

УДК 622.276.3; <https://doi.org/10.37878/2708-0080/2023-5.06>  
<https://orcid.org/0000-0002-4795-7673>  
<https://orcid.org/0000-0002-4039-4900>  
<https://orcid.org/0000-0001-8692-6848>

## ТАБАНЫ СУЛЫ КЕНІШТІ АШҚАН ГОРИЗОНТАЛЬ ОҚПАНДЫ МҰНАЙ ҰҢҒЫМАСЫНЫҢ ШЕКТІК СУСЫЗ ӨНІМІН АНЫҚТАУ ӘДІСТЕМЕСІ



**С.С. СЕЙТЖАНОВ,**  
доктор PhD, Инжинирингтік  
технологиялар білім беру  
бағдарламаларының  
аға оқытушысы,  
[seitzhanov\\_saken@mail.ru](mailto:seitzhanov_saken@mail.ru)



**Н.С. СҮЛЕЙМЕНОВ,**  
техника ғылымдарының  
кандидаты, Инжинирингтік  
технологиялар білім беру  
бағдарламаларының  
жетекшісі,  
[nurzhan\\_suleymen@mail.ru](mailto:nurzhan_suleymen@mail.ru)



**Н.Х. АХМЕТОВ,**  
техника ғылымдарының  
кандидаты, Инжинирингтік  
технологиялар білім беру  
бағдарламаларының аға  
оқытушысы,  
[nurlybek.akhmetov1957@mail.ru](mailto:nurlybek.akhmetov1957@mail.ru)

ҚОРҚЫТ АТА АТЫНДАҒЫ ҚЫЗЫЛОРДА УНИВЕРСИТЕТІ,  
Республикасы Қазақстан, 120014, Қызылорда қ., Әйтеке би көшесі, 29А

*Мақала горизонталь мұнай ұңғымаларының өнімділігін анықтаудың жуықтау әдістеріне және Қарашығанақ кен орнының мұнай кенішінің мысалында алынған өнім есептеулерінің нәтижелерін осы әдістермен салыстыруға арналған. Мұнай аралығын суландыру немесе газдандыру мұнайдың фазалық өткізгіштігін айтарлықтай төмендетеді және мұнай өнімінің айтарлықтай төмендеуіне әкеледі.*

*Сондықтан конустың пайда болу процесін азайтатын технологиялар үлкен практикалық маңызға ие. Горизонталь мұнай ұңғымасының технологиялық жұмыс режиміне суландырудың әсері және сусыз өнімді анықтау мүмкіндігі тұрғысынан ұңғыманың сулануын болдырмау үшін келесі мүмкін нұсқалар ұсынылады:*

*- қабатта пайда болатын депрессияның шамасын ескере отырып, су мұнай шекарасына жақындығына байланысты горизонталь оқпанның тиісті орналасуы бар көлденең ұңғымаларды қолдану;*

*- ұңғыманың тиісті құрылысын таңдау, оқпанның горизонтальды бөлігіндегі фонтанды құбырлардың ұзындығы мен диаметрін таңдау, бұл табан судың қозғалу қарқынын бәсеңдету үшін қажетті депрессия мөлшерін қамтамасыз етеді.*

**ТҮЙІН СӨЗДЕР:** гидродинамика, қабылдау профилі, кеуекті ортадағы ағын, қабат, субкапиллярлық канал, сулану, мұнай мен газ өндіру, кеуекті орта.

## МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРЕДЕЛЬНО БЕЗВОДНОГО ДЕБИТА ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ НЕФТЯНОЙ СКВАЖИНЫ В ЗАЛЕЖАХ С ПОДОШВЕННОЙ ВОДОЙ

**С.С. СЕЙТЖАНОВ**, доктор PhD, [seitzhanov\\_saken@mail.ru](mailto:seitzhanov_saken@mail.ru)

**Н.С. СУЛЕЙМЕНОВ**, кандидат технических наук, [nurzhan\\_suleymen@mail.ru](mailto:nurzhan_suleymen@mail.ru)

**Н.А. АХМЕТОВ**, кандидат технических наук, [nurlybek.akhmetov1957@mail.ru](mailto:nurlybek.akhmetov1957@mail.ru)

КЫЗЫЛОРДИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. КОРКЫТ АТА,  
Республика Казахстан, 120014, г. Кызылорда, ул. Айтеке би, 29А

