omega_j - j$ -ші қатардың сыртқы және ішкі кедергілері;

$Q_j - j$ -ші қатар шығымы.

$$\Omega_j = \frac{\mu}{2\pi kh} \ln \frac{r_{j-1}}{r_j}, \quad \omega_j = \frac{\mu}{2\pi kh} \cdot \frac{\sigma_j}{\pi r_j} \ln \frac{\sigma_j}{\pi r_{c_j}}$$

Бір мезгілде үш ұңғы жұмыс істеген кезде (1-кезең – I нұсқа) теңдеулер жүйесі келесі түрде болады: (1 т=1,398м³)

$$\begin{cases} \frac{2\pi kh(P_{nl} - P_{ci})}{\mu_H} = (Q_1 + Q_2 + Q_3) \ln \frac{r_H}{r_1} + Q_1 \frac{\sigma_1}{\pi r_1} \ln \frac{\sigma_1}{\pi r_c}, \\ \frac{2\pi kh(P_{c1} - P_{c2})}{\mu_H} = (Q_2 + Q_3) \ln \frac{r_1}{r_2} + Q_2 \frac{\sigma_2}{\pi r_2} \ln \frac{\sigma_2}{\pi r_c} - Q_1 \frac{\sigma_1}{\pi r_1} \ln \frac{\sigma_1}{\pi r_c}, \\ \frac{2\pi kh(P_{c2} - P_{c3})}{\mu_H} = Q_3 \left(\ln \frac{r_2}{r_3} + \frac{\sigma_2}{\pi r_3} \ln \frac{\sigma_3}{\pi r_c} \right) - Q_2 \frac{\sigma_2}{\pi r_2} \ln \frac{\sigma_2}{\pi r_c}. \end{cases}$$

P_{ci} мәні 2-таранда анықталған түп қысымына $P_{заб}$ тең. Үш нұсқа үшін жүйенің компьютерде есептелген шешімі В қосымшада келтірілген.

I нұсқа = Үш-үш қатардан жұмыс істеген кезде:

$$D = \frac{2\pi kh(P_{nl} - P_{ci})}{\mu_H} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,26 \cdot 10^{-12} \cdot 7,5 \cdot 10^6 (18,8 - 11,8)}{2,0 \cdot 10^{-3}} = 42,861 \cdot 10^{-3} \frac{M^3}{сек}$$

$$A = \frac{\sigma_1}{\pi r_1} \ln \frac{\sigma_1}{\pi r_c} = \frac{154,87}{3,14 \cdot 6320} \ln \frac{154,87}{3,14 \cdot 1,7 \cdot 10^{-3}} = 0,0802$$

$$B = \frac{\sigma_2}{\pi r_2} \ln \frac{\sigma_2}{\pi r_c} = \frac{155,38}{3,14 \cdot 5986} \ln \frac{155,38}{3,14 \cdot 1,7 \cdot 10^{-3}} = 0,085$$

$$C = \frac{\sigma_3}{\pi r_3} \ln \frac{\sigma_3}{\pi r_c} = \frac{153}{3,14 \cdot 5614} \ln \frac{153}{3,14 \cdot 1,7 \cdot 10^{-3}} = 0,0891$$

$$A_1 = \ln \frac{r_H}{r_1} = \ln \frac{6688}{6320} = 0,0566$$

$$B_1 = \ln \frac{r_1}{r_2} = \ln \frac{6320}{5986} = 0,0543$$

$$C_1 = \ln \frac{r_2}{r_3} = \ln \frac{5986}{5614} = 0,0642$$

1) Үш қатар жұмыс істегенде:

2)

$$\begin{cases} D = (Q_1 + Q_2 + Q_3)A_1 + Q_1A \\ 0 = (Q_2 + Q_3)B_1 + Q_2B - Q_1A \\ 0 = Q_3(C_1 + C) - Q_2B \end{cases}$$

$$Q_3 = Q_2 \frac{B}{C_1 + C} = Q_2 \frac{0,085}{0,0642 + 0,0891} = Q_2 0,5545 = Q_1 0,2625$$

$$0 = (Q_2 + Q_2 0,5545)0,0543 + Q_2 0,085 - Q_1 0,0802 \Rightarrow Q_2 = \frac{Q_1 0,0802}{0,1694} = Q_1 0,4734$$

$$D = (Q_1 + Q_1 0,4734 + Q_1 0,2625)0,0566 + Q_1 0,0802 \Rightarrow Q_1 = \frac{D}{0,1785} = \frac{42,861 \cdot 10^{-3}}{0,1785} = 0,2401 \frac{M^3}{сек}$$

$$Q_1 = 0,2401 \frac{M^3}{сек} = 20746,17 \frac{M^3}{сут} = 14836,036 \frac{m}{сут};$$

$$Q_2 = 0,1137 \frac{M^3}{сек} = 9821,23 \frac{M^3}{сут} = 7023,375 \frac{m}{сут};$$

$$Q_3 = 0,0630 \frac{M^3}{сек} = 5445,88 \frac{M^3}{сут} = 3894,467 \frac{m}{сут};$$

$$\sum_{i=1}^3 Q_i = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 25753,878 \frac{m}{сут}$$

3) Екі қатар жұмыс істегенде:

$$\begin{cases} D = (Q_2 + Q_3)B_1 + Q_2 B \\ 0 = Q_3(C_1 + C) - Q_2 B \end{cases}$$

$$Q_3 = Q_2 \frac{B}{C_1 + C} = Q_2 \frac{0,085}{0,0642 + 0,0891} = Q_2 0,5545$$

$$D = (Q_2 + Q_2 0,5545)0,0543 + Q_2 0,085 \Rightarrow Q_2 = \frac{D}{0,1694} = \frac{42,861 \cdot 10^{-3}}{0,1694} = 0,253 \frac{M^3}{сек}$$

$$Q_2 = 0,253 \frac{M^3}{сек} = 21857,32 \frac{M^3}{сут} = 15631,988 \frac{m}{сут};$$

$$Q_3 = 0,1403 \frac{M^3}{сек} = 12120,926 \frac{M^3}{сут} = 8668,648 \frac{m}{сут};$$

$$\sum_{i=2}^3 Q_i = Q_2 + Q_3 = 24300,636 \frac{m}{сут}$$

4) Бір ғана қатар жұмыс істегенде:

$$D = Q_3(C_1 + C) \Rightarrow Q_3 = \frac{D}{C_1 + C} = \frac{42,861 \cdot 10^{-3}}{0,0642 + 0,0891} = 0,2796 \frac{M^3}{сек}$$

$$Q_3 = 0,2796 \frac{M^3}{сек} = 24157,44 \frac{M^3}{сут} = 17275,509 \frac{m}{сут}$$

$$\sum_{i=3}^3 Q_i = Q_3 = 17275,509 \frac{m}{сут}$$

II нұсқа = Екі-екі қатардан жұмыс істеген кезде:

$$D = \frac{2\pi kh(P_{ni} - P_{ci})}{\mu_h} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,26 \cdot 10^{-12} \cdot 7,5 \cdot 10^6 (18,8 - 11,8)}{2,0 \cdot 10^{-3}} = 42,861 \cdot 10^{-3} \frac{M^3}{сек}$$

$$A = \frac{\sigma_1}{\pi r_1} \ln \frac{\sigma_1}{\pi r_c} = \frac{113,22}{3,14 \cdot 6320} \ln \frac{113,22}{3,14 \cdot 1,7 \cdot 10^{-3}} = 0,05684$$

$$B = \frac{\sigma_2}{\pi r_2} \ln \frac{\sigma_2}{\pi r_c} = \frac{119}{3,14 \cdot 5986} \ln \frac{119}{3,14 \cdot 1,7 \cdot 10^{-3}} = 0,0634$$

$$C = \frac{\sigma_3}{\pi r_3} \ln \frac{\sigma_3}{\pi r_c} = \frac{103,7}{3,14 \cdot 5614} \ln \frac{103,7}{3,14 \cdot 1,7 \cdot 10^{-3}} = 0,0581$$

$$A_1 = \ln \frac{r_h}{r_1} = \ln \frac{6688}{6320} = 0,0566$$

$$B_1 = \ln \frac{r_1}{r_2} = \ln \frac{6320}{5986} = 0,0543$$

$$C_1 = \ln \frac{r_2}{r_3} = \ln \frac{5986}{5614} = 0,0642$$

1) Екі қатар жұмыс істегенде:

$$\begin{cases} D = (Q_1 + Q_2)A_1 + Q_1 A \\ 0 = Q_2(B_1 + B) - Q_1 A \end{cases}$$

$$Q_2 = Q_1 \frac{A}{B_1 + B} = Q_1 \frac{0,05684}{0,0543 + 0,0634} = Q_1 0,4829$$

$$D = (Q_1 + Q_1 0,4829)0,0566 + Q_1 0,05684 \Rightarrow Q_1 = \frac{D}{0,1408} = \frac{42,861 \cdot 10^{-3}}{0,1408} = 0,3044 \frac{M^3}{сек}$$

$$Q_1 = 0,3044 \frac{M^3}{сек} = 26306,273 \frac{M^3}{сут} = 18807,815 \frac{m}{сут}$$

$$Q_2 = 0,147 \frac{M^3}{сек} = 12703,299 \frac{M^3}{сут} = 9082,618 \frac{m}{сут}$$

$$\sum_{i=1}^2 Q_i = Q_1 + Q_2 = 27890,433 \frac{M^3}{сут}$$

2) Екі қатар жұмыс істегенде:

$$\begin{cases} D = (Q_2 + Q_3)B_1 + Q_2 B \\ 0 = Q_3(C_1 + C) - Q_2 B \end{cases}$$

$$Q_3 = Q_2 \frac{B}{C_1 + C} = Q_2 \frac{0,0634}{0,0642 + 0,0581} = Q_2 0,5184$$

$$D = (Q_2 + Q_2 0,5184)0,0543 + Q_2 0,0634 \Rightarrow Q_2 = \frac{D}{0,1459} = \frac{42,861 \cdot 10^{-3}}{0,1459} = 0,2939 \frac{M^3}{сек}$$

$$Q_2 = 0,2939 \frac{M^3}{сек} = 25392,96 \frac{M^3}{сут} = 18159,056 \frac{m}{сут}$$

$$Q_3 = 0,1524 \frac{M^3}{сек} = 13167,36 \frac{M^3}{сут} = 9416,265 \frac{m}{сут}$$

$$\sum_{i=2}^3 Q_i = Q_2 + Q_3 = 27575,321 \frac{m}{сут}$$

3) Бір ғана қатар жұмыс істегенде:

$$D = Q_3(C_1 + C) \Rightarrow Q_3 = \frac{D}{C_1 + C} = \frac{42,861 \cdot 10^{-3}}{0,0642 + 0,0581} = 0,3505 \frac{M^3}{сек}$$

$$Q_3 = 0,3505 \frac{M^3}{сек} = 30279,562 \frac{M^3}{сут} = 21656,173 \frac{m}{сут}$$

$$\sum_{i=3}^3 Q_i = Q_3 = 21656,173 \frac{m}{сут}$$

III нұсқа = Бір-бір қатардан жұмыс істеген кезде:

$$D = \frac{2\pi kh(P_{ni} - P_{ci})}{\mu_n} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,26 \cdot 10^{-12} \cdot 7,5 \cdot 10^6 (18,8 - 11,8)}{2,0 \cdot 10^{-3}} = 42,861 \cdot 10^{-3} \frac{M^3}{сек}$$

$$A = \ln \frac{r_n}{r_1} + \frac{\sigma_1}{\pi r_1} \ln \frac{\sigma_1}{\pi r_c} = \ln \frac{6688}{6320} + \frac{57,8}{3,14 \cdot 6320} \ln \frac{57,8}{3,14 \cdot 1,7 \cdot 10^{-3}} = 0,0837$$

$$B = \ln \frac{r_1}{r_2} + \frac{\sigma_2}{\pi r_2} \ln \frac{\sigma_2}{\pi r_c} = \ln \frac{6320}{5986} + \frac{58,14}{3,14 \cdot 5986} \ln \frac{58,14}{3,14 \cdot 1,7 \cdot 10^{-3}} = 0,0831$$

$$C = \ln \frac{r_2}{r_3} + \frac{\sigma_3}{\pi r_3} \ln \frac{\sigma_3}{\pi r_c} = \ln \frac{5986}{5614} + \frac{52,7}{3,14 \cdot 5614} \ln \frac{52,7}{3,14 \cdot 1,7 \cdot 10^{-3}} = 0,0917$$

1) Бір ғана қатар жұмыс істегенде:

2)

$$D = Q_1 A \Rightarrow Q_1 = \frac{D}{A} = \frac{42,861 \cdot 10^{-3}}{0,0837} = 0,512 \frac{M^3}{сек} = 44243,613 \frac{M^3}{сут} = 31632,257 \frac{m}{сут}$$

$$\sum_{i=1}^1 Q_i = Q_1 = 31632,257 \frac{m}{сут}$$

3) Бір ғана қатар жұмыс істегенде:

4)

$$D = Q_2 B \Rightarrow Q_2 = \frac{D}{B} = \frac{42,861 \cdot 10^{-3}}{0,0831} = 0,516 \frac{m^3}{сек} = 44582,4 \frac{m^3}{сут} = 31874,475 \frac{m}{сут}$$

$$\sum_{i=2}^2 Q_i = Q_2 = 31874,475 \frac{m}{сут}$$

5) Бір ғана қатар жұмыс істегенде:

$$D = Q_3 C \Rightarrow Q_3 = \frac{D}{C} = \frac{42,861 \cdot 10^{-3}}{0,0917} = 0,4674 \frac{m^3}{сек} = 40383,756 \frac{m^3}{сут} = 28872,628 \frac{m}{сут}$$

$$\sum_{i=3}^3 Q_i = Q_3 = 28872,628 \frac{m}{сут}$$

4-кесте

$m/сут$	I нұсқа	II нұсқа	III нұсқа
$\sum_{i=1}^3 Q_i$	25753,878	27890,433	31632,257
	24300,636	27575,321	31874,475
	17275,509	21656,173	28872,628

Нұсқалардың тиімдісін таңдап алу үшін олардың үшеуінде де игерудің бірінші кезеңінде 5%, ал қалған екі кезеңінде, яғни екінші және үшіншіде 15% су өндіріледі деп қабылдаймыз.

Әр кезеңге сәйкес ілеспе суларды есептемегендегі мұнайдың орташажылдық шығымын анықтаймыз:

I нұсқа

1. $5753,878 \cdot 0,95 = 24466,184$ т/сут.
2. $24300,636 \cdot 0,85 = 20655,541$ т/сут.
3. $17275,509 \cdot 0,85 = 14684,183$ т/сут.

II нұсқа

1. $27890,433 \cdot 0,95 = 26495,911$ т/сут.
2. $27575,321 \cdot 0,85 = 23439,023$ т/сут.
3. $21656,173 \cdot 0,85 = 18407,747$ т/сут.

III нұсқа

1. $31632,257 \cdot 0,95 = 30050,661$ т/сут.
2. $31874,475 \cdot 0,85 = 27093,304$ т/сут.
3. $28872,628 \cdot 0,85 = 24541,734$ т/сут.

Мұнайды өндіру мерзімі:

I нұсқа

$$1. \frac{9,191 \cdot 10^6}{24466,184} = 375,66 \text{ сут} = 1,029 \text{ жыл},$$

$$2. \frac{7,892 \cdot 10^6}{20655,541} = 382,08 \text{ сут} = 1,047 \text{ жыл},$$

$$3. \frac{8,285 \cdot 10^6}{14684,183} = 564,21 \text{ сут} = 1,546 \text{ жыл}.$$

II нұсқа

$$1. \frac{9,191 \cdot 10^6}{26495,911} = 346,884 \text{ сут} = 0,950 \text{ жыл}$$

$$2. \frac{7,892 \cdot 10^6}{23439,02} = 336,704 \text{ сут} = 0,923 \text{ жыл}$$

$$3. \frac{8,285 \cdot 10^6}{18407,747} = 450,082 \text{ сут} = 1,233 \text{ жыл}$$

III нұсқа

$$1. \frac{9,191 \cdot 10^6}{30050,661} = 305,850 \text{ сут} = 0,838 \text{ жыл}$$

$$2. \frac{7,892 \cdot 10^6}{27093,304} = 291,29 \text{ сут} = 0,798 \text{ жыл}$$

$$3. \frac{8,285 \cdot 10^6}{24541,734} = 337,588 \text{ сут} = 0,925 \text{ жыл}$$

Кезеңге сәйкес ілеспе су шығымы:

I нұсқа

$$1. 25753,878 \cdot 0,05 \cdot 365 \cdot 1,029 = 0,484 \text{ млн. т.}$$

$$2. 24300,636 \cdot 0,15 \cdot 365 \cdot 1,047 = 1,393 \text{ млн. т.}$$

$$3. 17275,509 \cdot 0,15 \cdot 365 \cdot 1,546 = 1,462 \text{ млн. т.}$$

II нұсқа

$$1. 27890,433 \cdot 0,05 \cdot 365 \cdot 0,950 = 0,484 \text{ млн. т.}$$

$$2. 27575,321 \cdot 0,15 \cdot 365 \cdot 0,923 = 1,394 \text{ млн. т.}$$

$$3. 21656,173 \cdot 0,15 \cdot 365 \cdot 1,233 = 1,462 \text{ млн. т.}$$

III нұсқа

$$1. 31632,257 \cdot 0,05 \cdot 365 \cdot 0,838 = 0,484 \text{ млн. т.}$$

$$2. 31874,475 \cdot 0,15 \cdot 365 \cdot 0,798 = 1,393 \text{ млн. т.}$$

3. $28872,628 \cdot 0,15 \cdot 365 \cdot 0,925 = 1,462$ млн. т.

