

УДК 622.276.434; <https://doi.org/10.37878/2708-0080/2020.016>

## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДА ФИГУРНОГО ЗАВОДНЕНИЯ



**К.Т. БИСЕМБАЕВА<sup>1</sup>**,  
кандидат технических  
наук, доцент,  
[https://orcid.org/0000-0002-  
8213- 7128](https://orcid.org/0000-0002-8213-7128)



**А.К. БИСЕМБАЕВА<sup>2</sup>**,  
специалист службы  
разработки нефтяных  
и газовых  
месторождений,  
[https://orcid.org/0000-0003-  
3718- 4280](https://orcid.org/0000-0003-3718-4280)



**Б.Н. КОЙЛЫБАЕВ<sup>1</sup>**,  
докторант,  
[https://orcid.org/0000-0002-  
8471- 5104](https://orcid.org/0000-0002-8471-5104)

<sup>1</sup>Каспийский государственный университет технологий  
и инжиниринга им Ш. Есенова,  
Республика Казахстан, 130003, г. Актау, 32 мкр.

<sup>2</sup>ТОО «Проектный институт «ОПТИМУМ»  
Республика Казахстан, 130000, г. Актау, 3 мкр., зд. 23

*Важная роль в обеспечении рациональных темпов отбора при наиболее высоких значениях коэффициентов компонентоотдачи пласта принадлежит методам регулирования разработки нефтяных и газовых месторождений.*

*Применяемые методы позволили наиболее максимальными темпами вести отбор извлекаемых запасов нефти, но, тем не менее, со временем выявилось множество отдельных участков залежи, запасы которых вырабатывались низкими темпами.*

*Поэтому для улучшения процессов выработки трудноизвлекаемых запасов в этих участках, зонах применяются дополнительные методы воздействия путем нагнетания в пласт некоторого объема воды через новые нагнетательные скважины, созданные путем бурения или переводом действующих высоко-обводненных скважин под закачку. Одновременно в действующих скважинах проводятся работы по увеличению их производительности.*

*В данной статье рассматривается применение метода фигурного заводнения*

\*Автор для переписки. E-mail: [karlygasha\\_bissemb74@mail.ru](mailto:karlygasha_bissemb74@mail.ru)

как дополнительного метода регулирования процесса разработки месторождения Узень. Приводятся результаты анализа эксплуатации нефтяных участков фигурного заводнения. Проведено исследование по выявлению технологического эффекта от применения метода фигурного заводнения. Фигурное заводнение способствовало возникновению нестационарного состояния фильтрации жидкости по пластам, которое привело к снижению обводненности продукции скважин по ранее работающим интервалам, а также по некоторым участкам. Этот метод благоприятно повлиял на ход процесса разработки путем подключения к эксплуатации новых продуктивных интервалов. Включение в разработку новых продуктивных пластов и пропластков привело к увеличению дебитов скважин и добычи нефти, а также одновременно к снижению дебитов, добычи жидкости и обводненности.

Количественная оценка эффективности проведена путем сопоставления соответствующих фактических и расчетных технологических показателей. В работе приведены аналитические формулы, с помощью которых были рассчитаны изменения анализируемых данных на случай, если не было бы указанного метода. Определены расчетные величины дебитов нефти, жидкости и обводненности участков XIV и XV горизонтов в предположении, если не было бы фигурного заводнения.

Представлены результаты расчетов технологических показателей и обработки фактических данных, а также технологические преимущества отдельных участков. В работе установлено, что применение фигурного заводнения в комплексе будет позволять полное подключение в работу новых нефтенасыщенных пластов, если будут созданы новые самостоятельные системы обустройства по обеспечению соответствующими гидродинамическими параметрами давлений на устьях и на забоях нагнетательных и добывающих скважин.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** лабораторные эксперименты, методы воздействия, нагнетательные и добывающие скважины, гидродинамический расчет, сетка скважин.