*Статья посвящена имеющимся приближенным методам определения производительности горизонтальных нефтяных скважин и сравнению полученных результатов расчетов дебита на примере нефтяного объекта Карачаганакского месторождения.*

*Обводнение или загазовывание нефтеносного интервала существенно снижает фазовую проницаемость по нефти и приводит к весьма значительному снижению дебита нефти. Поэтому большое практическое значение имеют технологии, минимизирующие процесс конусообразования. С точки зрения влияния обводнения на технологический режим работы горизонтальной нефтяной скважины и возможности определения безводного дебита следует, что для избегания обводнения скважины предлагаются следующие возможные варианты:*

*- применение горизонтальных скважин с соответствующим расположением горизонтального ствола в зависимости от близости к водонефтяного контакта (ВНК) с учетом величины создаваемой депрессии на пласт;*

*- подбор соответствующей конструкции скважины, длины и диаметра фонтанных труб в горизонтальной части ствола, обеспечивающей величину депрессии необходимой для замедления темпов продвижения подошвенной воды.*

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** гидродинамика, профиль приемистости, течение в пористой среде, мощность, субкапиллярный канал, заводнение, добыча нефти и газа, пористая среда.

## METHODOLOGY FOR DETERMINING THE MAXIMUM ANHYDROUS FLOW RATE OF A HORIZONTAL OIL WELL IN DEPOSITS WITH PLANTAR WATER

**S.S. SEITZHANOV**, PhD, [seitzhanov\\_saken@mail.ru](mailto:seitzhanov_saken@mail.ru)

**N.S. SULEYMANOV**, Candidate of Technical Sciences, [nurzhan\\_suleymen@mail.ru](mailto:nurzhan_suleymen@mail.ru)

**N.A. AKHMETOV**, Candidate of Technical Sciences, [nurlybek.akhmetov1957@mail.ru](mailto:nurlybek.akhmetov1957@mail.ru)

KORKYT ATA KYZYLORDA UNIVERSITY,  
120014, Kyzylorda, 29A Aiteke bie str.

*The article is devoted to the use of approximate methods for determining the productivity of horizontal oil wells and comparing the results of flow rate calculations by these methods on the example of an oil facility of the Karachaganak field. Watering or gassing of the oil-bearing interval significantly reduces the phase permeability of oil and leads to a very significant decrease in oil flow rate.*

*Therefore, technologies that minimize the process of cone formation are of great practical importance. From the point of view of the influence of flooding on the technological mode of operation of a horizontal oil well and the possibility of determining the anhydrous flow rate, it follows that the following possible options are proposed to avoid flooding of the well:*

- the use of horizontal wells with the appropriate location of the horizontal trunk, depending on the proximity to the oil-water contact (VNK), taking into account the magnitude of the depression created on the formation;

- selection of the appropriate design of the well, the length and diameter of the fountain pipes in the horizontal part of the trunk, providing the amount of depression necessary to slow down the pace of movement of plantar water.

**KEY WORDS:** hydrodynamics, pickup profile, flow in a porous medium, power, subcapillary channel, flooding, oil and gas production, porous medium.

**К**іріспе. Су және газ конусы түзілуі кезінде ұңғыманың тұрақты, қиыншылықтарсыз жұмыс жасауын қамтамасыз ету мұнай кен орындарын игеруде ең негізгі және қиын мәселелердің бірі. Мұнайлы аймақтың сулануы немесе газдануы мұнай бойынша фазалы өткізгіштікті байыпты төмендетіп, мұнай өнімінің елеулі төмендеуіне әкеледі.

Сондықтан, үлкен практикалық мағынаға конус түзілу процесін төмендететін технологиялар ие болып келеді. Суланудың горизонтальды мұнай ұңғымасының техникалық режимінің жұмысына және сусыз өнімін анықтау мүмкіндігіне әсер ету көзқарасынан ұңғыманың сулануын болдырмау үшін келесі мүмкін нұсқалар ұсынылады:

- жасалатын қабат депрессиясының үлкендігін ескере отырып су мұнай шекарасының (СМШ) жақындығына қарай горизонтальды оқпанның сәйкес орналасуымен горизонтальды ұңғыманы пайдалану;

- табан суының жоғарлау қарақының баяулату үшін қажетті депрессия шамасын қамтамасыз ететін ұңғыманың сәйкес құрылысын таңдау, оқпанның горизонтальды бөлігіндегі фонтанды құбырлардың ұзындығы мен диаметрін таңдау;

**Зерттеу материалдары мен әдістері.** Қазіргі уақытта табан суы бар кенішті ашқан горизонтальды мұнай ұңғымасының шектік сусыз өнімін анықтау үшін, бірнеше аналитикалық әдістер ұсынылған.

