

УДК 622.276.57

DOI. 10.37878/2708–0080/2020.003

ТЕХНОЛОГИЯ ОГРАНИЧЕНИЯ ВОДОПРИТОКА К ДОБЫВАЮЩЕЙ СКВАЖИНЕ



Э.М. БАТЫРБАЕВ*,
директор по науке

SilkRoadOil,
3632 Harley Avenue, FortWorth. Texas

Приведен обзор методов и технологий восстановления производительности скважин. Осложнения эксплуатации месторождений (на поздней стадии разработки) связаны с работой как добывающих, так и нагнетательных скважин. Акустическое – волновое воздействие давлением на призабойную зону скважин, являясь экологически чистым методом, способно вызывать заметные положительные изменения фильтрационных и коллекторских свойств, не образуя при этом новых неоднородностей, таких, например, как при гидроразрыве пласта, которые могут привести к увеличению текущей нефтедобычи, но могут и ухудшить нефтеотдачу пласта в целом. В Республике Казахстан по технологии волнового воздействия давлением были проведены промышленные работы на месторождениях им. С. Балгимбаева (10 скважин), Ботахан, Восточный Молдабек, Кондыбай, Северный Жолдыбай, Уз (20 скважин) – на добывающих скважинах работы по изоляции водопритока.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: месторождения АО «Эмбаунагаз», Молдабек Восточный, С. Балгимбаева, ограничение водопритока, гидравлический генератор колебания давления, гидроимпульсный струйный насос.

ӨНДІРУШІ ҰҢҒЫМАҒА СУКЕЛІМДІ ШЕКТЕУ ТЕХНОЛОГИЯСЫ

Э.М. БАТЫРБАЕВ*, ғылым бойынша директор

SilkRoadOil,
3632 Harley Avenue, FortWorth. Texas

*Автор для переписки. E-mail: batyrbaev1958@gmail.com.

Ұңғымалардың өнімділігін қайта қалпына келтіру әдістері және технологияларына шолу жасалған. Кенорнын пайдалану (өңдеудің соңғы кезеңінде) қиындығы өндіруші, сондай-ақ, айдау ұңғымаларының жұмыстарына байланысты. Ұңғыманың кенжар аймағына қысыммен акустикалық-толқынды ықпал ету, экологиялық таза әдіс бола тұра, ағымдағы мұнай өндірісінің ұлғаюына әкелетін, алайда, жалпы қыртыстың мұнайберуін нашарлата алатын, жаңа әртектілікті құрмай-ақ, мысалы, жер қойнауқатын сумен ажырату кезіндегідей, сүзілімдік және жинауыштық қасиеттерінің елеулі оң өзгерістеріне әкелуі мүмкін. Қазақстан Республикасында қысыммен толқынды ықпал ету технологиясы бойынша С. Балгимбаева атындағы (10 ұңғыма), Ботахан, Шығыс Молдабек, Кондыбай, Солтүстік Жолдыбай, Уаз (20 сұңғыма) кенорындарында өндіруші ұңғымаларда сукелімді шектету бойынша өнеркәсіптік жұмыстар өткізілді.

НЕГІЗГЕ СӨЗДЕР: «Эмбамұнайгаз» АҚ, Шығыс Молдабек, С. Балгимбаева кенорындары, сукелімді шектету, қысымның ауытқу гидравликалық генераторы, гидроимпульсті ағыншалы сорғы.

TECHNOLOGY FOR RESTRICTING WATER INFLUX INTO A PRODUCING WELL

E.M. BATYRBAEV*, director of Science

SilkRoadOil,
3632 Harley Avenue, FortWorth. Texas

The article provides an image of methods and technologies for the restoration of well productivity. Complications of the exploitation of deposits (at a late stage of development) are associated with the work of both production and injection wells. The wave effect of pressure (VVD) on the well bottom zone, being an environmentally friendly method, can cause noticeable positive changes in filtration and reservoir properties, without forming new heterogeneities, such as, for example, during hydraulic fracturing (HF), which can lead to an increase in current oil production, but may worsen the oil recovery of the reservoir as a whole. In the Republic of Kazakhstan, pilot tests were carried out in the following fields: At the fields: them. S. Balgimbaeva (10 wells), Botakhan, East Moldabek, Kondybay, Northern Zholdybay, Uaz (20 wells) – on production wells – work on water inflow isolation.