## КҮРДЕЛІ СУ ТОҒЫТУ ТӘСІЛІНІҢ ТИІМДІЛІГІН БАҒАЛАУ

**К.Т. БИСЕМБАЕВА**<sup>1</sup>, техника ғылымының кандидаты, Ш. Есенов атындағы Каспий мемлекеттік технологиялар және инжиниринг университетінің доценті, <https://orcid.org/0000-0002-8213-7128>  
**А.К. БИСЕМБАЕВА**<sup>2</sup>, «ОПТИМУМ» Жобалау институты» ЖШС кен орнын игеру қызметінің маманы, <https://orcid.org/0000-0003-3718-4280>

**Б.Н. КОЙЛЫБАЕВ**<sup>1</sup>, Ш. Есенов атындағы Каспий мемлекеттік технологиялар және инжиниринг университетінің докторанты, <https://orcid.org/0000-0002-8471-5104>

<sup>1</sup>Ш. Есенов атындағы Каспий мемлекеттік технологиялар және инжиниринг университеті,  
Қазақстан Республикасы, 130003, Актау, 32 шағын аудан

<sup>2</sup>«ОПТИМУМ» Жобалау институты» ЖШС  
Қазақстан Республикасы, 130000, Актау, 3 шағын аудан, 23 ғимарат

*Қабатты компонентбергіштік коэффициенттерінің неғұрлым жоғары мәндерінде ұтымды қарқынмен игеруді қамтамасыз етудегі маңызды рөл мұнай және газ кен орындарын игеруді реттеу әдістеріне жатады.*

*Қолданылатын әдістер мұнай қорларын игеруді ең жоғары қарқынмен алуды жүргізуге мүмкіндік берді, алайда, уақыт өте келе қорлары төмен қарқынмен өндірілген кеніштердің көптеген жеке учаскелері анықталды.*

*Сондықтан, осы учаскелердегі қиын алынатын қорларды өндіру процесін жақсарту үшін, оларды бұрғылау немесе жұмыс істеп тұрған жоғары суланған ұңғымаларды айдауға ауыстыру арқылы жаңа айдау ұңғымалары арқылы қабатқа судың кейбір көлемін айдау*

жолымен әсер етудің қосымша әдістері қолданылады. Осымен бір уақытта жұмыс істеп тұрған ұңғымаларда олардың өнімділігін арттыру бойынша жұмыстар да жүргізіледі.

Бұл мақалада Өзен кен орнын игеру процесін реттеудің қосымша әдісі ретінде фигуралық суландыру әдісін қолдану қарастырылады. Су тоғытуы мұнай учаскелерін пайдалануды сараптау нәтижелері келтіріледі. ФСУ тоғытуы әдісін қолданудың технологиялық әсерін анықтау бойынша зерттеу жүргізілді. Фигуралық суайдау қабаттар бойынша сұйықтықты сүзудің стационарлық емес жағдайының пайда болуына ықпал етті, ол бұрын жұмыс істеп тұрған аралықтар бойынша, сондай-ақ кейбір учаскелер бойынша ұңғыма өнімдерінің сулануының төмендеуіне әкелді. Бұл әдіс жаңа өнімді аралықтарды пайдалануға қосу арқылы игеру процесінің барысына жағымды әсер етті. Жаңа өнімді қабаттар мен қабатшаларды игеруге қосу ұңғымалар өнімін және мұнай өндірудің ұлғаюына, сонымен қатар өніммен, сұйықтық өндірілуі мен суланудың төмендеуіне әкелді.

Түімділікті сандық бағалау тиісті нақты және есептік технологиялық көрсеткіштерді салыстыру жолымен жүргізілді. Жұмыста аналитикалық формулалар келтірілген, егер көрсетілген әдіс болмаған жағдайда олардың көмегімен талданатын деректердің өзгерісі есептелген. Мұнай, сұйықтық дебиттерінің және XIV және XV горизонттар учаскелерінің сулануының есептік шамалары, егер фигуралық сулану болмаса, болжамда анықталған.

Технологиялық көрсеткіштерді есептеу және нақты деректерді өңдеу нәтижелері, сондай-ақ жеке учаскелердің технологиялық артықшылықтары ұсынылған. Мақалада егер айдау және өндіру ұңғымаларының сағалары мен түптік қысымның тиісті гидродинамикалық параметрлерімен қамтамасыз ету бойынша жайғастырудың жаңа дербес жүйелері құрылса, онда кешенде фигуралық суландыруды қолдану жаңа мұнайға қаныққан қабаттарды жұмысқа толық қосуға мүмкіндік беретіні орнатылды.