Шектік сусыз өнімін анықтауға ұсынылған әдістердің ішінде жие қолданылатындарға Алиева З.С. [1,2], Giger F.M. [3,4] және Joshi S.D.[5,6] әдістері жатады.

Жоғарыда ұсынылған әдістер горизонтальды оқпан ұзындығы бойынша тұрақты түптік қысымды анықтау үшін алынған, оқпанның горизонтальды бөлігі бойынша болмашы қысым жоғалуы кезінде іске асады. Берілген жұмыста горизонтальды оқпан ұзындығы бойынша қысым жоғалуын ескермей, горизонтальды мұнай ұңғымасының шектік сусыз дебитін анықтау үшін Алиев З.С, Giger F.M және Joshi S.D. әдістеріне жарамдылық талдау жүргізілді.

Жоғарыда ұсынылған жуық әдістерді қолдануды қабатты толық ашпау немесе әр түрлі шамалар үшін  $L_{сop} = L_{фp}$  есептеу нәтижелері графикалық пішінде шектік сусыз дебиттің горизонтальды оқпанының қабат қалыңдығы бойынша орналасуына тәуелділігі түрінде көрсетілген.

**Алиевтің З.С.  $Q_{н.бeз}$  анықтау әдісі.** Горизонтальды ұңғыманың шектік сусыз өнімін анықтау үшін тұрақты су конусы шартында түбінде суы бар полоосообразды қабатты толықтай ашқан мұнайдың горизонтальды ұңғымаға құйылу есебін шешу қолданылған. Мұнай-су шекарасы горизонтальды оқпанға жақын жерде парабола пішінді болады деп шамаланады. Онда горизонтальды ұңғыманың шектік сусыз дебиті [1,2] сәйкес келесі формула арқылы анықталады:

$$Q_{м.сусыз} = \frac{2kL\Delta P}{\mu_n B_H} \sum_{i=1}^2 \frac{1}{h_i \left[ h_i + R_c \ln \frac{R_c}{h_i + R_c} \right] + \frac{R_c - h_i}{(h_i + R_c)}} \quad (1)$$

мұндағы  $Q_{м.сусыз}$  – горизонтальды ұңғыманың шектік сусыз өнімі;  $k$  – қабаттың өткізгіштігі;  $L$  – горизонтальды оқпанның ұзындығы;  $\Delta P$  – қабат депрессиясы;  $\mu_n$  – мұнай тұтқырлығы;  $B_H$  – мұнайдың көлемдік коэффициенті;  $h_1$  – горизонтальды оқпаннан жабынға дейінгі қашықтық;  $h_2$  – горизонтальды оқпаннан СМШ-ға дейінгі қашықтық;  $R_{ұңғ}$  – ұңғыма радиусы;  $R_c$  – қоректену контуры радиусы.

Ұңғыманың сулануын тоқтату мақсатымен [1,2] жұмыста Паскаль заңына сәйкес  $\Delta P$  шамасына шектеулі. Оның теңдігі келесі түрде болады:  $\Delta P = (\rho_e - \rho_n)gh_2$  мұндағы  $\rho_{cy}$  және  $\rho_m$  – су және мұнай тығыздығы;  $g$  – еркін түсу үдеуі.

**Joshi S.D. ұсынған әдіспен  $Q_{м.сусыз}$  анықтау**, [5,6] жұмыста мұнай қабатының фрагментің эллипс пішінді етіп ашқан горизонтальды ұңғыма өнімін анықтау әдісі көрсетілген. Бұл әдіс тік ұңғыманың шектік сусыз өнімін анықтау үшін арналған формуланы қолдануға негізделген.