KEY WORDS: fields of Embamunaigas JSC, East Moldabek, S. Balgimbaeva, water inflow restriction, hydraulic generator of pressure fluctuations, hydro-pulse jet pump.

В последнее время наблюдается все повышающийся интерес специалистов нефтяной и газовой отраслей к практическому использованию новых высокоэффективных и рентабельных технологий, обеспечивающих стабильное поддержание, а также прирост добычи нефти в сложных современных условиях [1–4]. Ввод новых месторождений в эксплуатацию не может обеспечить в настоящее время восполнение извлекаемых запасов и компенсировать текущее падение добычи нефти на эксплуатируемых месторождениях и, к тому же, вводимые в разработку залежи, как правило, представлены низкопродуктивными, высоконеоднородными и слабопроницаемыми коллекторами, а запасы нефти в них относятся к категории трудноизвлекаемых. Основной объем добычи нефти сегодня приходится на месторождения, введенные в эксплуатацию в 1980–е гг.,

когда наблюдался неоправданный интенсивный отбор нефти. Впоследствии это привело к нарушению оптимальных режимов эксплуатации, высокому обводнению добываемой продукции, существенному загрязнению призабойных зон нагнетательных скважин и даже пластов из-за недопустимо низкого качества большого объема закачиваемой в скважины воды.

Осложнения эксплуатации месторождений связаны с работой как добывающих, так и нагнетательных скважин. Во-первых, это затруднение – невозможность освоения скважин после бурения или ремонта, связанное со сложными физико-геологическими характеристиками месторождений, например, с низкой проницаемостью и неоднородностью коллекторов, большой глубиной залегания продуктивных пластов и др. Как показывает опыт последних лет, весьма существенные трудности возникают при освоении горизонтальных скважин, а также наклонных стволов, пробуренных из действующих вертикальных скважин.

Во-вторых, это существенное падение, часто полное прекращение отбора нефти из добывающих скважин или закачки воды в нагнетательные скважины, связанное с накоплением загрязнителей на основных фильтрационных полях и ухудшением фильтрационных характеристик призабойных зон скважин в процессе эксплуатации. Сюда же следует отнести и сложности обеспечения закачки воды при переводе скважин из фонда добывающих в фонд нагнетательных.

И в-третьих, это высокая обводненность добываемой из скважин продукции, обусловленная лишь прорывом воды по высокопроницаемому интервалу пласта или пропластка, но приводящая к остановке скважин из-за нерентабельности их дальнейшей эксплуатации.

В результате из-за выше перечисленных проблем практически во всех нефтяных регионах страны возник фонд бездействующих скважин. Если учесть, что стоимость восстановления (реанимации) бездействующих, аварийных скважин во много раз меньше объема капитальных вложений на бурение новых скважин с эквивалентной добычей нефти, то ввод последних в эксплуатацию оказал бы более чем заметное влияние на показатели эффективности работы нефтяной отрасли.

Существующие традиционные методы и технологии восстановления производительности скважин не обладают достаточной как технологической, так и экономической эффективностью, и, зачастую, их применение на промыслах безрезультатно, несмотря на значительные усилия и затраты. Кроме того, применение многих из них приводит к необратимым эффектам последствия, исключающих последующее применение других, более перспективных методов, которые могли бы появиться в будущем. Но что особенно важно – при этом наносится также поражение экологическому равновесию природной среды.