**ТҮЙІН СӨЗДЕР:** лабораториялық зерттеулер, әсер ету әдістері, айдау және өндіру ұңғымалары, гидродинамикалық есептеу, ұңғы торы.

## EFFICIENCY ESTIMATION OF THE FIGURE FLOODING METHOD

**K.T. BISSEMBAYEVA**<sup>1</sup>, candidate of technical science, associated professor,  
<https://orcid.org/0000-0002-8213-7128>

**A.K. BISSEMBAYEVA**<sup>2</sup>, specialist of development department «Project institute «OPTIMUM» LLP,  
<https://orcid.org/0000-0003-3718-4280>

**B.N. KOILYBAYEV**<sup>1</sup>, student of doctor PhD, <https://orcid.org/0000-0002-8471-5104>

<sup>1</sup>Caspian State University of Technology  
and Engineering named after Sh. Yessenov,  
The Republic of Kazakhstan, 130003, Aktau, 3 microdistrict

<sup>2</sup>«Project institute «OPTIMUM» LLP  
The Republic of Kazakhstan, 130000, Aktau, 3 microdistrict, 23 building

*Methods of regulating the development of oil and gas fields play an important role in ensuring rational selection rates at the highest values of reservoir component recovery coefficients.*

*The applied methods allowed the most rapid selection of recoverable oil reserves, but nevertheless, over time, many individual areas of the deposit were identified, whose reserves were developed at a low rate.*

*Therefore, to improve the development of hard-to-recover reserves in these areas, zones, additional methods of influence are used by injecting a certain volume of water into the reservoir through new injection wells created by drilling them or transferring existing high-water wells for injection. At the same time, work is being carried out in existing wells to increase their productivity.*

*This article discusses the application of figure flooding method as an additional method of regulating the development process of the Uzen deposit. The authors presented the results*

*of analysis of exploitation of oil areas of figure flooding. A study was conducted to identify the technological effect of the use of the figure flooding method. Figure flooding contributed to unsteady state fluid flow in reservoirs, which led to the reduction of water production wells before working intervals and also in some areas. This method has had a positive impact on the development process by connecting new production intervals to the operation. The inclusion in the development of new productive formations and layers led to an increase in the flow rates of wells and oil production, as well as simultaneously to a decrease in the flow rates, liquid production and water cut.*

*The quantitative assessment of efficiency was carried out by comparing the corresponding actual and calculated technological indicators. The paper presents analytical formulas that were used to calculate changes in the analyzed data in case there was no specified method. The calculated values of oil and liquid flow rates and water level of sections of the XIV and XV horizons were determined under the assumption that there would be no figure flooding.*

*The results of calculations of technological indicators and processing of actual data, as well as the technological advantages of individual sections are presented. It is established that the use of shaped flooding in the complex will allow full connection to the work of new oil-saturated reservoirs, if new independent systems of arrangement are created to ensure the appropriate hydrodynamic parameters of pressure at the mouths and faces of injection and production wells.*

**KEY WORDS:** *laboratory experiments, methods of stimulation, injection and production wells, hydrodynamic calculation, well pattern.*

**В** настоящее время с целью повышения извлекаемых запасов нефтяных месторождений, особенно в трудноизвлекаемых участках, зонах применяются дополнительные методы воздействия путем нагнетания в пласт воды. Однако не всегда достигаются желаемые результаты из-за изменения структурного пространства коллекторов, а также несовершенства методов воздействия.

Методы воздействия, применяемые при разработке многопластовых нефтяных, нефтегазовых и газовых месторождений, всегда вызывают различные трудности, которые сопровождаются интенсивными процессами обводнения продуктивных пластов, снижением объемов добываемой нефти, а также другими технологическими и геологическими осложнениями, которые приводят к ухудшению технологических процессов в целом [1, 2]. Поэтому в определенный период времени на разрабатываемых месторождениях проводятся отдельные и комплексные технологические мероприятия с целью улучшения процесса выработки запасов нефти из сложно-построенных участков эксплуатационных объектов.