Горизонтальды ұңғыманың шектік сусыз өнімін анықтау үшін формула келесі түрде болады:

$$Q_{м.сусыз} = \frac{1,535(\rho_B - \rho_H)k_H [h^2 - (h - \lambda_T)^2]}{\ln(R_K/R_{CЭ})} \quad (1.1)$$

мұндағы  $h$  – қабат қалыңдығы;  $\lambda_c$  – СМШ және горизонтальды оқпан арасындағы қашықтық;  $R_{om}$  – оқпанның тиімді радиусы, ол келесі формуламен анықталады:

$$R_{от} = \frac{R_K(L/2A)}{[1 + \sqrt{1 - (L/2A)^2}] \frac{h}{[h/2R_c]L}} \quad (1.2)$$

мұндағы;  $A$  келесі түрде болады:  $A = L/2 \left[ \frac{1}{2} + \sqrt{\frac{1}{4} + \left(\frac{2R_K}{L}\right)^4} \right]^{0,5}$  (1.3)

**Giger F.M. ұсынған әдіспен  $Q_{м.сусыз}$  анықтау**. Горизонтальды ұңғымамен ашылған суы бар мұнайлы қабат есептерін ұсынды. Сонымен бірге автор келесіні айтады, яғни, мұнай-су бөлігінің шекарасы горизонтальды оқпанға жақын жерде эллипс пішінді, өткізбейтін бүйір жақтары бар болып келеді және горизонтальды оқпанның шектік сусыз өнімі [3,4] әдіс бойынша келесі формуламен анықталады:

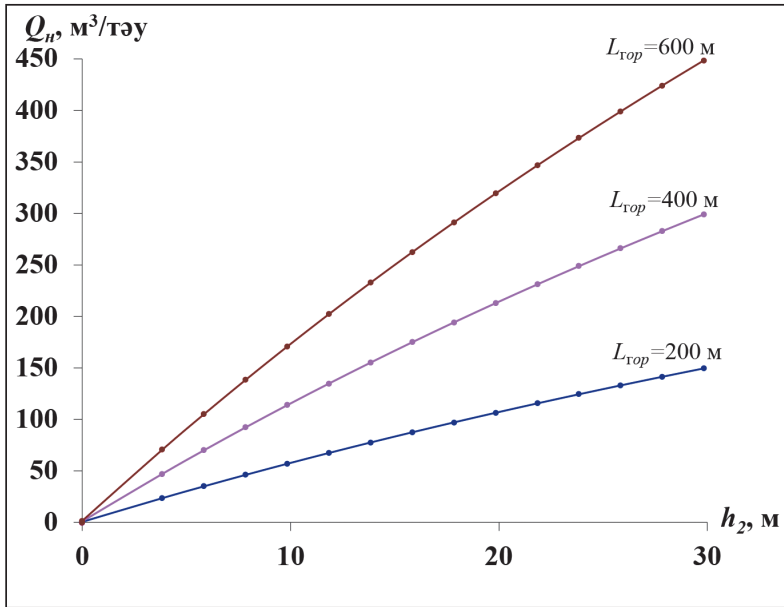
$$Q_{м.сусыз} = \frac{3}{2} \frac{k\Delta\rho g R_K}{\mu_n} \left[ \left( 1 + \frac{16}{3} \frac{(\lambda_T)^2}{R_K^2} \right)^{\frac{1}{2}} - 1 \right] \quad (1.4)$$

мұндағы  $\lambda_c$  – СМШ-дан ұңғыманың тік қашықтығы;  $\Delta\rho$  – су тығыздығы мен мұнайдың айырмашылығы.

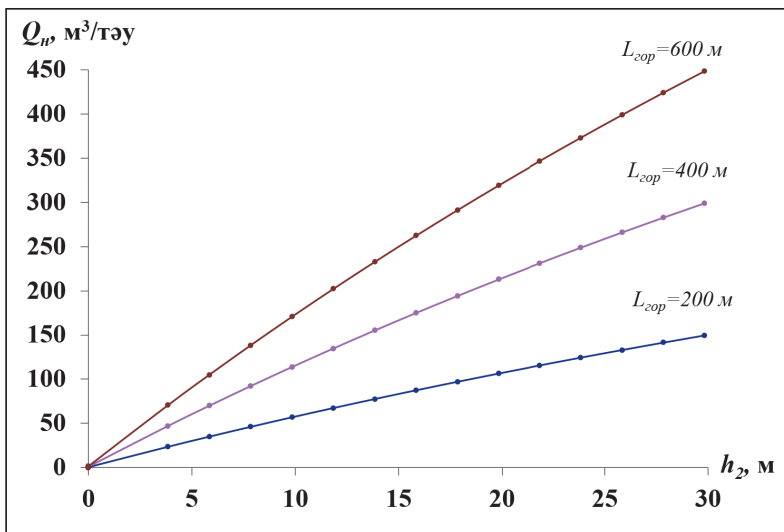
**Нәтижелер және талқылаулар**. Берілген жұмыста жоғарыда айтылған әдістермен анықталған мұнай ұңғымасының сусыз өнімін салыстыру үшін, келесі бастапқы деректер кезінде:  $R_K=250$  м;  $R_c=0,076$  м;  $h=30$  м;  $k=0,225$  Дарси;  $B_H=2,05$ ;  $\mu_m=0,57$  мПа·с;  $L_{cop}=200$ ; 400 және 600 м;  $h_2=10$ ; 20 және 29, 85 м  $Q_{м.сусыз}$  есептеулері жүргізіл-