Впервые метод обработки призабойных зон нагнетательных и добывающих скважин, использующий волновое воздействие давлением, был испытан на нефтяных промыслах еще в 1960–х гг. [5], и сразу же были получены достаточно обнадеживающие данные по его технологической эффективности. Тем не менее, дальнейший опыт показал, что для достижения высокой успешности и рентабельности метода, при его применении в осложненных геолого-промысловых условиях эксплуатации скважин, необходимо осуществление целого ряда теоретических

[6], лабораторных и промысловых исследований, конструкторских и технологических изысканий.

На данный момент сформирован пакет технологий воздействия как непосредственно на призабойную зону для ее очистки и повышения притоков углеводородов, так и на всю залежь в целом для повышения общей эффективности разработки месторождения. Характерной особенностью этих технологий является использование комплексных методов воздействия на пласт (химических, тепловых, физико-химических и т. п.) в условиях создаваемого специальной аппаратурой поля упругих волновых колебаний [7].

Анализ промысловых данных по динамике показателей работы добывающих и нагнетательных скважин, гидродинамические и геофизические исследования показывают ухудшение состояния призабойных зон скважин в процессе их эксплуатации.

В добывающих скважинах, кроме рассмотренных выше крайне неблагоприятных явлений, связанных с попаданием в пласт воды, которые возникают и в процессах эксплуатации, например, при осуществлении ремонтных мероприятий, ухудшение характеристик призабойной зоны возникает из-за отложений асфальто-смолистых и парафиновых фракций с формированием на поверхности пор адсорбционно-сольватных слоев [8]. Это приводит к образованию граничных слоев нефти с аномально высокой вязкостью и толщиной, соизмеримой с радиусом поровых каналов, что резко снижает проницаемость прискважинной зоны и увеличивает объемную неоднородность коллектора.

В нагнетательных скважинах в процессе закачки в пласт воды ухудшение проницаемости призабойной зоны пласта (ПЗП) происходит из-за постепенного закупоривания пор коллектора взвешенными в воде твердыми частицами и нефтепродуктами, а также в результате физико-химических процессов, происходящих при контакте закачиваемых технологических жидкостей с породой коллектора и пластовыми жидкостями. Анализ промысловых показателей работы нагнетательных скважин показывает, что содержание механических примесей в технологической жидкости выше допустимых пределов является причиной очень быстрого снижения приемистости и даже полной остановки скважины. Поскольку закачиваемая вода, как правило, отличается по химическому составу и температуре от пластовых жидкостей [9], то нарушается естественное физико-химическое равновесие в среде продуктивного пласта. Происходит набухание глинистых компонентов и их разрушение, что приводит и к закупориванию пор, и к переносу глинистого материала (в том числе и попавших при бурении частиц бурового раствора) с последующей коагуляцией низкопроницаемых участков пласта, снижаются приемистость и охват пласта как по толщине, так и по простиранию. Нарушение физико-химического равновесия приводит также к выпадению нерастворимых осадков, отложению солей.

В случаях закачки в скважины попутных вод нефтяных промыслов или если нагнетательная скважина находится внутри контура нефтеносности, снижение водопроницаемости и избирательное течение воды может быть вызвано адсорбцией асфальто-смолистых веществ и нефтепродуктов на поверхности поровых

каналов, образованием структурированных кольматированных слоев, уменьшающих эффективное сечение фильтрационных каналов. Взаимодействие воды с нефтью, при достаточно высокой скорости фильтрации и наличии естественных стабилизаторов – смол и асфальтенов, приводит к образованию в ПЗП стойких водонефтяных эмульсий и к снижению приемистости.

Таким образом, в процессах бурения, освоения и эксплуатации скважин в призабойных зонах образуются обширные области с крайне низкой проницаемостью, заметно ухудшающие производительность «гидродинамических источников и стоков» – скважин. Это приводит к снижению средней скорости фильтрации по всему пласту в целом, способствует образованию застойных областей неизвлеченной нефти.