Возникла необходимость научного обоснования и внедрения в практику внутриконтурного воздействия путем разрезания залежи рядами нагнетательных скважин на площади самостоятельной эксплуатации.

Внутриконтурные методы воздействия были созданы при определенных геолого-физических условиях, когда предыдущие системы разработки не обеспечивали должного технологического и экономического эффектов [3].

В настоящее время успешно применяются такие методы воздействия, как внутриконтурное разрезание залежи нефти на самостоятельные блоки (площади) разработки, очаговое, избирательное и площадное заводнения [4]. Эти методы воздействия являются одними из главных систем разработки, которые позволяют наиболее всесторонне развивать полноту вытеснения нефти из пласта водой.

Результаты исследований позволили выявить влияние на производительность пласта и дебитов скважин таких факторов, как неоднородное строение залежи по проницаемости, толщине и пористости трещиноватости пласта; водонефтяная зона; капиллярные силы; параметры сетки скважин; системы заводнения, вязкости нефти, воды и газа; работающая толщина, градиент давления [5, 6].

При применении методов воздействия необходимо своевременно, научно обоснованно регулировать процесс разработки нефтяных залежей, которые эксплуатируются при различных геолого-физических условиях. Это значительно увеличивает темпы извлечения запасов нефти, уменьшает добычу попутной воды, повышает эффективность воздействия, улучшает условия работы подземного и наземного оборудования для добычи нефти, увеличивает нефтеотдачу пластов и улучшает экономические показатели.

Лабораторные эксперименты [7] по вытеснению взаиморастворимых жидкостей различной вязкости показали, что при этом может быть достигнуто практически полное замещение нефти вытесняющим агентом. Доказано, что при вытеснении нефти из однородной пористой среды растворителем коэффициент вытеснения будет близок к единице. Это объясняется рядом отличительных особенностей процесса вытеснения взаиморастворимых флюидов, важнейшими из которых являются: изменение физических свойств в зоне контакта, перемешивание их в порах, возникновение эффекта массопереноса под действием молекулярной диффузии.

Исследователи Д.Р. Крейг и Дж.А. Брей [8] провели лабораторные эксперименты по вытеснению нефти из загазованных и обводненных пористых сред. Практика разработки нефтяных месторождений показала, что при вытеснении нефти водой в присутствии свободного газа из пласта извлекается не весь газ, некоторая его часть задерживается в порах коллектора и оказывается практически неподвижной. Указанные исследователи доказали, что подвижность газовой смеси больше подвижности чистой воды и показали путем лабораторных экспериментов, что коэффициент конечной нефтеотдачи увеличится примерно на 20%. Поэтому процесс последовательного нагнетания газа и воды обеспечивает более высокую нефтеотдачу по сравнению с заводнением при нулевой газонасыщенности.

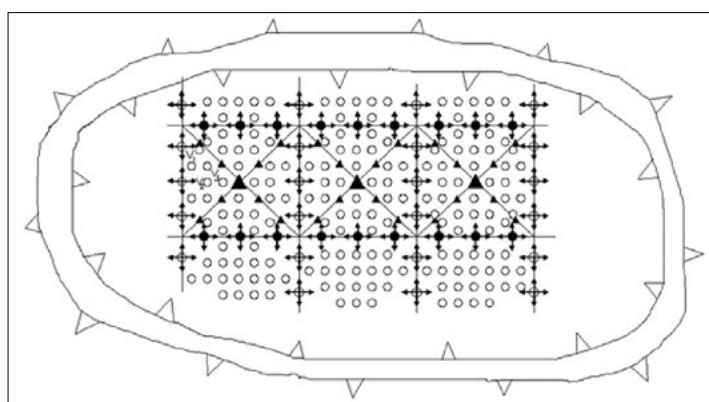
Было изучено поведение подошвенной воды в нефтяной залежи, приуроченной к трещиноватому коллектору [4]. Доказано, что если водонефтяной контакт не достиг еще интервала перфорации, то поступление воды в скважину может быть обусловлено продвижением ее по отдельным путям, образованным трещинами. Рекомендуется, что в трещиноватых коллекторах необходимо увеличить расстояние между ВНК и интервалом перфорации с целью продлить безводный период эксплуатации скважин и использовать этот способ как один из методов регулирования эксплуатации добывающих скважин.