ді. Жоғарыда келтірілген әдістермен орындалған  $Q_{м.сусыз}$  есептеу нәтижелер талдауы.

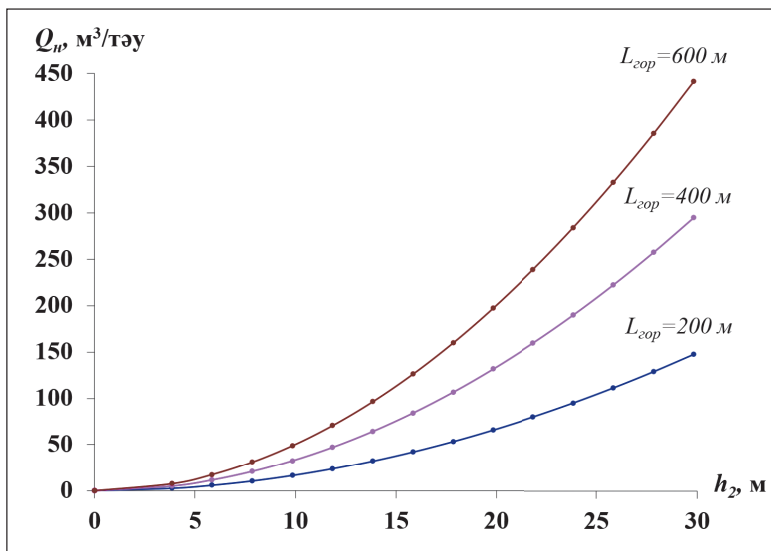
1, 2 және 3-суреттерде Алиева З.С., Joshi S.D. және Giger F.M. әдістері бойынша горизонтальды ұңғыманың шектік сусыз дебитін есептеу нәтижелері көрсетілген, оқпанның горизонтальды бөлігінің әр түрлі орналасуы және ұзындығы келесіге тең болған кезге  $L_{гор}=200, 400$  және  $600$  м сәйкес болады.



1-сурет – Әртүрлі оқпан ұзындығы кезінде горизонтальды мұнай ұңғымасының шектік сусыз өнімінің СМШ  $h_2$  қашықтығына тәуелділігі (Алиева З.С.)

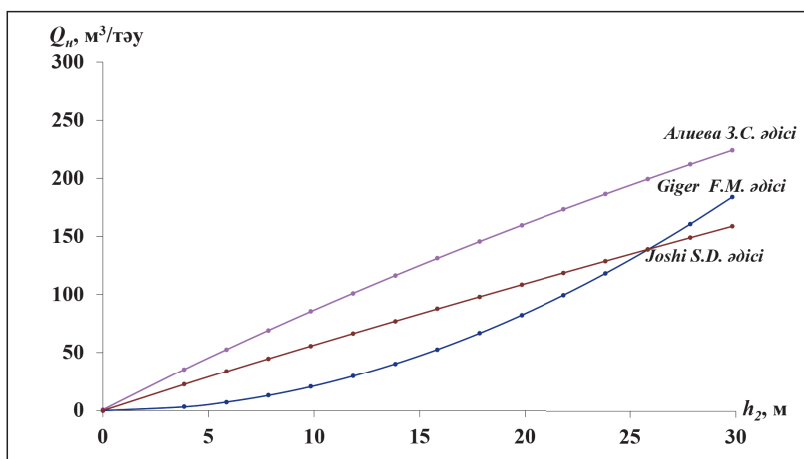


2-сурет – Әртүрлі оқпан ұзындығы кезінде горизонтальды мұнай ұңғымасының шектік сусыз өнімінің СМШ  $h_2$  қашықтығына тәуелділігі (Joshi S.D.)