6. ҚАБАТ ҚЫСЫМЫН ҰСТАУ ЕСЕБІ

6.1 Айдалатын судың көлемін анықтау

Қабат қысымын ұстау үшін қабатқа сол қабаттан қанша сұйықтық көлемі алынып жатса сол мөлшерде су айдалуы қажет.

Айдауға қажетті су көлемі:

I нұсқа

1. $(9,191+0,484) \cdot 1,4 = 13,545$ млн.м³;
2. $(7,892+1,393) \cdot 1,4 = 12,999$ млн.м³;
3. $(8,285+1,462) \cdot 1,4 = 13,646$ млн.м³.

II нұсқа

1. $(9,191+0,484) \cdot 1,4 = 13,545$ млн.м³;
2. $(7,892+1,394) \cdot 1,4 = 13,000$ млн.м³;
3. $(8,285+1,462) \cdot 1,4 = 13,646$ млн.м³.

III нұсқа

1. $(9,191+0,484) \cdot 1,4 = 13,545$ млн.м³;
2. $(7,892+1,393) \cdot 1,4 = 12,999$ млн.м³;
3. $(8,285+1,462) \cdot 1,4 = 13,646$ млн.м³.

6.2 Айдау ұңғыларының түп қысымдарын анықтау

Айдау ұңғыларының түп қысымдары келесі формуламен анықталады:

$$P_{\text{зи}} = P_{\text{наг}} + P_{\text{ст}} - P_{\text{тр}}$$

мұндағы:

$P_{\text{наг}} = 10$ МПа – сораптан шығу қысымы;

$P_{\text{ст}} = H/100 = 18,8$ МПа – айдау ұңғысында тұрақты күйде тұратын судың тудыратын гидростатикалық қысымы;

$P_{\text{тр}}$ – Дарси-Вейсбах формуласымен анықталатын үйкеліске шығындалатын қысым:

$$P_{\text{тр}} = \lambda \frac{H \rho q^2}{2 \pi^2 g D^3},$$

мұндағы, λ – үйкеліс коэффициенті, оны анықтау үшін алдымен Рейнольдс санын:

$$Re = \frac{4 \rho q}{\pi \mu D}$$

формуласымен анықтап алайық.

Мұндағы, $D = 10 \text{ см}$ – тізбек диаметрі;

$\mu = 1 \text{ МПа} \cdot \text{с}$ – айдалатын судың тұтқырлығы.

Айдалатын судың көлемі $q = 500 \text{ м}^3/\text{сут}$ деп қабылдап, мынаны анықтайық:

$$Re = \frac{4 \cdot 1000 \cdot 500}{3,14 \cdot 10^{-3} \cdot 0,1 \cdot 86400} = 73720.$$

$Re > 4000$ болғандықтан, λ -ны Блазиус формуласымен анықтаймыз:

$$\lambda = \frac{0,3164}{\sqrt[4]{Re}} = \frac{0,3164}{\sqrt[4]{73720}} = 0,0192.$$

Онда:

$$P_{\text{тр}} = 0,0192 \frac{1880 \cdot 1000 \cdot 25 \cdot 10^4}{2 \cdot 3,14^2 \cdot 10^{-3} \cdot 86400 \cdot 9,81} = 5,399 \text{ Атм} = 0,540 \text{ МПа}.$$

Осылайша,

$$P_{\text{зн}} = 10 + 18,8 - 0,540 = 28,26 \text{ МПа}.$$

6.3 Айдау ұңғыларының санын анықтау

Айдау ұңғыларының саны трансценденттік теңдеуден анықталады:

$$n = \frac{2,3 \mu \zeta Q_n}{2 \pi k h (P_3 - P_{\text{нл}}) \cdot t} \left(\lg \frac{r_{\text{наг}}}{r_{\text{сн}}} - \lg n \right)$$

мұндағы,

$\zeta = 2$ – айдау ұңғысының түп аймағының ластану коэффициенті;

Q_n – айдалатын судың көлемі;

$\mu = 1 \text{ МПа} \cdot \text{с}$ – айдалатын судың динамикалық тұтқырлығы;

$r_{\text{наг}} = r_n + 500 = 6688 + 500 = 7188 \text{ м}$ – айдау қатарының радиусы;

$r_{\text{сн}} = 10^4 \text{ м}$ – айдау ұңғысының келтірілген радиусы.

Игеру нұсқаларына байланысты әр кезеңдегі қажетті айдау ұңғыларының саны:

I нұсқа

$$n_1 = \frac{2,3 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 13,545 \cdot 10^6}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,26 \cdot 10^{-12} \cdot 7,5 \cdot (28,26 - 18,8) \cdot 10^6 \cdot 1,029 \cdot 365 \cdot 86400} \left(\lg \frac{7188}{10^{-4}} - \lg 128 \right)$$

$$n_1 = 16,574(7,857 - \lg 128) = 95$$

$$n_2 = 15,633(7,857 - \lg 121) = 90$$

$$n_3 = 11,114(7,857 - \lg 115) = 64$$

II нұсқа

$$n_1 = 17,952(7,857 - \lg 175) = 101$$

$$n_2 = 17,734(7,857 - \lg 158) = 100$$

$$n_3 = 13,935(7,857 - \lg 170) = 78$$

III нұсқа

$$n_1 = 20,352(7,857 - \lg 343) = 108$$

$$n_2 = 20,510(7,857 - \lg 323) = 110$$

$$n_3 = 18,575(7,857 - \lg 335) = 99$$

Есептің нәтижелерін 5-кестеге толтырамыз.

5-кесте.

Есептің нәтижелері

Көрсеткіштер	1 нұсқа				2 нұсқа				3 нұсқа			
	1 кезең	2 кезең	3 кезең	барлығы	1 кезең	2 кезең	3 кезең	барлығы	1 кезең	2 кезең	3 кезең	барлығы
Бір кезеңде өндірілетін мұнай, млн.т	9,191	7,892	8,285	25,37	9,191	7,892	8,285	25,37	9,191	7,892	8,285	25,37
Мұнайдың орташа жылдық шығымы, млн.т./жыл	9,4	8,87	6,306	24,576	10,18	10,065	7,905	28,15	11,546	11,634	10,539	33,719
Ілеспе су шығымы, млн.т	0,484	1,393	1,462	3,339	0,484	1,394	1,462	3,34	0,484	1,393	1,462	3,339
Бір кезеңнің ұзақтылығы, жыл	1,029	1,047	1,546	3,622	0,95	0,923	1,233	3,106	0,838	0,798	0,925	2,561
Өндіру ұңғыларының саны	128	121	115	364	175	158	170	503	343	323	335	1001
Істен шыққан ұңғылардың саны	-	128	121	-	-	175	158	-	-	343	323	-
Айдау ұңғыларының саны	95	90	64	249	101	100	78	279	108	110	99	317
Айдалатын судың көлемі, млн.м ³	13,545	12,999	13,646	40,19	13,545	13,000	13,646	40,191	13,545	12,999	13,646	40,19

328

ҚОРЫТЫНДЫ

Игерудің түрлі нұсқаларына арналған гидродинамикалық есептеулер жүргізіп мынадай қорытындыға келдік: берілген шоғырды игерудің ең тиімді нұсқасы болып әр кезеңде пайдалану ұңғыларының үш қатары жұмыс істейтін бірінші нұсқа болып табылады. Өйткені басқа нұсқалардың ішінде бұл нұсқа үшін ең аз өндіру мен айдау ұңғыларын бұрғылау қажет және игеру мерзімінің де басқа нұсқалармен салыстырғанда өзгешелігі аз.

Құрстық жобаға арналған бастапқы мәліметтер

нұсқа	КӨРСЕТКІШТЕР								
	P^p , кМ	S^H , кМ ²	h^H , м	H , м	k , кМ ²	μ^H , МПа с	μ^e , МПа с	r^c , мм	$P^{пл}$, МПа
А	33,6	32,2	13,7	1700	0,1	2,5	1,1	1,0	17,0
Б	34,0	33,0	12,0	1750	0,1	1,7	1,2	1,1	17,5
В	34,5	34,0	11,0	1800	0,12	1,9	1,3	1,2	18,0
Г	35,0	35,0	9,0	1850	0,13	2,1	1,1	1,3	18,5
Д	35,5	34,5	10,0	1900	0,16	2,3	1,2	1,4	19,0
Е	36,0	35,5	8,5	1950	0,17	2,4	1,3	1,5	19,5
Ё	36,5	36,0	10,2	1850	0,28	2,5	1,1	1,6	18,5
Ж	37,0	36,0	7,5	2000	0,3	2,6	1,2	1,7	20,0
З	37,5	36,5	12,5	1650	0,31	2,7	1,3	1,8	16,5
И	38,0	37,0	11,5	1600	0,30	2,8	1,1	1,9	16,0
Й	38,5	37,5	10,5	1720	0,34	2,9	1,2	2,0	17,2
К	39,0	38,5	9,5	1740	0,24	2,8	1,1	1,0	17,4
Л	39,5	38,0	7,5	1760	0,34	2,7	1,2	1,1	17,6
М	40,0	39,0	6,5	1780	0,24	2,6	1,2	1,2	17,8
Н	40,5	40,0	6,0	1800	0,25	2,5	1,3	1,3	18,0
О	41,0	39,0	7,0	1820	0,26	2,4	1,2	1,4	18,2
П	41,5	40,5	8,0	1840	0,3	2,3	1,1	1,5	18,4
Р	42,0	41,0	8,5	1860	0,28	2,1	1,2	1,6	18,6
С	42,0	41,5	7,5	1880	0,26	2,0	1,3	1,7	18,8
Т	43,0	42,5	6,0	1900	0,24	2,3	1,2	1,8	19,0
У	43,5	43,0	6,5	1920	0,22	2,7	1,1	1,9	19,2
Ф	33,5	35,0	8,2	1940	0,2	2,8	1,1	2,0	19,4
Х	33,0	34,0	8,6	1960	0,19	3,0	1,2	1,1	19,6
Ц	32,5	45,0	7,2	1980	0,18	3,1	1,1	1,1	19,8
Ч	32,0	46,0	6,0	1900	0,11	3,2	1,3	1,2	19,0
Ш	32,0	45,5	5,6	1700	0,12	3,4	1,2	1,3	17,0
Щ	31,5	46,5	5,8	1680	0,13	3,5	1,2	1,2	16,8
Ъ	31,0	40,0	6,2	1860	0,14	3,6	1,3	1,1	18,6
Ы	35,0	39,0	6,0	1800	0,15	3,5	1,2	1,2	18,0
Э	34,5	38,0	6,4	1750	0,16	3,4	1,1	1,3	17,5
Ю	34,0	37,0	6,6	1600	0,17	3,3	1,2	1,2	16,0
Я	33,0	36,0	7,0	1650	0,18	3,2	1,2	1,1	16,5

Барлық нұсқаға жалпы мәліметтер:

$$m = 20\%; \beta = 0.876; \eta = 0.65; \mathbf{v} = 1,4 \text{ м}^3/\text{т}; \gamma_{н.пл} = 0,76 \text{ т/м}^3;$$

$$\gamma_{н.пов} = 0,85 \text{ т/м}^3; P_2 = 0,5 \text{ МПа}; \mathbf{d} = 2 \text{ дюйм}; G_{эф} = 22.2 \text{ м}^3/\text{т}; P_{нас} = 0,75^2 P_{пл}$$

**“Мұнай кен орындарын игеру” пәні бойынша
ӨЗІНДІК БАҚЫЛАУ ҮШІН ТЕСТ СҰРАҚТАРЫ**

\$\$\$ 1

МКОИ қалай түсінесіз?

- A) ұңғымаларды тарату көмегі арқылы қабаттағы сұйықтық пен газдың пайдалану ұңғымаларының түбіне қарай қозғалысын реттеу, оларды пайдалануға енгізу тәртібі мен олардың санын белгілеу, қабат қуатының балансын және олардың жұмыс режимін белгілеу;
- B) қабаттан жоғары қарай сұйықтықты көтеру әдісі;
- C) қабаттан тұтынушыға дейінгі сұйықтық пен газдың қозғалысын реттеу;
- D) алынған мұнай көлемінің геологиялық қорға қатынасы;
- E) қабаттың мұнай бергіштігін көбейту тәсілі.

\$\$\$ 2

Қабат режимін қалай түсінесіз?

- A) пайдалану ұңғымасының түбіне қарай сұйықтық пен газ ағынын қамтамасыз ететін, қабаттағы жылжымайтын күшті көрсету сипаты;
- B) қабат қысымын ұстап тұру әдісі;
- C) сұйықтың бір қабаттан екінші қабатқа ауысу мүмкіндігі;
- D) ұңғыманы зерттеу әдістері;
- E) гидродинамикалық зерттеу көмегімен қабаттың қасиетін анықтау.

\$\$\$ 3

Қабат режимдері:

- A) суарынды, серпімді, еріген газ, гравитациялық, газарынды;
- B) қабат қысымын ұстаумен және ұстамай;
- C) нұсқа сыртына, нұсқа ішіне су айдау;
- D) қабаттың мұнайбергіштігін көбейту әдісі;
- E) ұңғыманың бір торымен көпқабатты кен орындарын игеру.

\$\$\$ 4

Қабаттың суарынды режимі:

- A) мұнайдың ұңғыма түбіне шек суларының арынымен қозғалуы;
- B) мұнайдың кеңеюінен судың тұтыну нұсқасына жылжуы;
- C) мұнай мен судың бір уақытта өндірілуі;
- D) қабаттан сұйық өнімдерді жеделдетіп алу;
- E) ұңғыма өнімдерінде судың пайда болуы.

\$\$\$ 5

Қатты суарынды режим:

- A) шек суларының немесе ҚҚҰ кезіндегі айдау ұңғыларындағы судың ауырлық күші әсерімен сипатталады;

- В) мұнайды қабаттан ұңғыға қарай газ шапкасындағы газдың арыны есебінен ығыстыру үдерісін сипаттайды;
- С) ҚҚҰ жүйесі қолданылмаған кезде мұнайдың, судың және қабаттың серпімділігі әсерінен туындайды;
- Д) газ шапкасына үздіксіз газ айдаумен сипатталады;
- Е) қабат қысымы қанығу қысымынан төмен болуымен сипатталады.

\$\$\$ 6

Серпімді су арынды режим:

- А) ҚҚҰ жүйесі қолданылмаған кезде мұнайдың, судың және қабаттың серпімділігі әсерінен туындайды;
- В) газ шапкасына үздіксіз газ айдаумен сипатталады;
- С) айдау ұңғылары судың ауырлық күші әсерімен сипатталады;
- Д) қабат қысымы қанығу қысымынан төмен болуымен сипатталады;
- Е) мұнайды және газ шапкасынан газды бір мезгілде алу кезінде туындайды.

\$\$\$ 7

Қатты газ арынды режим:

- А) ҚҚҰ үшін газ шапкасына газды үздіксіз айдаумен сипатталады;
- В) қабат қысымы қанығу қысымынан төмен болуымен сипатталады;
- С) мұнайды және газ шапкасынан газды бір мезгілде алу кезінде туындайды;
- Д) ҚҚҰ жүйесі қолданылмаған кезде мұнайдың, судың және қабаттың серпімділігі әсерінен туындайды;
- Е) шек суларының ауырлық күші әсерінен туындайды.

\$\$\$ 8

Серпімді газ арынды режим:

- А) мұнайды өндіру барысында газ бүркемесіндегі қысымның төмендеуімен сипатталады;
- В) шекті сулардың ауырлық күші әсерінен туындайды;
- С) газ бүркемесіне үздіксіз газ айдаумен сипатталады;
- Д) газ бүркемесіне үздіксіз су айдаумен сипатталады;
- Е) газ ұңғыларына қарай газдың жарып өтуімен сипатталады.

\$\$\$ 9

Қабаттың серпімділік режимі:

- А) мұнайдың ұңғымаға қабат сұйығы аумағының кеңеюінен жылжуы;
- В) мұнайдың ұңғымаларға ауырлық күші әсерінен жылжуы;
- С) кеніштегі бастапқы қабат қысымының қанығу қысымынан аз болуы;
- Д) қабатқа беттік әрекеттік заттардың судағы ерітіндісін айдаған кезде;
- Е) қабатқа полимер қосылған судың айдалуы.

\$\$\$ 10

Қабаттың газ арынды режимдері:

- A) мұнайдың ұңғыма түбіне қарай газдың газ шапкасында кеңеюі арқылы жылжуы;
- B) мұнайдың ұңғыма түбіне қарай газдың мұнайда еруі арқылы жылжуы;
- C) қабаттағы қысым қанығу қысымынан төмен болған жағдайда мұнай ұңғыма түбіне қарай мұнайдан бөлінетін газдың есебінен жылжуы;
- D) газдардан тұратын қабаттарды игеру;
- E) мұнай қабатта қозғалмайды, жер бетіне тек газ көтеріледі.

\$\$\$ 11

Мұнайбергіштік коэффициенті:

- A) алынған мұнай көлемінің геологиялық қорға қатынасы;
- B) еркін газ көлемінің қабаттағы мұнай көлеміне қатынасы;
- C) жоғарыға шығарылған мұнай мөлшері;
- D) тұтынушыға жіберілген мұнай мөлшері;
- E) пайдалану ұңғымасының түбіне қарай ағатын мұнай мөлшері.

\$\$\$ 12

Мұнай кен орындарын игеру сатылары:

- A) I саты – мұнай өндіру өсуде; II саты – максималды мұнай өнімі; III саты – мұнай өнімінің төмендеуі және өнімнің суға айналуы; IV саты – сулану үздіксіз өсіп, мұнай өндіру төмендей береді;
- B) I саты – мұнай өндіру өсуде; II саты – өнім өсуін жалғастыруда; III саты – мұнай өндірудің тұрақтануы; IV саты – қабатқа жылу ықпалымен әсер ету;
- C) I саты – БӨЗ ерітіндісін айдау; II саты – полимер ерітінділерін айдау; III саты – мұнай өндіру төмендейді;
- D) I саты – бу айдау; II-IV сатылар – буциклді әсер ету;
- E) I-II сатылар – ҚҚҰ кезіндегі тұрақты өнім; III-IV сатылар – қабатты ішінен жандыру кезіндегі өнімнің түсуі.