Разработка любого нефтяного месторождения сопровождается проявлением множества факторов, которые отрицательно влияют на весь ход процесса движения флюидов по продуктивным каналам к забоям добывающих скважин.



Среди них наиболее важными являются такие, как: прерывистость пласта, многопластовость залежи или эксплуатационного объекта, неоднородный состав нефти, расположения добывающих и нагнетательных скважин и режим их работы.



Как показала практика эксплуатации нефтяных месторождений, указанные факторы в ходе процесса добычи нефти из залежи проявляются одновременно и выделить среди них наиболее активно действующих не представляется возможным. Поэтому для улучшения процесса движения жидкости по пластам применяются различные методы воздействия путем усовершенствования ранее запроектированной системы заводнения [9].

Для интенсификации выработки запасов нефти из сложно построенных залежей дополнительно к блоковой системе воздействия на практике месторождения Узень были внедрены системы ступенчатого и фигурного заводнений, которые при конкретных геолого-промысловых условиях позволяют подключить в работу отдельные продуктивные интервалы пластов и пропластков [10]. Схема расположения скважин при указанных системах заводнения показана на *рисунке 1*.



**Рисунок 1 – Схема расположения ступенчатого и фигурного разрезающих нагнетательных рядов и их участков**



 – соответственно, нагнетательные скважины блоковой, ступенчатого и фигурного разрезающих рядов; ○ – добывающие скважины;  



 – внешний и внутренний контуры нефтеносности

Был проведен анализ состояния эксплуатации нефтяных участков фигурного заводнения (ФЗ). Этот вид заводнения был обоснован и предложен для совершенствования системы воздействия на месторождении Узень учеными-нефтяниками России, т. е. сотрудниками Всероссийского научно-исследовательского института нефти и газа им. А.П. Крылова, и сущность его заключается в том, что в пределах полей СЗ от углов к центральной части бурят новые диагональные ряды нагнетательных скважин, длину которых определяют с учетом расположения пробуренных добывающих скважин [11]. В новых нагнетательных скважинах перфорацию производят избирательно (перфорируют только необходимые пласты) и для них создают дифференцированное давление нагнетания в зависимости от проницаемости пластов. Используя диагональные и ограничивающие ряды нагнетательных скважин, производят разносторонние изменения направления закачки воды и потоков пластовых флюидов. Для повышения эффективности применения диагональных рядов, при необходимости, бурят дополнительные добывающие скважины, а в центре

участка – добывающую скважину, которая вместе с большими четырьмя нагнетательными скважинами диагональных рядов образует регулярную пятиточечную систему площадного заводнения. Вообще, ФЗ можно определить как заводнение при диагональном размещении нагнетательных скважин внутри поля. С помощью этой технологии не только изменяют направление закачки воды и потоков пластовых жидкостей внутри нефтяного участка, но и создается вращательное движение этих потоков (эффект от которого тем выше, чем однороднее геологическое строение пластов) последовательным включением в работу диагональных рядов.

Анализ динамики основных технологических показателей разработки указанного участка свидетельствует о том, что внедрение фигурного заводнения способствовало снижению дебитов, добычи нефти, жидкости соответственно на 50%, 61,3%, 31,7% и 46,7%. При этом обводненность продукции скважин снизилась на 11,3%, т. е. добыча попутной воды уменьшилась на 72 тыс. тонн, или на 64,2%. Это свидетельствует о том, что в ходе процесса эксплуатации участка с внедрением фигурного заводнения новые интервалы (пласты) не были подключены к разработке. Такие факты встречаются и по другим участкам фигурного заводнения.