3-сурет – Өртүрлі оқпан ұзындығы кезінде горизонтальды мұнай ұңғымасының шектік сусыз өнімінің СМШ  $h_2$  қашықтығына тәуелділігі (Giger F.M.)

1-3-суреттерден барлық әдістер  $h_2$  қашықтығының және горизонтальды оқпан бөлігінің ұзындығының өсуімен бірге горизонтальды мұнай ұңғымасының шектік сусыз дебитінің артуын көреміз. Фрагменттің горизонтальды оқпан ұзындығын ашуды арттыру, қабат депрессиясының шамасын төмендетуді және ұңғыманың түбтік сумен сулануын минимумға келтіруді мүмкін етеді. Мысалы,  $h_2=30$  м,  $L_{гор}=600$  м болған кезде Giger F.M. әдісімен анықталған мұнай ұңғымасының шектік сусыз дебиті  $Q_{м.сусыз}=441$  м³/тәу болып шықты, ал  $h_2=20$  м болған кезде ұңғыма дебиті  $Q_{м.сусыз}=197$  м³/тәу дейін төмендейді. Оқпан ұзындығын  $\Delta L_{гор}=200$  м және  $\Delta L_{гор}=400$  м етіп үлкейту, оқпан ұзындығы  $L_{гор}=200$  м болған кездегі дебитпен салыстырғанда  $Q_{м.сусыз}$  20% және 50% дейін өсуіне әкеледі (4-суретті қараңыз).




4-сурет –  $L_{гор}=300$  м болған кезде горизонтальды мұнай ұңғымасының шектік сусыз өнімінің СМШ  $h_2$  қашықтығына тәуелділігі, әр түрлі әдістерді қолданғанда



4-суретте  $L_{гор}=300$  м болған кезде жоғарыда айтылған әдістермен есептелген шектік сусыз өнімінің шамаларын салыстыру көрсетілген. Бұл суреттен әр түрлі шектік шарттармен және дренаждау аймағының геометриялық пішіндерімен байланысты әдістермен есептелген шектік өнімінің шамаларында айырмашылық бар екені көрінеді.

Келесіні ескере кеткен жөн, қазіргі уақытта Алиев З.С. және басқаларымен горизонтальды мұнай ұңғымасының сусыз өнімін анықтайтын дәл сандық әдістер жасалынған. Бұл әдістер горизонтальды оқпан ұзындығы бойынша түптік қысым өзгерісін, қабат біртексіздігін және әр түрлі сыйымдылық пен фильтрациялық қасиеті бар кен орындарының геолого-математикалық модельдерін қолданатын конус түзілу процессінің тұрақсыздығын ескереді [7- 13].

**Қорытынды.** Полосообраз тәрізді кен орнын ашқан горизонталь ұңғыманың мұнай өнімінің мөлшері ұңғыма оқпанын қабаттың қалыңдығы бойынша асимметриялық орналастыру кезінде азаятыны анықталды. Оқпанды жабынға немесе табанға бірдей деңгейде жылжыту көлденең ұңғыманың өніміне әсер етеді. Қабат қалыңдығының  $h=30$  м қабылданған шамасына байланысты горизонталь мұнай ұңғымасындағы өнімінің ең көп азаюы симметриялы орналасқан өніммен салыстырғанда 9,5%-ды құрады.

Барлық әдістердің су-мұнай шекарасы  $h_2$  арақашықтығының және горизонталь ұңғыма бөлігінің ұзындығының өсуінен горизонталь мұнай ұңғымасындағы шектік сусыз өнімінің көбеюін көрсететіні анықталды. Фрагментті ашу толықтығын (горизонталь оқпанның ұзындығын) ұлғайту қабатқа қатысты депрессияның көлемін азайтуға мүмкіндік беріп, ұңғыманың табан суларымен сулану мүмкіндігін минимумға түсіреді. 