\$\$\$ 13

Игерудің бірінші сатысы:

- A) пайдалану кешендерін игеру;
- B) керндерге зертханалық зерттеу жүргізу;
- C) өндіру және айдау ұңғыларын бұрғылау;
- D) резервтік ұңғыларды бұрғылау;
- E) пайдалану кешендерін бөлу.

\$\$\$ 14

Игерудің екінші сатысы:

- A) мұнай өндірудің жоғары деңгейін ұстап тұру;
- B) пайдалану кешендерін игеру;
- C) пайдалану кешендерін бөлу;

- Д) айдау ұңғыларын бұрғылау;
- Е) кешенді сынақты түрде пайдалану.

\$\$\$ 15

Игерудің үшінші сатысы:

- А) мұнай өндіру едәуір төмендейді;
- В) өндіру ұңғыларын бұрғылау;
- С) игеру жобасын құрастыру;
- Д) өндіру ұңғыларын меңгеру;
- Е) пайдалану кешенін игеру.

\$\$\$ 16

Игерудің төртінші сатысы:

- А) аяқтар кезеңі, яғни мұнай өндіру қарқынның төмендеуімен, ал сұйық өндіру қарқынының өсуімен сипатталады;
- В) өндіру ұңғыларын игеруге біртіндеп енгізу арқылы пайдалану кешенін сынақты игеру;
- С) аяқтау сатысы, мұнай өндіру деңгейінің өсуімен сипатталады;
- Д) аяқтау сатысы, ұңғы өнімінің сулануы тоқтайды;
- Е) аяқтау сатысы, барлық ұңғылар фонтанды пайдалануға көшіріледі.

\$\$\$ 17

Игеру жүйесі туралы түсінік:

- А) игеру объектілерін анықтайтын өзара байланысқан инженерлік шешімдердің жиынтығы;
- В) мұнай мен газдың жыныс-коллекторларының геологиялық-физикалық қасиеттері;
- С) жер қойнауынан мұнай алу мақсатында қабатқа әсер ету жұмыстарының жүргізілуі немесе жүргізілмеуі;
- Д) айдау ұңғымаларының өндіру ұңғымаларына қатынасы;
- Е) игерілетін кен орны аумағындағы геологиялық түзілістердің жасанды бөлінуі.

\$\$\$ 18

Игеру жүйесі былай жіктеледі:

- А) қабатқа әсер ету немесе әсер етпеу;
- В) игеру объектісіне кіретін қабат саны;
- С) ұңғыларды пайдалану тәсілі;
- Д) газ бүркемесінің бар-жоқтығы;
- Е) кеніштердің түрі мен өлшемдері.

\$\$\$ 19

Игеру жүйесі былай жіктеледі:

- А) ұңғыларды кен орнына орналастыру;
- В) фонтандық пайдалану бар немесе жоқ;

- С) газлифтілік пайдалану бар немесе жоқ;
- Д) мұнайда газ бар немесе жоқ;
- Е) аймақта кен орындарының орналасуы.

\$\$\$ 20

МКОИ негізгі көрсеткіштері:

- А) мұнай мен газ өндіру, Рқаб, Ртүп, газ факторы, МБК (КНО), айдалатын су көлемі, ұңғымалар саны;
- В) сұйықтық пен газдың тұтқырлығы, газ факторы;
- С) кеніш түрлері, қабаттың мұнайбергiштігін көбейту әдісі;
- Д) сорап түрі, пайдалану тәсілдері;
- Е) пьезоөткізгіштік, гидроөткізгіштік коэффициенттері.

\$\$\$ 21

Игеру объектісі туралы түсінік:

- А) игерілетін кен орны аумағындағы жасанды бөлінген геологиялық түзілістер;
- В) көмірсутектердің қабатқа шоғырлануы;
- С) кен орнына кіретін көмірсутекті кеніштер;
- Д) ҚҚҰ-сыз игерілетін кен орындар;
- Е) бірнеше мұнай және газ қабаттарынан тұратын кен орындар;

\$\$\$ 22

Игеру кешендерін (объектілерін) бөлуге не әсер етеді?

- А) мұнай мен газдың жыныс-коллекторларының геологиялық-физикалық қасиеттері;
- В) кеніш пішіні;
- С) пайдалану тәсілі;
- Д) ұңғылар мен қабаттарды зерттеу әдістері;
- Е) сұйықтардың қалыптасқан және қалыптаспаған фильтрациясы.

\$\$\$ 23

Игеру кешендерін (объектілерін) бөлуге не әсер етеді?

- А) мұнай мен газдың физикалық-химиялық қасиеттері;
- В) ұңғыларды пайдалану тәсілі;
- С) сұйықтардың қалыптасқан фильтрациясы;
- Д) мұнайлылықтың шартты нұсқасы;
- Е) кен орнын игеру сатылары.

\$\$\$ 24

Ұңғыма торының тығыздығының параметрі:

- А) бір ұңғымаға келетін мұнайлылық алаңы;
- В) бір ұңғымаға келетін алынатын қор;
- С) айдау ұңғымалары санының өндіру ұңғымалары санына қатынасы;
- Д) ұңғымалар санының мұнайлылықтың жалпы ауданына қатынасы;
- Е) резервтегі ұңғымалар санының олардың негізгі қорына қатынасы.

\$\$\$ 25

А.П.Крылов параметрі:

- А) алынатын мұнай қорының кен орнындағы ұңғымалардың жалпы санына қатынасы;
- В) бір ұңғымаға келетін мұнайлылық алаңы;
- С) айдау ұңғымалары санының өндіру ұңғымалары санына қатынасы;
- Д) резервтегі ұңғымалар санының олардың жалпы қорына қатынасы;
- Е) ұңғымалардың жалпы санының алынатын қорға қатынасы.

\$\$\$ 26

ω параметрі неге тең болады?

- А) айдау ұңғылар санының өндіру ұңғылар санына қатынасына;
- В) өндіру ұңғылары санының айдау ұңғылар санына қатынасына;
- С) өндіру ұңғылары санының сақталған ұңғылар санына қатынасына;
- Д) алынатын қордың өндіру ұңғылар санына қатынасына;
- Е) ұңғылар санының мұнайлық ауданы қатынасына.

\$\$\$ 27

ωр параметрі неге тең болады?

- А) сақталған ұңғылар санының жалпы ұңғылар санына қатынасына;
- В) айдау ұңғылар санының өндіру ұңғылар санына қатынасына;
- С) алынатын қордың сақталған ұңғылар санына қатынасына;
- Д) сақталған ұңғылар санының мұнайлық ауданы қатынасына;
- Е) өндіру ұңғылар санының сақталған ұңғылар санына қатынасына.

\$\$\$ 28

Мұнайлылықтың шартты нұсқасы не үшін енгізіледі?

- А) МКОИ кезінде гидродинамикалық есептер жүргізу үшін;
- В) қабаттың өткізгіштігін анықтау үшін;
- С) қанығу қысымын анықтау үшін;
- Д) серпімділік қорды анықтау үшін;
- Е) ұңғыманың келтірілген радиусын анықтау үшін.

\$\$\$ 29

$V_{\text{зап}} = \frac{S_{\text{H}} h m \beta \eta \cdot \gamma_{\text{H}}}{B}$ формуласы бойынша нені есептейміз?

- А) алынатын мұнай қорын;
- В) геологиялық мұнай қорын;
- С) кеңістің мұнайбергіштік коэффициентін;
- Д) игеру кешенін;
- Е) игеру жүйесін.

\$\$\$ 30

$K = \frac{2\pi kh}{\mu \ln(r_k / r_c)}$ формуласы бойынша нені есептейміз?

- А) ұңғылардың өнімділік коэффициентін;

- В) өтімділік коэффициентін;
- С) пьезооткізгіштік коэффициентін;
- Д) ұңғыны дамыту коэффициентін;
- Е) ұңғыны дамытпау коэффициентін;

\$\$\$ 31

Игеру мерзімін анықтау:

- А) өнімнің сулануына түзете отырып, мұнайдың жылдық өніміне алынатын қордың қатынасы;
- В) МБК-не (КНО) жылдық өнімді көбейту;
- С) алынған мұнай көлемінің геологиялық қорға қатынасы;
- Д) мұнайдың жылдық өніміне өнімнің өзіндік құнын көбейту;
- Е) айдау көлеміне мұнай бергіштік коэффициентін (КНО) көбейту.

\$\$\$ 32

Ұңғы өнімінің сулануы игеру мерзіміне қалай әсер етеді?

- А) игеру мерзімін ұзартады;
- В) әсер етпейді;
- С) игеру мерзімін қысқартады;
- Д) сулану басталысымен игеруді тоқтатады;
- Е) су арында режим кезінде кеніш мүлдем игерілмейді.

\$\$\$ 33

Игеру кезеңі:

- А) өндіру ұңғыларының көршілес қатарлары арасындағы мұнай қорларын өндіру уақыты;
- В) мұнай кенішінің қорын толық өндіруге кететін уақыт;
- С) қабаттың сулы бөлігіне су айдау уақыты;
- Д) өндіру ұңғыларын бұрғылау уақыты;
- Е) айдау ұңғыларын бұрғылау уақыты.

\$\$\$ 34

Серпімді сыйымдылық коэффициенті:

- А) қысымды 1 Па өзгерту кезіндегі сұйықтық көлемінің құрамында болатын және қабатты 1м³ кеңейту есебінен алынатын сұйықтық мөлшері;
- В) ҚҚҰ есебінен алынатын сұйықтық мөлшері;
- С) қабатта қысымның қайта таралу жылдамдығы;
- Д) тұтқырлықты өзгерткенде ұңғымаға қарай ағатын сұйықтың мөлшері;
- Е) қабатты ішінен жандыру кезінде болатын ұлғайу есебінен алынатын сұйықтың мөлшері.

\$\$\$ 35

$\rho = \rho_0 e^{\beta_n(P-P_0)}$ формуласы нені сипаттайды?

- А) серпімді сұйықтың күй теңдеуін;
- В) серпімсіз сұйықтың күй теңдеуін;
- С) идеал газдың күй теңдеуін;

- Д) реал газдың күй теңдеуін;
- Е) кеңістің жыныс күй теңдеуін.

\$\$\$ 36

$\Delta V_3 = \beta^* V_0 \Delta p$ формуласы бойынша не анықталады?

- А) сұйықтың серпімділік қоры;
- В) серпімді сыйымдылық коэффициенті;
- С) пьезоөткізгіштік коэффициенті;
- Д) ұңғы өнімділік коэффициенті;
- Е) кеніште қалған су қоры.

\$\$\$ 37

$Q(t)dt = \beta^* d(V_0 \Delta p)$ формуланың аты:

- А) кеңістің саркылу теңдеуі;
- В) сұйықтың серпімді қоры;
- С) пьезоөткізгіштік теңдеуі;
- Д) серпімді сұйықтың күй теңдеуі;
- Е) реал газдың күй теңдеуі.

\$\$\$ 38

Пьезоөткізгіштік коэффициенті $\chi = \frac{k}{\mu\beta^*}$ анықтайды:

- А) қабаттағы қысымның қайта таралу жылдамдығы;
- В) сұйықтықтың серпімді қорының өзгеруі;
- С) қысымды 1Па түсіру кезінде алынатын сұйықтың мөлшері;
- Д) қысымды өзгерту кезіндегі сұйық көлемінің өзгеру жылдамдығы;
- Е) нұсқаның сыртқы аумағына қарай ағатын сұйықтың мөлшері;

\$\$\$ 39

$\Delta P_M = -\frac{q\mu}{4\pi kh} Ei\left(-\frac{r^2}{4\chi t}\right)$ формуласы көмектеседі:

- А) ұңғы қабаттың серпімді режимі жағдайында жұмыс істеген кезде М нүктесіндегі қысымды анықтайды;
- В) ұңғы қабаттың газдалған сұйық фильтрациясы орнаған жағдайында жұмыс істеген кезде М нүктесіндегі қысымды анықтайды;
- С) газ жабындыларын игеру кезінде М нүктесіндегі қысымды анықтайды;
- Д) ұңғы қабаттың қатты суарынды режимі жағдайында жұмыс істеген кезде М нүктесіндегі қысымды анықтайды;
- Е) ұңғы қабаттың газарынды режимі жағдайында жұмыс істеген кезде М нүктесіндегі қысымды анықтайды.

\$\$\$ 40

$$\Delta P_M = P_{\text{пл}} - P_M = -\frac{\mu}{4\pi kh} \sum_{\lambda=1}^n q_{\lambda} \cdot \text{Ei} \left[-\frac{r_{\lambda}^2}{4\alpha(t-t_{\lambda})} \right] \text{ формуласы көмектеседі:}$$

- A) ұңғымалар тобы қабаттың серпімді режимі жағдайында жұмыс істеген кезде М нүктесіндегі қысымды анықтау;
- B) ұңғы қабаттың еріген газ режимі жағдайында жұмыс істеген кезде М нүктесіндегі қысым өзгерісін анықтайды;
- C) қатты суарынды режим кезінде қысым өзгерісін анықтайды;
- D) ұңғы қабаттың газарынды режимі жағдайында жұмыс істеген кезде М нүктесіндегі қысымды анықтайды;
- E) айналмалы батареяның жұмысы кезінде газды кеңіште М нүктесіндегі қысымды анықтайды.

\$\$\$ 41

$$\Delta P_{\text{забі}} = -\frac{\mu}{4\pi kh} \sum_{i=1}^n q_i \text{Ei} \left[-\frac{r_c^2}{4\chi t} \right] \text{ формуласы көмектеседі:}$$

- A) қабаттың серпімді режимі жағдайында жұмыс істеп тұрған ұңғы бойындағы қысымды анықтайды;
- B) қабаттың серпімді режимі жағдайында жұмыс істеп тұрған ұңғы қамту контурындағы қысымды анықтайды;
- C) қатты суарынды режим кезінде қысымды анықтайды;
- D) газды ұңғы бойындағы қысымды анықтайды;
- E) қабаттың еріген газ режимі жағдайында жұмыс істеп тұрған ұңғы бойындағы қысымды анықтайды.

\$\$\$ 42

$$\Delta P_M = -\frac{\mu}{4\pi Kh} \int_a^b E_i \left[-\frac{d^2 + l^2}{4\chi t} \right] dl \text{ формуласы көмектеседі:}$$

- A) сызықты пайдалану қатары қабаттың серпімді режимі жағдайында жұмыс істеген кездегі М нүктесіндегі қысымды анықтайды;
- B) сакиналы батарея қабаттың серпімді режимі жағдайында жұмыс істеген кездегі М нүктесіндегі қысымды анықтайды;
- C) қатты суарынды режимі жағдайында жұмыс істеген кездегі М нүктесіндегі қысымды анықтайды;
- D) газ жабынында жұмыс істеген кездегі М нүктесіндегі қысымды анықтайды;
- E) еріген газ режимі жағдайында жұмыс істеген кездегі М нүктесіндегі қысымды анықтайды.

\$\$\$ 43

Серпімді режим жағдайында өлшемі шектелген мұнай қабаттарын игеру кезіндегі фазалар:

- А) бірінші фаза – депрессия шеңберінің табиғи шекаралық аумаққа жеткен уақыты; екінші фаза – нұсқада (шекаралық аумақта) қабат қысымы төмендеген кезде;
- В) сұйықты және газ тәрізді;
- С) қабаттағы қысым қанығу қысымынан аз болған жағдайда;
- Д) бірінші фаза – мұнай шығымының өсуі; екінші фаза – тұрақты мұнай өндіру;
- Е) бірінші фаза – нұсқада (шекаралық аумақта) қабат қысымы төмендеген кезде; екінші фаза – қалған уақытта.

\$\$\$ 44

$$t = \frac{r_K^2 - r_C^2}{4\chi} \text{ формуласы неге көмектеседі?}$$

- А) серпімді режим жағдайында шектелген мұнай қабаттарын игеру кезіндегі бірінші фазаның ұзақтығына;
- В) серпімді режим жағдайында шектелмеген мұнай қабаттарын игеру кезіндегі бірінші фазаның ұзақтығына;
- С) қатты суарынды режим жағдайында шектелген мұнай қабаттарын игеру кезіндегі бірінші фазаның ұзақтығына;
- Д) еріген газ режим жағдайында шектелген мұнай қабаттарын игеру кезіндегі бірінші фазаның ұзақтығына;
- Е) мұнай жабындыларының игеру кезіндегі бірінші фазаның ұзақтығына.

\$\$\$ 45

$$P_0 - P = \frac{q\mu}{2\pi kh} \left[\ln \frac{r_K}{r} + \frac{1}{2} \left(\frac{r}{r_K} \right)^2 + \frac{2\chi t}{r_K^2} - \frac{3}{4} \right] \text{ формуласы көмектеседі:}$$

- А) серпімді режим жағдайындағы өлшемі шектелген қабат нүктесіндегі қысымды;
- В) серпімді режим жағдайындағы өлшемі шектелмеген қабат нүктесіндегі қысымды;
- С) еріген газ режим жағдайындағы өлшемі шектелген қабат нүктесіндегі қысымды;
- Д) гравитациялық режим жағдайындағы өлшемі шектелген қабат нүктесіндегі қысымды;
- Е) газды жабын жағдайындағы өлшемі шектелген қабат нүктесіндегі қысымды.