Из вышеизложенного следует, что фигурное заводнение способствовало возникновению нестационарного состояния фильтрации жидкости по пластам, которое привело к снижению обводненности продукции скважин по ранее работающим интервалам, а также по некоторым участкам. Этот метод благоприятно повлиял на ход процесса разработки путем подключения к эксплуатации новых продуктивных интервалов. Последнее привело к увеличению дебитов скважин и добычи нефти, а также одновременно к снижению дебитов, добычи жидкости и обводненности.

Для проведения количественной оценки величины технологической эффективности фигурного заводнения были рассчитаны величины дебитов нефти, жидкости и обводненности по нефтяным участкам после внедрения указанного метода, в предположении, если не было бы данного метода. В качестве примера рассматриваются участки II<sup>A</sup>-2, IV-2, V<sup>A</sup>-2 XIV и III<sup>A</sup>-2 XV горизонтов. Для определения расчетных величин на случай отсутствия рассматриваемого метода была использована динамика фактических показателей до внедрения мероприятий.

При этом фактические показатели до применения фигурного заводнения были обработаны методом наименьших квадратов и созданы аналитические формулы, с помощью которых были рассчитаны изменения анализируемых данных на случай, если не было бы указанного метода. Результаты обработки приведены в *таблице 1*.

Используя вышеприведенные формулы, были определены расчетные величины дебитов нефти, жидкости и обводненности указанных участков XIV и XV горизонтов в предположении, если не было бы фигурного заводнения.

Результаты расчетов и обработки фактических данных, а также оценки величин технологической эффективности указанных участков приведены в *таблице 2*. Из нее видно, что дополнительно добыто по четырем участкам 487,9 тыс. т нефти.

Таким образом, получены формулы, с помощью которых можно определить дебиты скважин добывающих рядов. Путем проведения гидродинамических расчетов установлено, что применение фигурного заводнения в комплексе будет позволять полное подключение в работу новых нефтенасыщенных пластов, если будут созданы


Таблица 1 – Аналитические формулы для определения расчетных технологических показателей с целью оценки эффективности фигурного заводнения

Горизонт	Участок	Дебиты, т / сут		Обводненность продукции, В
		Нефти	жидкости	
XIV	II <sup>а</sup> -2	$q_{\text{H}}^{\text{p}}=14,3-0,607 \cdot t$	$q_{\text{ж}}^{\text{p}}=39,4-1,15 \cdot t$	$B=74,8-1,35 \cdot t$
XIV	IV-2	$q_{\text{H}}^{\text{p}}=25,7 \cdot 2^{-0,2 \cdot t}$	$q_{\text{ж}}^{\text{p}}=43,6+0,317 \cdot t$	$B=27-0,471 \cdot t$
XIV	V <sup>а</sup> -2	$q_{\text{H}}^{\text{p}}=11,3-0,69 \cdot t$	$q_{\text{ж}}^{\text{p}}=27,2+0,7 \cdot t$	$B=66,1+0,59 \cdot t$
XV	III <sup>а</sup> -2	$q_{\text{H}}^{\text{p}}=7,4 \cdot 2,1^{-0,22 \cdot t}$	$q_{\text{ж}}^{\text{p}}=15,4 \cdot 1,9^{-0,1 \cdot t}$	$B=10,2 \cdot 2,2^{-0,11 \cdot t}$

Таблица 2 – Результаты технологической эффективности участков фигурного заводнения

Участки	Горизонт	Добыча, тыс. т				Обводненность В, %		Дополнительно добытая нефть, тыс. т.	Изменения объема попутно добываемой воды, тыс. т.
		при фигурном заводнении		без фигурного заводнения		при фигурном заводнении	без фигурного заводнения		
		Жидкость	нефть	Жидкость	нефть				
II <sup>а</sup> -2	XIV	920,	368,1	1213,3	347,9	60,0	71,3	20,2	-313,2
III <sup>а</sup> -2	XV	380,9	184,6	371,1	108,4	51,5	70,8	76,2	-66,4
IV-2	XIV	1531,5	364,2	1646,2	188,6	76,2	88,5	175,6	-290,3
V <sup>а</sup> -1	XIV	1379,2	565,7	2098,7	349,8	58,9	83,3	215,9	-935,4
Всего		4211,9	1482,6	5329,3	994,7	64,8	81,3	487,9	-1605,3

новые самостоятельные системы обустройства по обеспечению соответствующими гидродинамическими параметрами давлений на устьях и на забоях нагнетательных и добывающих скважин.