## ӘДЕБИЕТТЕР

- 1 Сейтжанов С.С. Диссертация «Разработка методов обоснования производительности горизонтальных нефтяных скважин при различных формах зоны дренирования». – РГУ нефти и газа (НИУ) им. И. М. Губкина, 2011. - 144 с. [Seitzhanov S.S. Dissertaciya «Razrabotka metodov obosnovaniya proizvoditel'nosti gorizontaľnyh neftnyah skvazhin pri razlichnyh formah zony drenirovaniya». – RGU nefti i gaza (NIU) im. I. M. Gubkina, 2011. - 144 p].
- 2 Алиев З.С., Сейтжанов С.С. Метод определения текущей длины горизонтального участка нефтяной скважины в условиях истощения залежи // Нефть, газ и бизнес. – 2010. – №12. – С. 80-82. [Aliiev Z.S., Seitzhanov S.S. Metod opredeleniya tekushchej dliny gorizontaľnogo uchastka neftnojoj skvazhiniy v usloviyah istoshcheniya zalezhi // Neft', gaz i biznes. – 2010. – №12. – S. 80-82].
- 3 Giger F.M. The Reservoir Engineering Aspects of Horizontal Drilling. Paper presented at the SPE Annual Technical Conference and Exhibition, Houston, Texas, September 1984. Paper Number: SPE-13024-MS
- 4 Giger F.M. Analytic Two-Dimensional Models of Water Cresting Before Breakthrough for Horizontal Wells. Reservoir Engineering. Nov., 1989 Paper Number: SPE-15378.
- 5 Joshi S.D. Horizontal well technology. Monograph. – Oklahoma, 1991. - 535 p.
- 6 Joshi S.D. Augmentation of well productivity with slant and horizontal wells". Paper presented at the SPE Annual Technical Conference and Exhibition, New Orleans, Louisiana, October 1986. Paper Number: SPE-15375-MS

- 7 Ермолаев А.И., Ефимов С.И., Харитонов И.П., Методы интенсификации притока газа к скважинам подземного хранилища газа - оценка масштабов применения // Наука и техника в газовой промышленности. – 2021. – №3. – С. 73-79 [Ermolaev A.I., Efimov S.I., Kharitonov I.P., Metody intensivifikacii pritoka gaza k skvazhinam podzemnogo hranilishcha gaza - ocenka masshtabov primeneniya // Nauka i tekhnika v gazovoj promyshlennosti. – 2021. – №3. – S. 73-79].
- 8 Насрадин А.Ж., Танжариков П.А., Сулейменов Н.С. Кен орындарында мұнайды сусыздандыруды зерттеу және жетілдіру // Нефть и газ. – 2022. – № 5 (131). – С. 87-95. [Nasradin A.ZH., Tanzharikov P.A., Sulejmenov N.S. Ken oryndarynda munajdy susyzdandyrudy zertteu zhene zhetildiru // Neft' i gaz. – 2022. – № 5 (131). – S. 87-95].
- 9 Кожин В.Н., Демин С.В., Бакиров И.И. Изучение новых способов разработки карбонатных залежей, имеющих контактные водонефтяные зоны // Нефтяная провинция. – 2023. – № 3 (20). – С. 129–139. [Kozhin V.N., Demin S.V., Bakirov I.I. Izuchenie novyh sposobov razrabotki karbonatnyh zalezhej, imeyushchih kontaktnye vodoneftyanye zony // Neftyanaya provinciya. – 2023. – № 3 (20). – S. 129–139].
- 10 Бакиров И.И., Бакиров А.И., Бакиров И.М. Опыт разработки карбонатных отложений с активной водонефтяной зоной // Нефтяная провинция. – 2019. – № 4. – С. 129–139. [Bakirov I.I., Bakirov A.I., Bakirov I.M. Opyt razrabotki karbonatnyh otlozhenij s aktivnoj vodoneftyanoj zonoj // Neftyanaya provinciya. – 2019. – № 4. – S. 129–139].
- 11 Борисов Ю.П., Пилатовский В.П., Табаков В.П. Разработка нефтяных месторождений горизонтальными и многозабойными скважинами. – М.: Недра, 1964. – 154 с. [Borisov YU.P., Pilatovskij V.P., Tabakov V.P. Razrabotka neftyanyh mestorozhdenij gorizontal'nymi i mnogozabojnymi skvazhinami. – M.: Nedra, 1964. – 154 s].
- 12 Renard G.I., Dupug J.M. Influence of Formation Damage on the flow Efficiency of Horizontal Wells. Paper SPE 19414, Presented at the Formation Damage Control Symposium, Lafayette, Louisiana, February 22- 23, 1990
- 13 Сулейменов Н.С. Факторы, влияющие на снижение гидропроводности призабойной зоны скважины // Нефть и газ. – 2021. – № 6 (126). – С. 100-109. [Sulejmenov N.S. Faktory, vliyayushchie na snizhenie gidroprovodnosti prizabojnoj zony skvazhiny // Neft' i gaz. – 2021. – № 6 (126). – S.100-109].