\$\$\$ 46

$$P_0 - P_0^I = \frac{q\mu}{2\pi kh} \left[\frac{2\chi t}{r_K^2} - \frac{1}{4} \right] \text{ формуласы неге көмектеседі?}$$

- А) серпімді режим жағдайындағы шектелген қабат аумағындағы қысымды анықтауға;

- В) серпімді режим жағдайындағы шектелмеген қабат аумағындағы қысымды анықтауға;
- С) гравитациялық режим жағдайындағы шектелген қабат аумағындағы қысымды анықтауға;
- Д) еріген газ режим жағдайындағы шектелген ұңғы бойындағы қысымды анықтауға;
- Е) қатты суарынды режим жағдайындағы шектелген қабат аумағындағы қысымды анықтауға.

\$\$\$ 47

Қанығу қысымы:

- А) мұнайда еріген газ шыға бастаған кездегі қысым;
- В) мұнай қозғалыссыз күйде болатын кездегі қысым;
- С) мұнай газ түріндегі күйге көшу кезіндегі қысым;
- Д) айдау ұңғымасының түбіндегі қысым;
- Е) мұнай суда еритін кездегі қысым.

\$\$\$ 48

Газ факторы:

- А) атмосфералық қысымға келтірілген газдың көлемдік шығынының қабаттың қимасы арқылы өтетін сұйықтың көлемдік шығынына қатынасы;
- В) газ тұтқырлығының мұнай тұтқырлығына қатынасы;
- С) газдың фазалық өткізгіштігінің мұнайдың фазалық өткізгіштігіне қатынасы;
- Д) шекті (критический) қысымның шекті температураға қатынасы;
- Е) газды ұңғымалар санының мұнай ұңғымалары санына қатынасы.

\$\$\$ 49

$$dH = \frac{F_n(S_n)}{\mu_n(P)V_n(P)} dP \text{ функциясы:}$$

- А) еріген газ режиміндегі қабат мұнайының нақты қасиеттерін есептеу;
- В) С.А.Христианович функциясы;
- С) Л.С.Лейбензон функциясы;
- Д) гравитациялық режиміндегі қабат мұнайының нақты қасиеттерін есептеу;
- Е) серпімді режиміндегі қабат мұнайының нақты қасиеттерін есептеу.

\$\$\$ 50

Фазалық өткізгіштік:

- А) көпфазалы қоспалардың фильтрациясы кезіндегі жекелеген фазалар үшін қабаттың өткізгіштігі;
- В) жарықшақты қабаттардағы мұнай фильтрациясы кезіндегі өткізгіштік;

- С) газды қабаттардың өткізгіштігі;
- Д) сұйықтық пен газдардың біріккен фильтрациясы (бірігіп сүзілуі) кезіндегі ақиқатты (абсолютті) өткізгіштігі;
- Е) жарықшақты және кеуекті қабаттардың жалпы өткізгіштігі.

\$\$\$ 51

Салыстырмалы фазалы өткізгіштік:

- А) $k_n^* = k_0(p - p_0)$;
- В) $k_n^* = k \cdot m / \Delta p$;
- С) $k_n^* = k_n / k$;
- Д) $k_n^* = k_r / k_n$;
- Е) $k_n^* = s_n / k$.

\$\$\$ 52

$q_n = \frac{2\pi kh(H_k - H_c)}{\ln \frac{r_k}{r_c} - \frac{1}{2}}$ формуласы нені анықтайды?

- А) еріген газ режимі кезіндегі мұнай шығымын;
- В) серпімді режимі кезіндегі мұнай шығымын;
- С) газарынды режимі кезіндегі мұнай шығымын;
- Д) гравитациялық режимі кезіндегі мұнай шығымын;
- Е) суарынды режимі кезіндегі мұнай шығымын;

\$\$\$ 53

Еріген газ режимі кезінде ұңғымалардың орналасуы:

- А) квадратты (төртбұрышты) немесе үшбұрышты ұңғымалар торына тепе-тең орналастыру;
- В) кеніш ортасына қарай нығыз, тепе-теңдік сақтамай орналастыру;
- С) мұнайлылық нұсқасына қарай тепе-теңдік сақтамай орналастыру;
- Д) пайдалану және айдау қатарларының кезектесіп орналасуы;
- Е) шашыранқы ретпен тепе-теңдік сақтамай орналастыру.

\$\$\$ 54

$r_n = r_c \cdot \exp\left[\frac{2\pi kh(H_k - H_c)}{q}\right]$ формуласы нені анықтауға көмектеседі?

- А) $R_c < R_n < R_{пл}$ кезінде газсыздандыру аймағының радиусын;
- В) серпімді режим кезінде тұрақты қысымды сақтап тұратын аймақ радиус шекарасын;
- С) $R_{пл} > R_{нас}$ кезінде газсыздандыру аймағының радиусын;
- Д) $R_n < R_c < R_{пл}$ кезінде газсыздандыру аймағының радиусын;
- Е) ұңғының келтірілген радиусын.

\$\$\$ 55

Газарынды режим кезіндегі МКОИ әдістері:

- A) қабаттың мұнайлылық бөлігінен мұнай алу кезіндегі жылжымалы ГМШ-мен; қабаттың мұнайлылық бөлігінен мұнайды және газ шапқасынан газды бір мезгілде алу немесе барьерлі су айдау кезіндегі жылжымайтын ГМШ-мен;
- B) газ шапқасынан мұнай алу кезіндегі жылжымалы ГМШ-мен;
- C) барьерлі су айдау және қабаттың мұнайлылық бөлігінен мұнай алу кезіндегі жылжымалы ГМШ-мен;
- D) газ шапқасына газ айдау және қабаттың мұнайлылық бөлігінен мұнай алу кезіндегі жылжымайтын ГМШ-мен;
- E) бу жылуымен әсер етуді қолдану.

\$\$\$ 56

Кен орнының мұнайлы бөлігінен газ шапқасын бөліп тастау үшін:

- A) барьерлі су айдау әдісін қолданамыз;
- B) газ шапқасына газ айдаймыз;
- C) мұнайлы бөлікке газ айдаймыз;
- D) бу жылуымен әсер ету әдісін қолданамыз;
- E) бу циклімен әсер ету әдісін қолданамыз.

\$\$\$ 57

Барьерлі су айдау кезінде мынандай мүмкіндіктерге қол жеткізуге болады:

- A) газ шапқасындағы қысымның төмендеуін азайтады;
- B) қабаттан газ өндіру ұлғаяды;
- C) газ шапқасындағы қысымның төмендеуін ұлғайтады;
- D) мұнай алу қарқыны азаяды;
- E) ұңғылардың сулануы азаяды.

\$\$\$ 58

$q = \frac{\pi h \Delta \gamma (h_k^2 - h_c^2)}{\mu_n \ln \frac{r_k}{r_c}}$ формуласы нені анықтауға көмектеседі?

- A) мұнай-газ кеніштерін игеру кезіндегі шексіз газсыз шығымды;
- B) мұнай-газ кеніштерін игеру кезіндегі табан сулармен шексіз газсыз шығымды;
- C) ұңғы өнімінің суланулылығын;
- D) газ шапқасына айдалатын газ көлемін;
- E) газ шапқасына айдалатын су көлемін.

\$\$\$ 59

$$q = \frac{\pi k \Delta \gamma (h_n^2 - h_{bc}^2)}{\mu_n \ln \frac{r_k}{r_c}}, \Delta \gamma = \gamma_b - \gamma_n$$

формуласы нені анықтауға

көмектеседі?

- A) мұнай кен орындарын табан суларымен (қабат астындағы су) игеру кезіндегі шекті сусыз шығымды;
- B) мұнай кен орындарын табан суларымен (қабат астындағы су) игеру кезіндегі шекті газсыз шығымды;
- C) мұнай кен орындарын газасты кеніш игеру кезіндегі шекті газсыз шығымды;
- D) мұнай кен орындарын газасты кеніш игеру кезіндегі шекті сусыз шығымды;
- E) серпімді режим кезінде шекті газсыз шығымды.

\$\$\$ 60

$$Q = \frac{Bkh(P_k - P_c)}{\mu \left(L_H + \frac{\sigma}{\pi} \ln \frac{\sigma}{\pi r_c} \right)}$$

формуласы нені анықтауға көмектеседі?

- A) түзу сызықты пайдалану қатарының шығымын;
- B) дөңгеленген пайдалану қатарының шығымын;
- C) аудандап суландыру кезіндегі ұңғының шығымын;
- D) газ кенішінде түзу сызықты пайдалану қатарының шығымын;
- E) PPG кезіндегі ұңғы шығымын.

\$\$\$ 61

$$Q = \frac{2\pi kh(P_k - P_c)}{\mu \left(\ln \frac{r_H}{r_0} + \frac{\sigma}{\pi r_0} \ln \frac{\sigma}{\pi r_c} \right)}$$

формуласы нені анықтауға көмектеседі?

- A) дөңгеленген пайдалану қатарының шығымын;
- B) түзу сызықты пайдалану қатарының шығымын;
- C) аудандап суландыру кезінде ұңғының шығымын;
- D) газ кенішінде түзу сызықты пайдалану қатарының шығымын;
- E) PPG кезіндегі ұңғы шығымын.

\$\$\$ 62

Пайдалану ұңғымаларының қалай орналасады?

- A) еріген газ режимі (ЕГР) кезінде біркелкі, ал арынды режим кезінде біркелкі емес;
- B) арынды режим кезінде біркелкі, ЕГР кезінде біркелкі емес;
- C) арынды режим кезінде төрт нүктелі жүйемен;
- D) нұсқа сыртынан су айдау кезінде біркелкі орналасады;

Е) қабаттың барлық режимі кезінде біркелкі орналасады.

\$\$\$ 63

Айдау қысымы болып қандай қысым саналады?

- А) айдау ұңғысының сағасындағы қысым;
- В) айдау ұңғысының түбіндегі қысым;
- С) қаныққан және қабат қысымдар арасындағы орташа қысым;
- Д) өндіру ұңғысының түбіндегі қысым;
- Е) өндіру ұңғысының сағасындағы қысым.

\$\$\$ 64

$P_{\text{наг}} = \sqrt{\frac{\eta \cdot c_{\text{СКВ}}}{t\omega c_3 K}} - P_{\text{ст}} + P_{\text{пл}} + P_{\text{тр}}$ формуласы нені анықтауға көмектеседі?

- А) айдау қысымын;
- В) айдау ұңғысының түптегі қысымын;
- С) ұңғыдағы статикалық қысымын;
- Д) айдау ұңғысындағы динамикалық деңгейін;
- Е) үйкеліске кеткен қысым жоғалтуларын.

\$\$\$ 65

Айдау ұңғысының түп қысымы:

- А) $P_{\text{т.а.}} = P_{\text{айд}} + P_{\text{ст}} - P_{\text{үйк}}$;
- В) $P_{\text{т.а.}} = P_{\text{каб}} - P_{\text{айд}} - P_{\text{үйк}}$;
- С) $P_{\text{т.а.}} = P_{\text{айд}} - P_{\text{ст}} - P_{\text{үйк}}$;
- Д) $P_{\text{т.а.}} = P_{\text{айд}} - P_{\text{каб}} - P_{\text{үйк}}$;
- Е) $P_{\text{т.а.}} = P_{\text{айд}} - P_{\text{ст}} + P_{\text{каб}}$.

\$\$\$ 66

$q = \frac{2\pi kh}{\mu_v \xi} \cdot \frac{P_{\text{з.н}} - P_{\text{пл}}}{\ln \frac{\sigma_H}{\pi r_c}}$ формуласы нені анықтауға көмектеседі?

- А) айдау ұңғымаларының қабылдағыштығын;
- В) айдау ұңғысының шығымын;
- С) газ ұңғымасында газдың шығымын;
- Д) айдау ұңғысының газ сыйымдылығын;
- Е) серпімді режим кезінде ұңғы шығымын.

\$\$\$ 67

$n = \frac{Q_H \mu_v \xi}{2\pi kh} \cdot \frac{\ln \frac{r_{\text{наг}}}{nr_c}}{(P_{\text{зн}} - P_{\text{пл}})}$ формуласы нені анықтауға көмектеседі?

- А) айдау ұңғымаларының санын;
- В) өндіру ұңғыларының санын;
- С) пайдалану ұңғымалары өнімінің сулануын;
- Д) айдау ұңғыларының сулануын;

Е) қордағы ұңғыма санын.

\$\$\$ 68

Қабаттарға су айдаудың түрлері:

- А) нұсқа сыртынан, нұсқадан, нұсқа ішінен (аймақтап, блоктап, ошақтап айдау түрлері);
- В) нұсқа сыртынан су айдау (аймақтап және блоктап айдау түрлері);
- С) ошақтап және блоктап нұсқадан су айдау;
- Д) бу жылумен әсер ету кезінде аймақтап және нұсқадан су айдау;
- Е) БӨЗ-дың судағы ертіндісін айдай отырып, қабаттағы іштен жандыру.

\$\$\$ 69

Қабаттан өндірілген өнімнің ағымдағы сулануы:

- А) $nв = qв/(qв+qн)$;
- В) $nв = qв/(qв+qг)$;
- С) $nв = qв/qн$;
- Д) $nв = (qв+qн)/qв$;
- Е) $nв = (qв+qн)/qн$.

\$\$\$ 70

Аудандап су айдауды қандай жағдайда қолданады?

- А) өткізгіштігі аз және жиі үзілген қабаттар үшін;
- В) өткізгіштігі жоғары қабаттар үшін;
- С) шоғырланған мұнайының тұтқырлығы аз қабаттар үшін;
- Д) қабатты іштен жандыру кезінде;
- Е) нұсқа сыртынан су айдау кезінде.

\$\$\$ 71

Аудандық су айдаудың төрт нүктелік жүйесінің элементі:

- А) бұрыштарында өндіру, ал центрінде айдау ұңғысы орналасқан дұрыс үшбұрыш;
- В) бұрыштарында 2 айдау және 2 өндіру ұңғылары бар квадрат;
- С) бұрыштарында айдау, ал центрінде өндіру ұңғысы орналасқан дұрыс үшбұрыш;
- Д) бұрыштарында өндіру, ал центрінде айдау ұңғысы орналасқан квадрат;
- Е) бұрыштарында айдау, ал центрінде өндіру ұңғысы орналасқан квадрат.

\$\$\$ 72

Аудандық су айдаудың бес нүктелік жүйесінің элементі:

- А) бұрыштарында өндіру, ал центрінде айдау ұңғысы орналасқан квадрат;
- В) бұрыштарында өндіру ұңғылары орналасқан бесбұрыш;
- С) бұрыштарында айдау ұңғылары орналасқан бесбұрыш;
- Д) бұрыштарында айдау, ал центрінде өндіру ұңғысы орналасқан квадрат;
- Е) ішінде 3 өндіру және 2 айдау ұңғылары бар квадрат.

\$\$\$ 73

Аудандық су айдаудың тоғыз нүктелік жүйесінің элементі:

- A) бұрыштарында және қабырғаларының ортасында өндіру, ал центрінде айдау ұңғысы орналасқан квадрат;
- B) бұрыштарында 6 айдау, ішінде 3 айдау ұңғылары орналасқан алтыбұрыш;
- C) бұрыштарында 6 өндіру, ал ішінде 3 өндіру ұңғылары орналасқан алтыбұрыш;
- D) бұрыштарында 4 өндіру, ал ішінде 5 айдау ұңғылары орналасқан квадрат;
- E) бұрыштарында 4 айдау, ал ішінде 5 өндіру ұңғылары орналасқан квадрат.

\$\$\$ 74

Мұнайды сумен ығыстыру коэффициенті:

- A) қабаттан алынған мұнайдың айдалған сумен қамтылған қабат бөлігіндегі бастапқы жатқан қорына қатынасы;
- B) алынатын қордың геологиялық қор көлеміне қатынасы;
- C) айдалған су көлемінің өндіру көлеміне қатынасы;
- D) геологиялық қордың айдау көлеміне қатынасы;
- E) алынатын қордың қалыпты жағдайдағы газды факторға қатынасы.

\$\$\$ 75

Су айдау кезінде қабаттың сумен қамтылу коэффициенті:

- A) айдалған сумен қамтылған қабат бөлігіндегі бастапқы жатқан мұнай қорының қабаттағы мұнайдың геологиялық қорына қатынасы;
- B) еркін газ көлемінің мұнай көлеміне қатынасы;
- C) алынатын қордың қалдық мұнай көлеміне қатынасы;
- D) айдау қысымының 1 Па өзгеруі кезінде айдау ұңғымаларының сыйымдылығының өзгеруі;
- E) нұсқа сыртынан су айдау кезінде нақтылы депрессияның теориялыққа қатынасы.

\$\$\$ 76

Баклей-Леверет функциясы:

- A) $f(s) = \mu_H k_B / (\mu_H k_B + \mu_B k_H)$;
- B) $f(s) = (\mu_H k_B + \mu_B k_H) / (\mu_H k_B)$;
- C) $f(s) = (\mu_B \cdot k_B + \mu_H k_H) / (\mu_H \mu_B)$;
- D) $f(s) = (\mu_H + \mu_B) / (\mu_H k_B + \mu_B k_H)$;
- E) $f(s) = \mu_H \mu_B / (k_H k_B + \mu_H \mu_B)$.

\$\$\$ 77

Радиусы r_k -тең қабатты сусыз игерудің уақыты:

- A) $t = \pi r_k^2 m / q$;

B) $t = \pi h q / r_k^2 \cdot m$;

C) $t = r_k^2 \cdot m / \pi h q$;

Д) $t = q \cdot m / \pi h r_k^2$;

Е) $t = \pi h q r_k^2 / m$.