Для увеличения объема добычи жидкости необходимо произвести уплотнение сетки скважин на участках фигурного воздействия в два раза. 

## REFERENCES

- [1] Айткулов А.У. и др. Пути повышения нефтеотдачи пластов месторождений Казахстана. Алматы, 2002. 332 с. [Aytkulov A.U. and ect. The ways of raise oil recovery in oil deposits of Kazakhstan. Almaty, 2002. (In Russ.)]
- [2] Айткулов А.У. Эффективность технологий разработки. Германия, 2015. 256 с. [Aytkulov A.U. Efficiency of technology development. Germany, 2015. (In Russ.)]
- [3] Бисембаева К.Т., Айсаяева Т., Жолбасарова А.Т. Дебит скважины при вторичной стимуляции. Международный журнал техники и технологий. 2018;7 / 4:376–379.



- [Bissembayeva K.T., Aissayeva T., Zholbassarova A.T. Well flow rates at secondary well stimulation. *International journal of engineering and technology*. 2018;7 / 4.7:376–379. (In Russ.)]
- [4] Бисембаева К.Т. *Совершенствование методов воздействия на нефтяные залежи многопластового месторождения*. Актау: Полиграф; 2015. 103 с. [Bissembayeva K.T. *Improvement of influencing methods on oil reservoir of multilayer deposits*. Aktau: Polygraph; 2015. (In Russ.) ]
- [5] Craig F.F. *The Reservoir Engineering Aspects of Waterflooding*. Doherty Memorial Fund of AIME in Richardson. Tex. SPE Monograph Series. Vol. 3. 1993. P. 134.
- [6] Terry R.E., Rogers J.B. «Applied petroleum reservoir engineering», Prentice Hall, Pearson Education, Inc. New Jersey. 3rd ed. 2014.
- [7] Delamaide E., Bazin B., Rousseau D., Degre G. Chemical EOR for Heavy Oil: The Canadian Experience. SPE EOR Conference at Oil and Gas. West Asia, Muscat, Oman. 2014.
- [8] Kreyg D.R., Brey D.A. [Oil displacement by gas and miscible phase] *Materialy VIII Mirovogo neftyanogo kongressa. Diskussionnyj simpozium-9. «Dobycha uglevodorodov na pozdnej stadii razrabotki mestorozhdenij»* [Materials of the VIII World Petroleum Congress. Discussion symposium-9. «Recovery of hydrocarbons at a late stage of field development»], Moscow, 1971, pp. 84–111. (In Russian)
- [9] Aytkulov A.U., Bissembayeva K.T. [Regulating the process of developing a The Reservoir multi-layered field using figure flooding methods]. *Materialy VI Kazhstansko-Rossijskoj mezhd. nauchno-prakticheskoj konferencii «Matematicheskoe modelirovanie nauchno-tekhnologicheskij i ekologicheskij problem v neftegazodobyvayushchej promyshlennosti»* [Materials of the VI Kazakhstan-Russian International Scientific and Practical Conference «Mathematical modeling of scientific and technological and environmental problems in the oil and gas industry»]. Астана, 2007, pp. 10–14. (In Russian)
- [10] Муллаев Б.Т., Абитова А.Ж., Саенко О.Б., Туркменбаева Б.Ж. – *Месторождение Узень: Проблемы и решения*. Алматы, 2016. 424 с. [Mullayev B.T., Abitova A.Zh., Saenko O.B., Turkmenbayeva B.Zh. *Uzen field: Problems and solutions*. Almaty: 2016. (In Russ.)]
- [11] Айткулов А.У. *Повышение эффективности процесса регулирования разработки нефтяных месторождений*. М.: ОАО ВНИИОЭНГ; 2000. 227 с. [Aytkulov A.U. *Improving the efficiency of the process of regulating the development of oil fields*. Moscow: OJSCVNIOENG; 2000. (In Russ.)]