\$\$\$ 78

Мұнайды сумен ығыстыру коэффициенті (η_1) және қабатты ығыстыру үдерісімен қамту (η_2) коэффициенттері арқылы ағымдағы мұнай бергіштік коэффициентін (η) анықтау:

A) $\eta = \eta_1 \cdot \eta_2$;

B) $\eta = \eta_1 / \eta_2$;

C) $\eta_1 = \eta_2 / \eta$;

Д) $\eta_1 = \eta \cdot \eta_2$;

Е) $\eta_2 = \eta \cdot \eta_1$.

\$\$\$ 79

Мұнайды сумен ығыстыру коэффициенті (η_1):

A) $\eta_1 = Q_{\text{н изв}} / V_{\text{охв}}$.

B) $\eta_1 = Q_{\text{н изв}} \cdot V_{\text{зап}}$;

C) $\eta_1 = V_{\text{зап}} / V_{\text{охв}}$;

Д) $\eta_1 = V_{\text{охв}} / Q_{\text{н изв}}$;

Е) $\eta_1 = V_{\text{зап}} / V_{\text{зав}}$;

\$\$\$ 80

Қабаттық сумен (η_2) қамтылу коэффициенті:

A) $\eta_2 = V_{\text{охв}} / V_{\text{зап}}$;

B) $\eta_2 = V_{\text{охв}} \cdot V_{\text{зап}}$;

C) $\eta_2 = V_{\text{зап}} / V_{\text{охв}}$;

Д) $\eta_2 = Q_{\text{н изв}} / V_{\text{зап}}$;

Е) $\eta_2 = Q_{\text{н изв}} / V_{\text{охв}}$.

\$\$\$ 81

Қабаттың мұнай бергіштігін арттыру:

A) (БӨЗ полимер қосып) су айдау арқылы физика-химиялық әдістермен әсер ету және су айдамай CO₂ мицеллярлы ерітінділермен әсер ету, жылумен әсер ету;

B) Беттік-әрекетті заттар (БӨЗ) қолдана отырып, жылумен әсер ету;

C) таза БӨЗ және полимерді қолдана отырып, физикалық-химиялық әдістермен әсер ету;

Д) БӨЗ мен CO₂ қоспаларын айдау;

Е) тұтқырлығы төмен мұнайлардан тұратын қабаттарға бу жылуымен әсер ету.

\$\$\$ 82

БӨЗ ерітінділерімен мұнайды ығыстыру механизмі:

Қосымша мұнай өндіру қандай көрсеткіштер есебінен жүреді?

- A) мұнай мен су арасындағы беттік керілуді төмендету;
- B) қабат температурасының өсуі және осының әсерінен мұнай тұтқырлығының төмендеуі;
- C) БЭЗ-ды мұнайда еріту және мұнай мен судың тұтқырлығын азайту;
- D) айдалатын судың тұтқырлығын көбейту және сол себепті оның ығыстыру қабілетін арттыру;
- E) БЭЗ ерітіндісінің оттегімен, микроорганизмдермен және механикалық қоспалармен әсері.

\$\$\$ 83

Мұнайды көмірқышқыл газымен ығыстыру әдісінің қолданылу критерийі:

- A) мұнайдың тұтқырлығы 10-15 мПа·с аз болуы керек, қабат қалыңдығы 25 м-ден төмен және қабат қысымы 8-9МПа жоғары;
- B) СО₂-нің мұнаймен араласуын жақсарту үшін мұнайдың тұтқырлығы 15 мПа·с артық болу керек;
- C) қабат қысымы 8 МПа төмен, ал қабат қалыңдығы 30м-тен астам;
- D) газ шапқасының болуы қажет және суға қанығушылық 80%-дан жоғары;
- E) мұнайлы қабаттардың саздылық құрамы 20%-дан жоғары болуы керек.

\$\$\$ 84

Полимерлі су айдаудың қолданылу критерийі:

- A) қабаттың өткізгіштігі 0,1 мкм² үлкен, қабат температурасы 70 °С-тен аз, кальций мен магний тұздары жоқ кезде;
- B) қабаттың температурасы 100 Ә °С жоғары, қабаттың өткізгіштігі 0,01 мкм² аз;
- C) қабат суының тұздылығы жоғары болуы қажет, қабаттың өткізгіштігі 0,02 мкм² аз;
- D) қабат температурасы 100 Ә °С жоғары, кальций мен магний тұздарының құрамы көп;
- E) қабат суының тұздылығы жоғары және мұнайлы қабаттардың саздылық құрамы 20%-дан жоғары.

\$\$\$ 85

Суда еритін беттік-әрекетті заттардың қолданылу критерийі:

- A) қабат температурасы 70 Ә °С-тан аз, қабаттардың сумен шайылуы төмен;
- B) қабаттың температурасы 100 Ә °С-тан көп, қабаттардың сумен шайылуы жоғары;
- C) қабаттардың саздылық құрамы жоғары (10%-дан астам), қабаттың температурасы 150 Ә °С-тан көп;
- D) мұнайдың тұтқырлығы 100 мПа·с көп, қабат температурасы 0Ә°С;
- E) мұнайдың тұтқырлығы 50 мПа·с көп, қабаттардың сумен шайылуы

жоғары.

\$\$\$ 86

Полимерлік ерітіндімен мұнайды ығыстырып шығару механизмі:

Қосымша мұнай өндіру мынадай себептерге байланысты:

- A) айдайтын судың тұтқырлығын көбейту, оның қозғалушылығын төмендету және осының әсерінен қабатты суландырудың қамтылуын жоғарылату;
- B) айдалатын судың тұтқырлығын азайту және суландырудың қабатты қамтуын азайту;
- C) мұнайдың тұтқырлығын көбейту, оның қозғалушылығын төмендету;
- D) айдайтын судың температурасын көбейту және мұнайдың тұтқырлығын азайту;
- E) мұнай мен судың арасындағы беттік керілуді азайту.

\$\$\$ 87

Мұнайды көміртегінің қос тотығымен ығыстыру механизмі:

Қосымша мұнай өндіру мынадай себептерге байланысты:

- A) мұнайдың тұтқырлығын азайту және судың тұтқырлығын көбейту, тұтқыр мұнаймен жуу және жару;
- B) мұнайдың тұтқырлығын көбейту және айдайтын судың тұтқырлығын азайту, тұтқыр мұнаймен жуу және жару;
- C) мұнайда CO₂ еріту кезінде температураны көбейту және сол себептен де мұнайдың тұтқырлығын азайту;
- D) CO₂-нің қабат жынысымен өзара әсерлесуі, соның салдарынан қабаттың кеуектілігінің үлкеюі;
- E) температураны төмендету, соның салдарынан айдайтын судың тұтқырлығын көбейту.

\$\$\$ 88

Қабатты ішінен тура бағытта жандыру:

- A) қабатты өртеу де және тотықтандырғыш айдау да бір ғана ұңғыма арқылы жүзеге асады. Тотықтандырғыш ағыны мен жану бағыты айдау ұңғымасынан пайдалану ұңғымасына қарай бір бағытта қозғалады;
- B) қабатты өртейді, сонынан айдау ұңғымалары арқылы су айдайды. Айдалған су ыси (қыза) отырып, буға айналады да, мұнайды ығыстырады;
- C) су айдайды, артынан айдау ұңғымалары арқылы жағылатын бензин құяды;
- D) қабатты өртеу және тотықтандырғыш айдау әртүрлі ұңғымалар арқылы жүзеге асады;
- E) қабатты өртеу және тотықтандырғыш айдау бір ұңғыма арқылы жүзеге асады, артынан ұңғыманы жауып тастайды. Одан әрі бұл ұңғыма пайдалану ұңғымасы ретінде жұмыс істейді.

\$\$\$ 89

Парциалды қысым:

- A) газды компоненттің қысымы, егер ол барлық көлемді қамтыған болса;
- B) мұнай мен газ тепе-теңдік күйде болатын кездегі қысым;
- C) газды қоспаның барлық компоненттерінің жиынтық қысымы;
- D) газ сұйық күйге айналатын кездегі қысым;
- E) қалыпты жағдайдағы қысым.

\$\$\$ 90

Мұнайлы қабаттарға жылулық әдістермен әсер ету қандай жағдайларда қолданылады?

- A) тұтқырлығы жоғары мұнайлардан тұратын қабаттарға қабатты іштен жандыру, бу жылуымен әсер ету, ұңғыманы бу циклімен өңдеу әдістерін қолданады;
- B) құрамында калий мен магний тұздары бар мұнайлы қабаттар үшін бу айдау әдісін іске асырады;
- C) парафині көп мұнайлар үшін қабатты іштен жандыру әдісін қолданады;
- D) БӨЗ-дың судағы ерітіндісін айдаған соң бу жылуымен әсер ету әдісін қолданады;
- E) қабатқа CO₂-ні айдағаннан кейін, мұнай мен CO₂ қоспасын жағады.

\$\$\$ 91

Қабатқа тек қана ауа айдау арқылы жүзеге асырылатын қабатты іштен жандыру:

- A) қабатты құрғақ іштен жандыру;
- B) оттегіде мұнайды өртеу;
- C) қабатқа ауа айдап өртеу;
- D) ауалы-көміртегімен өртеу;
- E) ұңғыны іштен жандыру.

\$\$\$ 92

Қабатты іштен жандырудың қолданылу критерийі:

- A) мұнайдың тұтқырлығы 10 мПа·с көп, қабат қалыңдығы 3 м-ден жоғары, қабат өткізгіштігі 0,1 мкм² көп, қабаттың жату тереңдігі 1500 м-ден жоғары;
- B) мұнайдың тұтқырлығы 3 мПа·с аз, қабат қалыңдығы 3 м-ден жоғары, қабаттың жату тереңдігі 50 м;
- C) газ шапқасының болуы қажет және суға қанығушылық 80%-дан жоғары;
- D) қабаттардың саздылық құрамы 20%-дан жоғары болуы қажет, мұнайдың тұтқырлығы 3 мПа·с аз;
- E) мұнайдың тұтқырлығы 1 мПа·с аз, қабаттың жату тереңдігі 25 м, қабаттың суға қанығушылығы 80%-дан жоғары.

\$\$\$ 93

Қабатты ішінен ылғалды жандыру:

- A) құрғақ жандыруды бастаған соң қабатқа ауа мен су айдалады, бұл айдау ұңғымаларының төңірегіне (маңайына) шоғырланған жылу энергия-

ларын пайдалануға мүмкіндік береді;

- В) қабатқа су-мұнай эмульсиясын айдайды және өртейді. Су бұл кезде буға айналады;
- С) қабат өртеледі, кейін көмірқышқыл газын айдайды, ол қызғаннан кейін түгелдей мұнайда ериді;
- Д) қабат өртеледі, артынан су айдап, ұңғыманы жауып қояды, кейіннен бұл ұңғыма пайдалану ұңғымасы ретінде пайдаланылады;
- Е) мұнай жер бетінде жағылып, айдау ұңғымалары арқылы қабатқа айдалады. Қабаттағы су буға айналып, мұнайды ысытады.

\$\$\$ 94

Будың құрғақтығы v :

A) $v = \frac{M_{\Pi}}{(M_{\Pi} + M_{B})}$;

B) $v = \frac{(M_{\Pi} + M_{B})}{M_{\Pi}}$;

C) $v = M_{\Pi} + M_{B} \cdot M_{\Pi}$;

Д) $v = \frac{M_{\Pi} \cdot M_{B}}{(M_{\Pi} + M_{B})}$;

Е) $v = \frac{M_{B}}{(M_{\Pi} + M_{B})}$.

M_{Π} – кейбір көлемдегі будың массасы;

M_{B} – осы көлемдегі сұйық судың массасы.

\$\$\$ 95

Өндірістік масштабта (ауқымда) мұнай қабаттарына айдалатын ыстық су және буды не деп атаймыз?

- A) жылутасығыштар;
- В) тотықтандырғыштар;
- С) конденсаттар;
- Д) гидраттар;
- Е) температураөткізгіштер.

\$\$\$ 96

Бу жылуымен әсер етудің тиімділігі неге байланысты?

- A) мұнайдың тұтқырлығын (40-50%-ға) азайтуға, мұнайдың сүзілуіне және қозғалысының өзгеруіне (20%), мұнайдың ұлғаюы мен қабаттың ылғалдануына (10-20%);
- В) судың (40-50%-ға) және мұнайдың (30%-ға) тұтқырлықтарын көбейтуге, мұнайдың ұлғаюына (20-30%);
- С) мұнайдың тұтқырлығын (10%-ға) азайтуға, мұнай мен судың ұлғаюына

(90%);

- Д) қабаттың кеуектілігін ұлғайтып, мұнайдың тұтқырлығы мен оның жылжымалығын арттыруға;
- Е) қабаттың өткізгіштігін азайтып және қабатты сумен қамту коэффициентін ұлғайтуға;

\$\$\$ 97

Бу жылуымен әсер ету кезінде жылулық жиегін тудыру технологиясы:

- А) қабатқа оның бойымен қозғалатын ыстық бу айдалып, артынан салқын су айдалады;
- В) мұнай қабаты өртеліп, артынан бу айдалады;
- С) қабатқа суық су айдалады, оны судың артынан айдалған бумен итереді;
- Д) тотықтандырғыш айдалып, қабат жандырылады. Жану ошағы сумен жылжиды;
- Е) оттегі айдалады, ол қабатпен және мұнаймен реакцияға түсе отырып, олардың температурасын көтереді.

\$\$\$ 98

Қабатқа ыстық суды айдау:

- А) парафині көп мұнайлардан тұратын кен орындарын игеру кезінде қабат температурасын ұстау үшін;
- В) тұтқырлығы жоғары мұнайлардан тұратын мұнай кен орындарын игеруде;
- С) БӘЗ-дың судағы ерітіндісімен мұнайды ығыстыруды жақсарту үшін;
- Д) МКОИ-дің газарынды режимі кезінде барьерлі су айдау үшін;
- Е) калий мен магний тұздарынан тұратын мұнай кен орындарын игеру.

\$\$\$ 99

Бу циклімен әсер етудің қолданылу критерийі:

- А) қабаттың жату тереңдігі 500-800 метрден аз, оның қалыңдығы 7-8 м-ден аз, қабаттың кеуектілігі 25%-дан төмен;
- В) қабаттың жату тереңдігі 200 метрден аз, оның қалыңдығы (7-8 м-ден аз);
- С) қабаттың жату тереңдігі 1000 метрден көп, қабаттың саздылық құрамы 20%-дан астам, қабаттың кеуектілігі 25%-дан төмен;
- Д) мұнайдың тұтқырлығы 5 мПа (с-тан аз, қабаттың кеуектілігі 25%-дан жоғары, қабаттың жату тереңдігі 1000 метрден көп);
- Е) құрамындағы кальций мен магний тұздары 20%-дан аз, қабаттың жату тереңдігі 1000 метрден көп;

\$\$\$ 100

Бу циклімен әсер етудің тиімділігі қашан байқалады?

- А) түп аймақты тазартқанда және оны қыздырғанда, мұнай тұтқырлығы төмендегенде, ұңғыма өнімін өсіргенде және қабаттың түп аймағын дренаждау аумағын ұлғайтқанда;
- В) шегендеу құбырларын мезгіл-мезгілімен ысытып және салқындатуда;
- С) мұнайдың тұтқырлығы артқанда, қабаттың түп аймағын дренаждау

- аумағын азайтуда және оны салқындатуда;
- Д) қабат терең жатқанда (2500 м-ге дейін), циклдің қысқа мерзімінде (1 аптадан аспағанда);
 - Е) ұңғыманы жапқаннан кейін қабатты іштен жандыруда және ыстық суды айдау есебінен мұнайбергіштік коэффициентін ұлғайтқанда.

\$\$\$ 101

Бу циклімен әсер етуден болатын күту фазасы:

- А) ұңғыма жабық; енгізілген жылу энергиясы қабатқа өтеді, айдау аймағындағы коллекторлар мен мұнайға өзінің жылуын бере отырып, бу конденсацияланады (яғни, сұйық түрге айналады);
- В) ұңғыма жабық; қабат пен мұнай айдалған буға жылу береді; бу мұнайды көрші ұңғымаларға қарай ығыстыра бастайды;
- С) буды айдағаннан кейін ұңғыма жабылады; бу мұнайды ыстық су айдалып жатқан көрші ұңғымаларға қарай ығыстырады;
- Д) бу мұнай жатқан аймаққа айдалады; бу конденсацияланғаннан кейін (яғни, сұйық түрге айналған соң) мұнайды, мұнаймен бірге сағаға шығатын ыстық су ығыстырады;
- Е) ұңғыма жабық; қабаттағы жылу энергиясы жабыны мен табаны арқылы тау жыныстарына беріледі; салқындатылған мұнай жоғарыға шығады.

\$\$\$ 102

Игерудің тиімді нұсқасы жөніндегі түсінік:

- А) еңбек және материалды шығындар неғұрлым аз болған кездегі жоспарлы мұнай өндіруді қамтамасыз ететін нұсқа;
- В) мұнайбергіштік коэффициенті неғұрлым төмен болып және өзіндік құн неғұрлым жоғары болған кезде қабат қысымын ұстаусыз-ақ мұнай кеніштерін игеруге мүмкіндік беретін нұсқа;
- С) қабаттың мұнайбергіштігін көбейтудің барлық әдістерін бір мезгілде пайдалана отырып, сарқылған кеніштерден ең жоғары өнім (максимал) алуды қамтамасыз ететін нұсқа;
- Д) өндіретін мұнайдың өзіндік құны жоғары болатын және кен орнын табыссыз игеруге мүмкіндік беретін нұсқа;
- Е) мұнайбергіштік коэффициенті неғұрлым төмен және игеру жүйесінсіз кен орнын игеруге мүмкіндік беретін нұсқа.

\$\$\$ 103

Экономикалық есептеулерде ескерілетін көрсеткіштер:

- А) еңбек өнімділігі, күрделі қаржылардың тиімділігі және мұнай өндірудің өзіндік құны;
- В) қабат өнімділігі, мұнай өндірудің өзіндік құны және игеру жүйесі;
- С) қабат қысымы, мұнай тұтқырлығы, газды фактор және Крылов параметрі;
- Д) күрделі және пайдалану шығындарының арасындағы айырмашылық, қабаттың кеуектілігі мен өткізгіштігі;
- Е) кеніш өлшемдері, пьезоөткізгіштік коэффициенті, газды фактор және

күрделі қаржылар.

\$\$\$ 104

Күрделі қаржыландыру:

- A) МГӨБ негізгі қорларын құрудағы материалдық ресурстар мен еңбек шығындарының ақшалай көрсеткіші;
- B) мұнай бергіштікті арттыру мақсатында қабатқа әсер етуге, мұнай мен газды жинау және тасымалдауға, механизацияланған тәсілмен мұнайды өндіруге кететін энергияға жұмсалатын шығындар;
- C) күнделікті (текущую) мұнай, газ және су өндіруге, тасымалдауға және мұнайды алғашқы өндеуге жұмсалатын шығындар;
- D) бір тонна мұнайды өндіруге жұмсалатын пайдалану шығындарын өнімнің өзіндік құнына бөлу;
- E) жинақталған күнделікті шығындардың мұнай, газ және су өндіру деңгейіне қатынасы.

\$\$\$ 105

МКОИ-дің әр жылына жұмсалатын меншікті күрделі қаржылар:

- A) жинақталған күрделі қаржылардың жылдық мұнай өніміне қатынасы;
- B) күнделікті мұнай, газ және су өндіруге, тасымалдауға және мұнайды алғашқы өндеуге жұмсалатын шығындар;
- C) су тасымалдағыштарға, шоғырланған (кустовое) сорапты станциясына, айдау ұңғымасының құрылысына жұмсалатын шығындар;
- D) компрессорларға, бу генераторларына, ауа айдағыштарға, тазартқыш жабдықтарына жұмсалатын шығындар;
- E) шығару желісіне, айырғыш қондырғыларға жұмсалған шығындарды пайдалану шығындарына бөлу;

\$\$\$ 106

Меншікті күрделі қаржыларды бір тонна жаңа қуатқа салу:

- A) уақыттың белгілі бір мерзімінде салынған күрделі қаржылардың осы уақыт мерзіміндегі жаңа ұңғымалардың есептелген өніміне қатынасы;
- B) күнделікті шығынның мұнайды өндірудің өзіндік құнына қатынасы;
- C) мұнай өндірудің өзіндік құнын жылдық өндіруге көбейту;
- D) күнделікті шығынды уақыт бірлігіндегі мекеме табысына көбейту;
- E) мұнайды, газды және суды жылдық өндіруге, шығару желісіне, айырғыш қондырғыларға жұмсалған шығындар.

\$\$\$ 107

Күнделікті шығын түрлері:

- A) күнделікті шығындардың екі түрі болады. Біреулері негізінен мұнай, газ және суды күнделікті өндіру көлеміне, басқалары ұңғыма сандарына байланысты;
- B) күнделікті шығындардың екі түрі болады. Біреулері су мен газды айдау көлеміне, басқалары ұңғыма өнімдерін жинау жүйесіне байланысты;
- C) пайдалану тәсіліне және меншікті күрделі қаржыларға байланысты

күнделікті шығындар;

- Д) күнделікті шығындардың үш түрі болады. Пайдалану тәсіліне, реагенттерді айдау көлеміне және мұнайды тасымалдау тәсіліне байланысты;
- Е) өндірістік-техникалық қызметкерлер бірлігіне немесе өндірістік емес қызметкерлер бірлігіне келетін күнделікті шығындар;

\$\$\$ 108

Өнімнің өзіндік құны:

- А) мұнай мен газды өндіруге жұмсалатын жылдық пайдалану шығындарының осы кезеңдегі мұнай өндіруге қатынасы;
- В) бір тонна өндірілген мұнайға келетін күрделі шығындар;
- С) амортизацияға бөлінген өндіру және айдау ұңғымаларының ұңғыма сандарына қатынасы;
- Д) еңбек өнімділігінің мұнай, газ және судың жылдық өніміне қатынасы;
- Е) күнделікті шығынның тұтынушыға өткізген өнім көлеміне қатынасы.

\$\$\$ 109

Келтірілген шығындар:

- А) $Z_{\text{пр}} = C_{\text{н}} + E \cdot \bar{K}$;
- В) $Z_{\text{пр}} = C_{\text{скв}} + E \cdot K$;
- С) $Z_{\text{пр}} = C_{\text{скв}} - E \cdot \bar{K}$;
- Д) $Z_{\text{пр}} = \bar{K} + C_{\text{н}} + E$;
- Е) $Z_{\text{пр}} = C_{\text{скв}} \cdot C_{\text{н}} - E \cdot \bar{K}$.

$C_{\text{скв}}$ – ұңғыма бағасы;

K – күрделі қаржылар;

\bar{K} – меншікті күрделі қаржылар;

E – нормативтік коэффициент.

\$\$\$ 110

Еңбек өнімділігі:

- А) уақыт бірлігіндегі өндірілген мұнай мен газ тоннасының өнеркәсіп-өндіріс қызметкерлерінің бірлік көлеміне қатынасы;
- В) өнеркәсіп-өндіріс қызметкерлерінің бірлік көлеміне келетін пайдалану шығындары;
- С) бір пайдалану ұңғымасына келетін мұнай бергіштік коэффициенті;
- Д) мұнайдың өзіндік құнының қызмет көрсетушілерге қатынасы;
- Е) бір тонна өндірілген өнімге келетін табыс.

\$\$\$ 111

Еңбек өнімділігі:

- А) өнеркәсіп-өндіріс қызметкерлерінің бірлік көлеміне келетін пайдалану шығыны;
- В) уақыт бірлігіндегі өнеркәсіп-өндіріс қызметкерлерінің санына келетін

- МГӨБ жалпы өнім бағасы;
- С) өнеркәсіп-өндіріс қызметкерлерінің бірлік көлеміне келетін пайдалану және айдау ұңғымаларының саны;
 - Д) бір ұңғымаға келетін тұтынушыға өткізілген өнімнің мөлшері;
 - Е) өнеркәсіп-өндіріс қызметкерлердің бірлік көлеміне келетін меншікті күрделі қаржыландыру.

\$\$\$ 112

Жалпы өнімнің бағасы:

- А) бірлік уақыттағы мұнайға жіберілген бағаның оның тапсырушыға өткізілген мөлшеріне және қосымша басқа да қызмет түрлерінің бағасына көбейту;
- В) мұнайды жіберетін бағаның оның тапсырушыға өткізілген мөлшеріне қатынасы;
- С) мұнайдың өзіндік құнын мұнай мен газдың жылдық өніміне көбейту;
- Д) уақыт бірлігіндегі кондициялы мұнайдың тапсырушыға өткізілген мөлшері;
- Е) күрделі қаржыларды өнеркәсіп-өндіріс қызметкерлерінің санына көбейту.

\$\$\$ 113

Уақыт бірлігіндегі табыс:

- А) уақыт бірлігіндегі пайдалану шығындары мен мекеменің өткізген мұнай бағасының арасындағы айырмашылық;
- В) өзіндік құны мен өнімнің жалпы құнының арасындағы айырмашылық;
- С) барлық өндіріс қызметкерлеріне келетін мұнайдың жалпы өзіндік құны мен пайдалану шығындары;
- Д) ақша бірлігімен көрсетілген еңбек өнімділігі мен күрделі шығындар арасындағы айырмашылық;
- Е) өндірілген мұнай тоннасымен көрсетілген еңбек өнімділігі мен жалпы меншікті күрделі шығындар.

\$\$\$ 114

МКОИ үрдісінде нені бақылайды?

- А) мұнай, су және газдың күнделікті және жинақталған өнімінің өзгеру динамикасын, сонымен қатар айдалатын жұмысшы агенттің мөлшерін;
- В) өнімнің өзіндік құнын, күрделі қаржыларды, резервтегі ұңғымалардың санын;
- С) МГӨБ-ның штаттық кестесін, өндірістік-техникалық қызметкерлердің жұмысын, мекеменің табысын;
- Д) кеніш пішінінің (формасының) схематизациясын, кеніштерге ұңғыманың орналасуын, қызметшілердің жұмысын;
- Е) жобаланып отырған кен орнын барлауға және игеруге жұмсалатын жалпы келтірілген шығындарға байланысты графикті.

\$\$\$ 115

МКОИ кезінде бақылауды қандай параметрлерге жүргізеді?

- A) кеніш бойынша бүтіндей және жекелеген учаскелер мен қабаттарға ығыстырушы агенттердің қозғалыс шекарасының жағдайына;
- B) қарастырылып отырған кен орындарында қолайлы мерзім ішінде қосымша аудандарды барлауға және игеруге;
- C) мұнай кен орындарын барлауда және игеруде бір өндіру ұңғымасына келетін күрделі қаржыларға;
- D) мұнайдың геологиялық қорының 1 тоннасын дайындауға кететін геологиялық барлау шығындарына;
- E) мұнайдың өзіндік құны (амортизациясы ескерілмейді) және ұңғыманың жылдық өндірген өнімі арасындағы тәуелділікке.

\$\$\$ 116

МКОИ кезінде бақылауды қандай параметрлерге жүргізеді?

- A) сыйымдылықтың, өнімділіктің күнделікті коэффициенттеріне және ұңғыманың гидродинамикалық жетілген дәрежесін сипаттайтын параметрлеріне;
- B) МГӨБ-ның штаттық кестесіне, өндірістік-техникалық қызметкерлердің жұмысына;
- C) нұсқа бойынша жетіспей тұрған мұнай өндіруді қамтамасыз ету үшін қосымша күрделі қаржыландыруға;
- D) жобаланған кен орнын барлауға және игеруге жұмсалған жалпы келтірілген шығындардың тәуелділік графигіне;
- E) негізгі қорлардың амортизациясына пайдалану шығындарын таратуға, геологиялық барлау шығындары мен басқа да шығындарға.

\$\$\$ 117

МКОИ кезінде бақылауды қандай параметрлерге жүргізеді?

- A) кеніш бойынша бүтіндей, учасоктер мен қабаттар бойынша қабат қысымының таралуына және ұңғымалар бойынша түптік, буферлік және құбыраралық қысымның таралуына;
- B) меншікті күрделі қаржылар жиынтығына және өндірілген мұнайдың тоннамен көрсетілген еңбек өнімділігіне;
- C) ақша бірлігімен көрсетілген еңбек өнімділігі мен күрделі шығындар арасындағы айырмашылыққа;
- D) мұнай кен орындарын барлауда және игеруде бір өндіру ұңғымасына келетін күрделі қаржыларға;
- E) мұнайдың өзіндік құны (амортизациясы ескерілмейді) мен игерудің барлық мерзімінде өндірілген мұнайдың арасындағы тәуелділікке;

\$\$\$ 118

МКОИ кезінде бақылауды қандай параметрлерге жүргізеді?

- A) айдалатын жұмысшы агенттің нұсқа сыртындағы аймаққа және басқа

- қабаттарға өтіп кетуіне;
- В) жалпы келтірілген шығындардың мұнай өндіруге тәуелділігін бәсеңдетуге;
 - С) кен орнындағы барлық негізгі қорлардың амортизациясының орташа мерзіміне;
 - Д) барлауға және игеруге жұмсалған жалпы келтірілген шығындардың тәуелділік графигіне;
 - Е) мұнайдың геологиялық қорының 1 тоннасын дайындауға кететін геологиялық барлау шығындарына.

\$\$\$ 119

МКОИ кезінде бақылауды қандай параметрлерге жүргізеді?

- А) өндірілетін сұйықтар мен газдардың қабаттағы және жер үстіне шыққандағы физикалық-химиялық қасиеттерінің өзгеруіне;
- В) кен орны бойынша түгелдей және қабат бойынша негізгі қорлардың амортизациясының орташа мерзіміне;
- С) мұнайдың өзіндік құны (амортизациясы ескерілмейді) мен игерудің барлық мерзімінде өндірілген мұнайдың арасындағы тәуелділікке;
- Д) бір жұмысшыға келетін мұнай мен газ өндіру және өндірістік-техникалық қызметкерлердің жұмысына;
- Е) уақыт бірлігіндегі пайдалану шығындары мен мекеменің өткізген мұнай бағасының арасындағы айырмашылыққа.

\$\$\$ 120

Ұңғыманы зерттеудің гидродинамикалық әдістері:

- А) қалыптасқан режимде – индикаторлық диаграмманы тұрғызу және оны өңдеу;
- В) терең сорапты ұңғыманың жұмыс барысы кезінде динамограмманы салу және ұңғыманың статикалық пен динамикалық деңгейін анықтау;
- С) қысымның таралу қисығын (ҚТҚ) тұрғызу және оны өңдеу, сұйықтың қасиетін анықтау;
- Д) қабаттың мұнайға қанығушылығын, кеуектілігін және қуыстылығын анықтау;
- Е) кеніш пішінінің (формасының) схематизациясы және осы сызбаның пішінін анықтау.

\$\$\$ 121

Ұңғыманы гидродинамикалық зерттеу:

- А) қалыптаспаған режимде – қысымның қалпына келу қисығын тұрғызу және оны өңдеуді зерттеу;
- В) мұнай өндірудің өндіру және айдау ұңғымаларының санына тәуелділігін тұрғызу;
- С) айдау қысымын және нұсқаның сыртқы аймағына таралуын анықтау;
- Д) мұнайға қанығушылық және тиімді кеуектілік коэффициенттерін анықтау;
- Е) мұнайдың және газды қоспаның динамикалық және кинематикалық

тұтқырлықтарын анықтау;

\$\$\$ 122

Фонтанды ұңғының режимі қалай орнатылады?

- A) лақтыру желісіндегі штуцерді ауыстырады;
- B) ұңғыны белгісіз уақытқа жабады/тоқтатады;
- C) ұңғыдан СКҚ-ды шығарады/көтереді;
- D) ұңғыны айдау ұңғысына ауыстырады;
- E) косымша перфорация жүргізеді.

\$\$\$ 123

Терең сорапты ұңғының режимін қалай орнатады?

- A) тербеліс санын өзгертеді;
- B) ұңғыны тоқтатады;
- C) ұңғыны газлифтке өткізеді/ауыстырады;
- D) сорапты ауыстырады;
- E) сорапты жер бетіне көтереді.

\$\$\$ 124

Терең сорапты ұңғының режимін қалай орнатады?

- A) жылтыратылған штоктың жүріс ұзындығын өзгертеді;
- B) сорапты ауыстырады;
- C) ұңғыны газлифтке өткізеді/ауыстырады;
- D) ұңғыны тоқтатады;
- E) ұңғыны айдау ұңғылар қатарына өткізеді.

\$\$\$ 125

Индикаторлық диаграмма нені көрсетеді?

- A) шығымның депрессияға тәуелділік графигін;
- B) шығымның уақытқа тәуелділік графигін;
- C) өткізгіштіктің депрессияға тәуелділік графигін;
- D) депрессияның уақытқа тәуелділік графигін;
- E) өткізгіштіктің уақытқа тәуелділік графигін.

\$\$\$ 126

Қысымның қалпына келу сызығы нені білдіреді?

- A) түп қысымының уақытқа тәуелділік графигін;
- B) шығымның депрессияға тәуелділік графигін;
- C) шығымның уақытқа тәуелділік графигін;
- D) шығымның түп қысымына тәуелділік графигін;
- E) түп қысымының қабат қысымына тәуелділік графигін.

\$\$\$ 127

Қалыптасқан күйді сипаттайтын уақыт :

- A) $t_{yc} = \frac{4k}{m_3 \beta_{ж}}$;
- B) $t_{yc} = \frac{m_3 \beta_{ж} k \mu_{ж}}{4r^2}$;
- C) $t_{yc} = \frac{4km_3 \beta_{ж}}{r_k^2 \mu_{ж}}$;
- D) $t_{yc} = \frac{4m_3 \cdot t}{r_k^2 \mu_{ж} \beta}$;
- E) $t_{yc} = \frac{m_3 \beta_{ж} r_k^2 \mu_{ж}}{4k}$.

\$\$\$ 128

$\Delta P = AQ + BQ^2$ теңдігі:

- A) мұнай ұңғымасындағы қисық индикаторлық диаграммаға арналған ағын теңдеуі;
- B) газ ұңғымасындағы қисық индикаторлық диаграммаға арналған ағын теңдеуі;
- C) қысымды қалпына келтіру қисық теңдеуі;
- D) изобара теңдеуі;
- E) түзу сызықты индикаторлық диаграммаға арналған теңдеу.

\$\$\$ 129

$\Delta P = -\frac{q\mu}{4\pi kh} E_i \left[-\frac{r_c^2}{4\chi t} \right]$ теңдігі нені сипаттайды?

- A) қысымның қалпына келу қисығының теңдеуін;
- B) сұйықтың қабат бойына таралу қисығының теңдеуін;
- C) индикаторлық диаграмма теңдігін;
- D) изобара теңдігін;
- E) оректену нұсқасындағы қысымның түсу теңдігін.

\$\$\$ 130

Сұйықтың ұңғыға қосымша ағынсыз қысымның қалпына келу қисығын өңдеу тәсілдері:

- A) жанама және Хорнер тәсілі;
- B) жанама және түзету коэффициент тәсілі;
- C) ең аз квадрат тәсілі;
- D) интегралды және Кундин тәсілі;
- E) дифференциалды тәсіл.

\$\$\$ 131

Сұйықтың ұңғыға қосымша ағыны бар кезіндегі қысымның қалпына

келу қисығын өңдеу тәсілдері:

- A) түзету коэффициенті;
- B) жанама;
- C) Хорнер тәсілі;
- D) ең аз квадрат тәсілі;
- E) пропорция туындылары.

\$\$\$ 132

Сұйықтың ұңғыға қосымша ағыны бар кезіндегі қысымның қалпына келтіру қисығын өңдеу тәсілдері:

- A) Щелкачев-Кундин тәсілі;
- B) Хорнер тәсілі;
- C) жанама;
- D) ең аз квадрат тәсілі;
- E) пропорциялардың туындылары.

\$\$\$ 133

$\varepsilon = \frac{kh}{\mu}$ формуласы нені анықтауға көмектеседі?

- A) қабаттың гидроөткізгіштік коэффициентін;
- B) қабаттың пьезоөткізгіштік коэффициентін;
- C) қабаттың өтімділік коэффициентін;
- D) қабаттың серпімділіктің сыйымдылық коэффициентін;
- E) ұңғының өнімділік коэффициентін.

\$\$\$ 134

Скин-эффект нені анықтайды?

- A) қабаттың түп маңы аймағының өткізгіштігіне қысым таралуының әсерін;
- B) ұңғы өнімділігіне шығымның әсерін;
- C) ұңғылар арасындағы қашықтықтың қабаттың өткізгіштігіне әсерін;
- D) қабат қысымының қабаттың алыс аймағының өткізгіштігіне әсерін;
- E) қабаттың алыс жатқан бөлігінде жарықтардың пайда болуына ұңғы өнімділігінің әсерін.

\$\$\$ 135

$r_{\text{ср}} = \sqrt{\frac{2,25\chi}{e^{\frac{A}{B}}}}$ формуласы нені анықтауға көмектеседі?

- A) қысымның қалпына келу қисығын өңдеу кезіндегі ұңғының келтірілген радиусын;
- B) индикаторлық диаграмманы өңдеу кезіндегі ұңғының келтірілген радиусын;
- C) газсыздану аймақ радиусын;
- D) жұмыс жасап жатқан және әсерлі ұңғымалардың арасындағы радиусты;

Е) гидродинамикалық жетілген ұңғыманың радиусын.

\$\$\$ 136

Қабатты гидротындау кезінде не анықталады?

- А) гидроөткізгіштік, пьезоөткізгіштік;
- В) кенішті игеру мерзімі;
- С) қабат өткізгіштігі;
- Д) газсыз мұнайдың тұтқырлығы;
- Е) мұнайдың алынатын қоры.

\$\$\$ 137

Ыстық суды қабатқа айдау кезіндегі ыстық су фронты қозғалысының радиусын анықтау:

- А) $r(t) = 2\sqrt{\chi_{оп} \cdot t}$;
- В) $r(t) = 2\chi_{оп} \cdot t$;
- С) $r(t) = 2\sqrt{\frac{\chi_{оп}}{t}}$;
- Д) $r(t) = \frac{t}{\sqrt{2\chi_{оп}}}$;
- Е) $r(t) = \frac{2\chi_{оп}}{\sqrt{t}}$.

\$\$\$ 138

Нұсқаның сыртқы аймағындағы қабат параметрлерін ескеру (z-коэффициенті):

- А) $Z = \frac{\Delta P_{\Gamma}}{\Delta P_{\Phi}}$;
- В) $Z = \frac{Q_{В}}{Q_{Н}}$;
- С) $Z = \frac{Q_{Н}}{Q_{В}}$;
- Д) $Z = \frac{\Delta P_{\Phi}}{\Delta P_{\Gamma}}$;
- Е) $Z = \frac{Q_{Н}}{\Delta P_{\Phi}}$.

\$\$\$ 139

Нұсқаның сыртқы аймағындағы параметрлерді ескеретін түзету коэффициенті (z_1):

A) $Z_1 = \frac{\varepsilon_H}{\varepsilon_B}$;

B) $Z_1 = \frac{\varepsilon_B}{\varepsilon_H}$;

C) $Z_1 = \frac{\chi_B}{\chi_H}$;

Д) $Z_1 = \frac{q_H}{q_B}$;

Е) $Z_1 = \frac{q_B}{q_H}$.

\$\$\$ 140

Нұсқаның сыртқы аймағындағы параметрлерді ескеретін түзету коэффициенті (z_2):

A) $Z_2 = \frac{\chi_B}{\chi_H}$.

B) $Z_2 = \frac{\varepsilon_H}{\varepsilon_B}$;

C) $Z_2 = \frac{\varepsilon_B}{\varepsilon_H}$;

Д) $Z_2 = \frac{\chi_H}{\chi_B}$;

Е) $Z_2 = \frac{q_B}{q_H}$;

\$\$\$ 141

Кен орнын игеру графигінде қандай көрсеткіштер көрсетіледі?

A) мұнай өндіру, сулану, су айдау көлемі, жинақталған мұнай өнімі, ұңғыма саны;

B) кеніштерді пайдалану тәсілі және ұңғыманың түп аймағына әсер ету әдістері;

C) қабаттың кеуектілігі, қуыстылығы, өткізгіштігі, гидроөткізгіштігі мен пьезоөткізгіштігі;

Д) ұңғыманы және қабаттарды гидродинамикалық зерттеудің нәтижелері;

Е) күрделі қаржылар мен пайдалану шығындары және өзіндік құн.

\$\$\$ 142

Игеру үрдістерін талдаудың мақсаты:

A) игеру жүйесін жетілдіруге бағытталған жекелеген мәселелерді терең

талдау;

- B) өндіру мен айдау ұңғымаларының амортизациясын және қабат қысымын ұстау цехтарының жабдықтарын есептеу;
- C) қалдық бағасын ескере отырып, зерттелетін кен орындарын меншікті күрделі қаржыландыру;
- D) ұңғыма торларымен қоса технологиялық көрсеткіштердің әрбір пайдалану объектісі бойынша өндірілетін мұнайға тәуелділігі;
- E) қабаттың бастапқы температурасынан өзгеше температурамен агенттерді айдау кезінде температураның кәсіпшіліктік өлшенуінің талдануы.

\$\$\$ 143

МКОИ күнделікті (текущий) жағдайының сипаттамасы:

- A) өндіру, айдау, газды және арнайы ұңғымалар қоры, мұнай, газ және суды өндіру, су айдау, өнімнің сулануы;
- B) өнімнің өзіндік құны, мұнай, газ және суды жинау жүйесі, өнімді тұтынушыға дейін тасымалдау;
- C) игеру жүйесі және мұнайлық пен тұтыну нұсқасы жүйелерінің жіктелуі;
- D) ұңғыманы және қабаттарды гидродинамикалық зерттеудің нәтижелері;
- E) өндіруге және жұмысшы агенттерін айдауға жұмсалатын күрделі қаржылар мен пайдалану шығындары.

\$\$\$ 144

МКОИ-ді реттеу дегенді қалай түсінуге болады?

- A) нақты игеру жағдайын жобалықпен сәйкестендіретін іс-шаралар;
- B) МКОИ жобасын құрастыру;
- C) игеру кешенін бөлудің негіздемесі;
- D) суланған ұңғыларды пайдаланудан шығару бойынша атқарылатын шаралар;
- E) жаңа мұнай кен орындарын ашу үшін жүргізілетін геологиялық барлау жұмыстары.

\$\$\$ 145

Игеру үдерісін реттеу әдістері:

- A) түп қысымын төмендету арқылы ұңғыма өнімділігін көбейту;
- B) пайдалану және күрделі шығындарды өсіру;
- C) СКҚ диаметрін үлкейту арқылы ұңғыманың өнімділігін азайту;
- D) пайдалану ұңғымаларын тоқтату есебінен мұнайбергiштік коэффициентін арттыру;
- E) айдау қысымын ұлғайту есебінен айдау ұңғымаларының сыйымдылығын төмендету.

\$\$\$ 146

Игеру үдерісін реттеу әдістері:

- A) сулануы жоғары ұңғымаларды тоқтату;
- B) қабаттың сулы аймағына газ айдау арқылы қабат қысымын ұстау;

- С) терең сорапты ұңғымаларды пайдаланудың фонтандық тәсіліне ауыстыру;
- Д) ұңғыманы динамометрлеу және эхометрлеу, изобара картасын тұрғызу;
- Е) айдау қысымын азайту есебінен ұңғыма қабылдағыштарын ұлғайту.

\$\$\$ 147

Игеру үдерісін реттеу әдістері:

- А) ілеспе судың ағынын шектеу;
- В) терең сорапты ұңғымаларды пайдаланудың газлифтілік тәсіліне ауыстыру;
- С) қабаттың мұнай бергіштігін көбейтудің жылулық әдісі кезінде меншікті күрделі қаржыларды өсіру;
- Д) қысымның қалпына келу қисығы мен индикаторлық диаграмманы тұрғызу және өңдеу;
- Е) ұңғыманың сулануын арттыру бойынша жүргізілетін шаралар.

\$\$\$ 148

Игеру үдерісін реттеу әдістері:

- А) айдау ұңғымаларындағы қабылдағыштықтың қимасын (профилін) теңестіру;
- В) терең сорапты ұңғымаларды пайдаланудың фонтандық тәсіліне ауыстыру;
- С) горизонттың құрылымдық картасын тұрғызу;
- Д) түп қысымын ұлғайту есебінен ұңғыманың өнімділік коэффициентін арттыру;
- Е) ұзақ мерзімге барлық айдау ұңғымаларын пайдалану ұңғымаларына ауыстыру.

\$\$\$ 149

Күнделікті өнім алу картасы не үшін тұрғызылады?

- А) игеру үрдісін бақылау және реттеу үшін;
- В) гидроөткізгіштік коэффициентін анықтау үшін;
- С) мұнай бергіштік коэффициентін анықтау үшін;
- Д) қабаттың өткізгіштігін анықтау үшін;
- Е) игеру көрсеткіштерін анықтау үшін.

\$\$\$ 150

МКОИ талдау кезінде изобар картасын қолдану:

- А) қабаттың гидроөткізгіштік коэффициентін және мұнайлылық нұсқасының ауысу жылдамдығын анықтау үшін;
- В) күнделікті мұнайбергіштік коэффициентін және қабаттың кеуектілігін анықтау үшін;
- С) мұнайды механикалық тәсілмен өндіру кезінде сорап түрін анықтау үшін;
- Д) ұңғыманың шығымын және сыйымдылығын анықтау үшін;
- Е) тұтыну нұсқасының жатуын және ҚҚҰ кезінде айдалатын судың мөлшерін анықтау үшін.

\$\$\$ 151

Мұнай және газ кеніштерін игеру кезінде қабатта басымдылығын көрсеткен энергияны қалай атаймыз?

- A) қабат режимі;
- B) игеру жүйесі;
- C) игеру объектісі;
- D) игеру жүйесінің классификациясы;
- E) серпімді сыйымдылықтың коэффициенті.

\$\$\$ 152

Коллекторлардың мұнаймен қаныққандық дәрежесін қалай атайды?

- A) мұнайқанықтылық коэффициенті;
- B) кеуектілік коэффициенті;
- C) өтімділік коэффициенті;
- D) мұнайбергіштік коэффициенті;
- E) пьезоөткізгіштік коэффициенті.

\$\$\$ 153

Игеру объектісін анықтайтын бір-бірімен байланысты тұтас инженерлік шешімді қалай атаймыз?

- A) игеру жүйесі;
- B) су айдау жүйесі;
- C) ұңғымаларды орналастыру жүйесі;
- D) ұңғы өнімдерін жинау жүйесі;
- E) қабат режим жүйесі.

\$\$\$ 154

Егер жылжыту күші мұнайдан бөлінген қанығу қысымынан төмен қысымда газ энергиясы болса, онда ол былай сипатталады:

- A) еріген газ режимі;
- B) гравитациялық режимі;
- C) газарынды режимі;
- D) серпімді режимі;
- E) серпімді-суарынды режимі.

\$\$\$ 155

Мұнайбергіштік коэффициенті қандай қабат режимі кезінде ең үлкен?

- A) қатты суарынды режим;
- B) еріген газ режимі;
- C) гравитациялық режим;
- D) серпімді газарынды режим;
- E) көлбеген қабатты игергенде.

\$\$\$ 156

Мұнайлылық ауданы анықталады:

- A) шартты мұнайлылық нұсқасында;
- B) қабаттың вертикалды қимасында;

- С) мұнайлылықтың ішкі нұсқасында;
- Д) мұнайлылықтың сыртқы нұсқасында;
- Е) қабаттың сыртқы сулы бөлігінде.

\$\$\$ 157

ППД-сіз игеру жүйесі үшін көрсеткіш:

- А) $\omega = 0$;
- В) $\omega = 1$;
- С) $\omega = \infty$;
- Д) $\omega = n_g$;
- Е) $\omega = -\infty$.

\$\$\$ 158

$$q = \frac{2\pi kh\Delta P}{\mu \ln \frac{r_k^{2n} - a^{2n}}{n \cdot a^{n-1} r_k^n \cdot r_c}}$$

формуласы нені анықтауға көмектеседі?

- А) сақиналы батареяда жұмыс істейтін ұңғы дебитін;
- В) орталықтан тайған кеңіште орналасқан ұңғы дебитін;
- С) кеңіштің ортасында орналасқан ұңғы дебитін;
- Д) сызықты пайдалану қатарда жұмыс істейтін ұңғының дебитін;
- Е) серпімді режимде істейтін ұңғының дебитін.

\$\$\$ 159

$r_{cnp} = r_c e^c$ (**c – ұңғының жетілмегенін ескеретін коэффициент**) **формула-сы нені анықтауға көмектеседі?**

- А) жетілмеген ұңғының келтірілген радиусын;
- В) коректену нұсқасының келтірілген радиусын;
- С) мұнайлылық нұсқасының келтірілген радиусын;
- Д) газсыздану аймағының келтірілген радиусын;
- Е) іріленген ұңғының келтірілген радиусын.

\$\$\$ 160

Мұнайлылықтың шартты нұсқасын анықтау үшін не енгізіледі?

- А) гидродинамикалық есептеулер кезіндегі мұнайлылықтың ауданы;
- В) ұңғы айналасын дренаждау ауданы;
- С) газсыздану аймағының радиусын анықтау;
- Д) А.П.Крылов параметрін анықтау;
- Е) ұңғының жетілмегендігін ескеру.

\$\$\$ 161

Қандай қабат үшін құйылу ескеріледі?

- А) жарықшақты-кеуекті қабат үшін;
- В) кеуекті қабат үшін;

- С) жарықшақты қабат үшін;
- Д) өткізгіштігі бойынша біртекті қабат үшін;
- Е) газдалған мұнайын ұстап тұрған кеуекті қабаттар үшін.

\$\$\$ 162

$\varepsilon = \frac{kh}{\mu}$ коэффициентті анықтауға көмектеседі:

- А) қабаттың гидроөткізгіштігін;
- В) қабаттың пьезоөткізгіштігін;
- С) қабаттың серпім-сыйымдылығын;
- Д) қабаттың кеуектілігін;
- Е) қабаттың жарықшақтығын.

\$\$\$ 163

$t_i = \frac{Q_{3an.i}}{\sum q_i} \cdot \frac{1}{1-n}$ теңдігі нені анықтайды?

- А) і-ші игеру кезеңінің ұзақтығын;
- В) сусыз игеру ұзақтығын;
- С) газсыз игеру ұзақтығын;
- Д) бірінші фазаның игеру ұзақтығын;
- Е) екінші фазаның игеру ұзақтығын.

Мұндағы, $Q_{3an.i}$ – і-1 және і қатарлардың арасындағы мұнай қоры;

$\sum q_i$ – мұнай өндіру қосындысы; n – ұңғы өнімінің сулануы.

\$\$\$ 164

$m = m_0 + \beta_c (P - P_0)$ формуласы нені сипаттайды?

- А) жыныстың сығылғыштық заңын;
- В) Дарси заңын;
- С) сығылған сұйық кезең заңын;
- Д) идеал газ кезең заңын;
- Е) сұйықтардың қозғалыс заңын.

\$\$\$ 165

$\beta^* = m\beta_{ж} + \beta_c$ формуласы бойынша анықталады:

- А) серпімділіктің сыйымдылық коэффициенті;
- В) кеуектілік коэффициенті;
- С) өтімділік коэффициенті;
- Д) газдың жоғарысығылғыштық коэффициенті;
- Е) пьезоөткізгіштік коэффициенті.

\$\$\$ 166

Қазіргі кезде пайдаланып келе жатқан кешенмен басқа кешенді сол ұңғымалармен игерілуді қалай атаймыз?

- А) қайтымды;
- В) өздігімен тұра алатын;

- С) резервті;
- Д) жүйелік;
- Е) орташа.

\$\$\$ 167

Ұңғы дебиттің өзіндік жұмысының оның ұңғылар тобымен біріккен жұмысына қатынасын қалай атаймыз?

- А) ұңғымалардың өзара байланыс коэффициенті;
- В) ұңғымалардың өнімділік коэффициенті;
- С) өзара байланыс қосындысының коэффициенті;
- Д) мұнайбергіштік коэффициенті;
- Е) мұнайдың көлемдік кеңею коэффициенті.

\$\$\$ 168

Бірге істеп жатқан ұңғымалар тобының дебит қосындысы оның бір ұңғыманың дебитіне қатынасын қалай атаймыз?

- А) өзара байланыс қосындысының коэффициенті;
- В) мұнайбергіштік коэффициенті;
- С) ұңғымалардың өзара байланыс коэффициенті;
- Д) ұңғымалардың өнімділік коэффициенті;
- Е) мұнайдың көлемдік кеңею коэффициенті.

\$\$\$ 169

1 Па қысымының өзгерісі кезінде 1 м³ сұйық көлемінің өзгерісін:

- А) сұйықтың көлемдік кеңею коэффициенті;
- В) серпімділіктің сыйымдылық коэффициенті;
- С) жыныстың жарықшақтық коэффициенті;
- Д) кеуектілік коэффициенті;
- Е) өтімділік коэффициенті.

\$\$\$ 170

Мұнай-газ кеңіштерінің түрлері:

- А) қанатты және жинақты мұнайлы жиегімен;
- В) бастапқы қабат қысымы қанығу қысымынан жоғары;
- С) газ факторы бар нөлге тең қабаттар;
- Д) А.П.Крылов көрсеткіші нөлге тең қабаттар;
- Е) ұңғыма торларының тығыздық көрсеткіштері нөлге тең қабаттар.

\$\$\$ 171

Егер бүкіл қалыңдықта ұңғыма қабатты ашса және ұңғыма түбі ашық болса, онда ол:

- А) гидродинамикалық жетілу;
- В) гидродинамикалық жетілмегендік;
- С) қалыптасқан режимде жұмыс істейтін;

- Д) әсер ететін;
- Е) барлаушы.

\$\$\$ 172

Егер ұңғыма ашық түшпен, тек қана белгілі тереңдікке, қабатты бүкіл қалыңдықта ашпаса, онда оны былай атайды:

- А) ашу дәрежесі бойынша гидродинамикалық жетілмеген;
- В) ашу сипатына байланысты гидродинамикалық жетілмеген;
- С) ашу дәрежесіне байланысты гидродинамикалық жетілген;
- Д) гидродинамикалық зерттелген;
- Е) гидродинамикалық әсерлі.

\$\$\$ 173

Егер ұңғыма қабатты табанына дейін ашса, бірақ байланыс қабатпен шегендеу құбырлар тізбегінің арнайы тесіктері арқылы жүрсе, онда ол:

- А) ашылу сипаттамасы бойынша гидродинамикалық жетілмеген;
- В) ашылу сипаттамасы бойынша гидродинамикалық жетілген;
- С) гидродинамикалық зерттелген;
- Д) ашылу дәрежесіне байланысты гидродинамикалық жетілмеген;
- Е) гидродинамикалық әсерлі.

\$\$\$ 174

Жыныстың сұйық пен газды өткізу қабілеті сипатталады:

- А) өтімділік;
- В) кеуектілік;
- С) фильтрация жылдамдығы;
- Д) жыныс сығылғыштығы;
- Е) сұйық сығылғыштығы.

\$\$\$ 175

Газарынды режим кезінде МКОИ әдістері:

- А) қозғалмайтын ГНК-дан қабаттың мұнайлылық бөлігінде біруақытта мұнайды және газды газ шапкасынан тарту немесе барьерді су айдау;
- В) қабат ішінен жандыруды қолдану арқылы;
- С) суды газды шапкасына айдау арқылы;
- Д) жылу тасымалдағыштарды газды шапкасына айдау арқылы;
- Е) қозғалмайтын ГНК-дан қабаттың мұнайлылық бөлігінде мұнайды және газды газ шапкасынан тарту.

\$\$\$ 176

Егер мұнай ұңғымаларға қабатта сұйықтың көлемдік кеңеюі арқылы жылжыса, онда қабат режимі:

- А) серпімді;
- В) еріген газ режимі;
- С) гравитациялық;

- Д) қатты суарынды;
- Е) газарынды.

\$\$\$ 177

Мұнайды ығыстырғыш коэффициенті (η_1) және қабатты ұстау коэффициенті ығыстырып шығару (η_2) үрдісімен түрлендіруді қалай анықтайды?

- А) қабаттың қазіргі мұнайбергіштік коэффициенті;
- В) қабаттың сулану коэффициенті;
- С) мұнайқанықтылық коэффициенті;
- Д) суғақанықтылық коэффициенті;
- Е) қабаттың кеуектілік коэффициенті.

\$\$\$ 178

Дебиттің (Q) қысым өзгерісінен (ΔP) тәуелділік графигін атаймыз:

- А) индикаторлық диаграмма;
- В) қысымның қалпына келтіру қисығы;
- С) сұйықтың қабат бойында таралу қисығы;
- Д) фазалық өтімділік диаграммасы;
- Е) изобар картасы.

\$\$\$ 179

Түп қысымы өзгерісінің уақытқа тәуелділік графигі:

- А) қысымның қалпына келтіру қисығы;
- В) фазалық өтімділік диаграммасы;
- С) индикаторлық диаграмма;
- Д) изобар картасы;
- Е) диаграммамен.

\$\$\$ 180

Қабаттың мұнайбергіштігін физикалық-химиялық арттыру әдістері, су айдауды қолдану арқылы:

- А) су ерітінділері БӨЗ-мен және полимерлермен;
- В) қабат ішінен жандыру;
- С) бу және жылыту арқылы әсер ету;
- Д) қабатты гидрожару;
- Е) бумен циклді әсер ету.

\$\$\$ 181

Құрамында жоғары мөлшерде парафин және шайыр-асфальтендері бар мұнай:

- А) ньютондық емес сұйық;
- В) газдалған сұйық;

- С) сығылмайтын сұйық;
- Д) ньютондық сұйық;
- Е) біртекті сұйық.

\$\$\$ 182

Егер бастапқы қысым ($P_{пл}$) вертикалды таулыға (P_r) жақын болса, онда ондай қысым:

- А) аномалды жоғары;
- В) бу ішті;
- С) көлемі бойынша орта өлшенген;
- Д) ауданы бойынша орта өлшенген;
- Е) парциалды.

\$\$\$ 183

$v = -\frac{k}{\mu} \left(\frac{dP}{dS} - G \right)$. Мұндағы S – арақашықтық координатасы, G – шекті

қысым градиенті. Формуласы фильтрация заңын көрсетеді:

- А) ньютондық емес сұйық;
- В) біртекті сұйық;
- С) газдалған сұйық;
- Д) идеал газ;
- Е) реал газ.

\$\$\$ 184

Тұрақтанбаған режимде қабаттарды гидродинамикалық зерттеуі:

- А) сұйықтың қабат бойында таралуы;
- В) индикаторлық диаграмманы тұрғызу және өңдеу;
- С) изобар картасын тұрғызу;
- Д) диаграмманы тұрғызу және өңдеу;
- Е) айдау ұңғымаларының зерттеу мәліметтерін өңдеу.

\$\$\$ 185

Егер түп маңы аймағының өтімділігі қабат өтімділігінен төмен болса, онда:

- А) скин-эффект шамасы дұрыс;
- В) скин-эффект шамасы нөлге тең;
- С) скин-эффект шамасы дұрыс емес;
- Д) скин-эффект шамасы қабаттың орташа өтімділігіне тең;
- Е) скин-эффект шамасы анықталмайды.

\$\$\$ 186

Егер түп маңы аймағының өтімділігі қабат өтімділігінен жоғары болса, онда:

- А) скин-эффект шамасы дұрыс емес;
- В) скин-эффект шамасы нөлге тең;

- С) скин-эффект шамасы бірге тең;
- Д) скин-эффект шамасы шектелмеген;
- Е) скин-эффект шамасы қабаттың орташа өтімділігіне тең.

\$\$\$ 187

Изобар картасы анықтауға қолданылады:

- А) мұнайлылық нұсқасының көшіру жылдамдығы;
- В) қазіргі МБК немесе қабат кеуектілігі;
- С) қабат режимі;
- Д) ұңғыманы пайдалану әдісі;
- Е) ұңғыманың сыйымдылығы және дебиті.

\$\$\$ 188

КВД-ні өңдеу кезінде нені анықтауға болады?

- А) қабаттың пьезоөткізгіштігін;
- В) қабаттың кеуектілігін;
- С) айдау ұңғымасының сыйымдылығын;
- Д) қабаттың мұнайбергіштігін көбейту әдісін;
- Е) мұнайлылықтың орналасу нұсқасын.

\$\$\$ 189

КВД-ні өңдеу кезінде нені анықтауға болады?

- А) ұңғыманың келтірілген радиусын;
- В) келтірілген қоректену нұсқасын;
- С) мұнайлылықтың шартты нұсқасын;
- Д) қабаттың кеуектілігін;
- Е) ұңғыманың пайдалану дебитін.

\$\$\$ 190

Егер айдау ұңғымалары мұнайлылықтың сыртқы нұсқасында орналасса (қабат аймағында, сумен қамтылған), онда су айдау қалай аталады?

- А) нұсқа артында;
- В) нұсқа ішілік;
- С) аудандық;
- Д) құрастырмалы;
- Е) ошақтық.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Нұрсұлтанов Ғ.М., Абайұлданов Қ.Н. Мұнай және газды өндіріп, өңдеу: оқулық. – Алматы: Альманах. 1999.464 бет.
2. Желтов Ю.П. Разработка нефтяных месторождений. М.: Недра, 1986г.
3. Сборник задач по разработке нефтяных месторождений – М.: Недра, 1985.
4. Лысенко В.Д. Теория разработки нефтяных месторождений при внутриконтурных заводнениях – М.: Недра, 2004.
5. Справочное руководство по проектированию разработки нефтяных месторождений. Под редакцией Гиматудинова Ш.К.– М.: Недра, 1983.
6. Донцов К.М. Разработка нефтяных месторождений – М.: Недра, 1977.
7. Ахмеджанов Т.К., Қартабай А.Т. Қамбақов Т.У. Мұнай және газ кен орындарын игеру және пайдалану негіздері. Оқулық. Дәуір, 2011
8. Ахмеджанов Т.К., Қартабай А.Т. Нұранбаева Б. Молдабаева Г.Ж. Мұнай-газ жабдықтарын коррозияға қарсы қорғау. Оқулық. Дәуір, 2011
9. Ахмеджанов Т.К., Қартабай А.Т. Ақашев Б.Т. Мұнай және газды өндірудің техникасы мен технологиясы. Оқулық. Дәуір, 2011
10. Ахмеджанов Т.К., Қартабай А.Т. Теңізде мұнай-газ кен орындарын игеру. Оқулық. Дәуір, 2011

МАЗМҰНЫ

Кіріспе.....	3
--------------	---

I тарау

МҰНАЙ КЕН ОРЫНДАРЫН ИГЕРУ ЖҮЙЕЛЕРІ МЕН ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫ.....	9
---	----------

1.1 Игеру нысаны және жүйесі.....	–
1.2 Игеру жүйесінің сипаттамасы және классификациясы	12
1.3 Қабаттарға әсер ететін игеру жүйесі.....	16
1.3.1 Суландыру жүйесінің әсері.....	–
1.3.2 Қатарлы игеру жүйесі.....	21
1.3.3 Үшқатарлы және бесқатарлы жүйелер	22
1.4 Мұнай кен орнын игеруге енгізу	26
1.5 Қабат режимдері технологиясы және игеру көрсеткіштері.....	30
1.5.1 Серпімді режимде игерілетін шексіз қабаттың кез келген нүктесіндегі қысымды анықтау.....	33
1.5.2 Суарынды режим	35
1.5.3 Газды телпекті режимі	37
1.5.4 Мұнай-газ кеніштерін газарынды режимінде игеру.....	38
1.5.5 Еріген газ режимі.....	40
1.5.6 Гравитациялық режим.....	43

II тарау

МҰНАЙ КЕН ОРЫНДАРЫН ИГЕРУДІ МОДЕЛЬДЕУ	52
--	-----------

2.1 Игеру үдерістерінің және қабаттардың модельдері	–
2.2 Қабат моделдерінің түрлері	–
2.3 Қабыршақты-біртекті қабаттың моделін құрастыру	54
2.4 Жарықшақты және жарықшақты-кеуекті қабаттар моделін құрастыру	55
2.5 Біртекті қабаттың моделін құрастыру.....	56
2.6 Игеру үдерісін модельдеу	–
2.6.1 Жақындатылған әдіс.....	60
2.6.2 Сандық әдіс	64
2.6.3 Аналогиялық әдіс	65
2.6.4 Модификацияланған қатынастық өткізгіштің қабат моделі.....	67

III тарау

ТАБИҒИ РЕЖИМДЕРДЕ МҰНАЙ КЕН ОРЫНДАРЫН ИГЕРУ	70
--	-----------

3.1 Серпімді режимнің болуы.....	–
----------------------------------	---

3.1.1 Мұнай кен орындарын игеру кезінде серпімді режим теориясын ең бастысы мына мәселелерді шешу үшін қолданады.....	–
3.2 Қабаттың нұсқа сыртының серпімді режимі кезіндегі мұнай кен орнының нұсқа бойындағы қысымның өзгерісін болжау.....	77
3.3 Еріген газ және газарынды режимдері кезіндегі кен орынды игеру.....	88

IV тарау

СУ АЙДАУ АРҚЫЛЫ МҰНАЙ КЕН ОРЫНДАРЫН ИГЕРУ 101

4.1 Игерудің негізгі көрсеткіштері.....	–
4.2 Мұнайды сумен поршеньді сығу моделі негізіндегі қатпарланған қабаттың өндіру көрсеткіштерінің есептелуі.....	109
4.3 Біртекті қабат өндірісі көрсеткіштерінің екіфазалық фильтрация моделі негізінде есептелуі	116
4.4 Жарылым-кеуекті қабаттағы мұнайдың сумен ығыстырылуын зерттеу.....	129
4.5 Мұнай кен орындарында суландыруды қолданудың технологиялық көрсеткіш әдістерінің есептеулері.....	133
4.6 Ұңғыма дебиті мен қабат қысымын есептеу.....	141
4.7 Су айдауды қолданудағы кен орынды игеру мәселелері.....	148

V тарау

МҰНАЙ-ГАЗ ЖӘНЕ МҰНАЙ-ГАЗКОНДЕНСАТТЫ КЕН ОРЫНДАРЫ МЕН АНОМАЛЬДЫ ҚАСИЕТІ БАР ҚАБАТТАРДЫ ИГЕРУ 170

5.1	–
5.2 Қабатқа әсер ету арқылы кен орындарды пайдалану.....	177
5.3 Аномальды үлкен қабат қысымдағы терең жатқан қабаттар мен ньютондық емес мұнай кен орындарын игеру	185
5.4 Аномальды қасиеттерге ие қабаттар мен мұнай-газды кен орындарды игерудегі негізгі проблемалар және нәтижелер.....	191

VI тарау

МҰНАЙ КЕН ОРЫНДАРЫНЫҢ ФИЗИКАЛЫҚ-ХИМИЯЛЫҚ ӘДІСТЕРІ 193

6.1 Ерітінділермен және газдар арқылы жоғары қысымда қабаттан мұнайды ығыстыру.....	–
6.2 Мұнай кен орындарын өңдеу кезінде физикалық-химиялық әдістерді қолдану	205

VII тарау

МҰНАЙ КЕН ОРЫНДАРЫН ЖЫЛУ ӘДІСТЕРІМЕН ИГЕРУ..... 208

7.1 Қабаттағы температуралық жағдай мен оның кен орынды игеру кезіндегі өзгерісі.....	–
7.2 Қабаттардан мұнайды ыстық сумен және бумен ығыстыру.....	216
7.3 Бу генераторлы қондырғылардың сипаттамасы	225
7.4 Ұңғыманың түп жанындағы аймақты бу жылумен өндіру.....	227
7.5 Қабат ішіндегі жану.....	229
7.6 Жылулық жиектеулер әдісімен, қабатқа жылу тасымалдағыштарды айдау арқылы кен орындарды игеру	235

VIII тарау

ҚАБАТҚА ӘРТҮРЛІ ӘСЕР ЕТУ АРҚЫЛЫ

ҚАБАТТАРДЫҢ МҰНАЙБЕРГІШТІГІН АРТТЫРУ ӘДІСТЕРІ..... 240

8.1 Бетті белсенді заттардың (ББЗ) ерітінділері	–
8.2 Қабатты гидравликалық жару.....	248
8.3 Қабатты гидравликалық жарудың түрлері	251
8.3.1 Абразивті перфорациялы гидравликалық жару	253
8.3.2 Магнийлі гидравликалық жару	254
8.3.3 Вакуумды ыдысты гидравликалық жару.....	–
8.3.4 Қабатты құм енгізбей қышқылмен бірнеше кезеңді жару.....	255
8.4 Гидрожарудың технологиясы	–
8.4.1 Гидрожару үшін материалдар және жабдықтар.....	257
8.5 Қабатқа әсер етудің басқа физикалық әдістері	258
8.6 Полимерлік ерітінділерімен қабаттан мұнайды қысып шығару	259
8.7 Сілті ерітінділерімен мұнайды ығыстырып шығару.....	266
8.7.1 Мұнаймен араласатын газ еріткіштерін айдау.....	268
8.8 Жоғары қысымды газдармен қабатқа әсер ету.....	275

IX тарау

МҰНАЙ КЕН ОРЫНДАРЫН ИГЕРУДІҢ

ТЕХНИКАЛЫҚ-ЭКОНОМИКАЛЫҚ КӨРСЕТКІШТЕРІ..... 279

9.1 Жоспарлы тапсырманы белгілеу (тағайындау) принципі	282
9.2 Мұнай кен орындарын игеруді бақылау, талдау және реттеу.....	284

Қосымша А.....	285
Қосымша В.....	287
Қосымша С.....	290
Қосымша D.....	313
Қосымша E.....	331

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ.....	374
------------------------	-----

**А. Т. Қартабай
Е. С. Орынғожин
Г. Ж. Молдабаева
А.К. Есімханова**

МҰНАЙ КЕН ОРЫНДАРЫН ИГЕРУ

Оқулық

Басуға 25.12.2013 ж. қол қойылды. Пішімі 70×100¹/₁₆.

Офсеттік басылым. Баспа табағы 23,6.

Шартты баспа табағы 21,9.

Есептік баспа табағы 20,7. Таралымы мемлекеттік тапсырыс 700 дана + баспа есебінен 25 дана.

Тапсырыс № 3/139-13. Еркін баға

ISBN 978-601-225-612-3