На всех стадиях разработки нефтяных месторождений ПЗП является основным объектом воздействия для подавляющего числа всех известных методов обработки скважин. Мероприятия, направленные на очистку ПЗП, на восстановление естественной проницаемости, способствующие улучшению ее термодинамического состояния [10], в реальных условиях расчлененного и неоднородного пласта вызывают не только увеличение текущей нефтедобычи, но и повышают нефтеотдачу залежи. И в этом смысле предпочтительны методы, которые способны вызывать заметные положительные изменения фильтрационных и коллекторских свойств [11, 12, 3, 4, 13] не образуя при этом новых неоднородностей, таких, например, как при гидроразрыве пласта, которые могут привести к увеличению текущей нефтедобычи, но могут и ухудшить нефтеотдачу пласта в целом.

Волновое воздействие давлением [14] на призабойную зону скважин [15, 16] с полным основанием можно отнести к числу таких перспективных методов. Это подтверждают известные явления и эффекты, способные оказывать положительное влияние, в свете выше рассмотренных проблем, на состояние ПЗП.

Упругие низкочастотные колебания – вибрация [17] на два-три порядка ускоряют процессы релаксации механических напряжений. В ПЗП это способствует уменьшению отрицательных последствий бурения и вскрытия пластов, связанных с нежелательными напряжениями в породах вокруг скважин и перфорационных каналов, с механоактивацией пород и, тем самым, может способствовать восстановлению естественного равновесного состояния ПЗП с исходной проницаемостью ее коллектора.

Эксперименты показывают, что под воздействием высокоамплитудных низкочастотных колебаний давления в жидкости порядка 0,3 МПа происходит необратимое увеличение абсолютной проницаемости насыщенных пористых сред. Относительные изменения проницаемости искусственно сцементированных кернов доходят до 30% и связаны с образованием новых фильтрационных каналов в пористой среде, изменением пористости, раскрытием трещин, переупаковкой и изменением ориентации слагающих пористую среду зерен. При наличии глинистости вплоть до 35% эти явления усиливаются.

Другая группа явлений связана с влиянием упругих колебаний непосредственно на поровые жидкости и кольматанты в их взаимодействии с твердой поверхностью пор коллектора.

Экспериментально обнаружены изменения реологического поведения, характеризующихся наличием вязкоупругих и вязкопластических свойств неньютоновских жидкостей. Оказалось, что сдвиговая вязкость сразу после воздействия снижается на 20–30%, а спустя некоторое время либо восстанавливается полностью (если режим воздействия докавитационный), либо частично (при развитом кавитационном режиме воздействия). Чем больше содержание асфальто-смолистых и парафинистых компонентов в нефтях, тем большие изменения вязкости в докавитационном режиме наблюдаются при низких частотах воздействия. Время восстановления вязкости после воздействия составляет 5–6 часов и более.

В процессе исследований многократно наблюдалась дегазация пластовых жидкостей под влиянием механических колебаний как высоких, так и низких частот. Процессы дегазации происходят вплоть до установления нового значения равновесной концентрации, которое всегда меньше равновесной концентрации газа без воздействия, причем интенсивность и частота колебаний определяют лишь скорость изменения концентрации газа и время установления новой равновесной концентрации, но не само ее значение. Явление выделения газа из пластовых флюидов в поле упругих колебаний может, в зависимости от конкретных условий, самым различным образом повлиять на состояние прискваженной зоны и на ее фильтрационные характеристики.

Особого внимания заслуживает влияние упругих колебаний на фильтрацию пластовых жидкостей [18]. Помимо рассмотренных выше явлений изменения проницаемости, вязкости, температуропроводности и др., влияющих на фильтрацию посредством изменения самих свойств флюидов, экспериментально наблюдаются специфические «фильтрационные» эффекты. Это, например, весьма значительное (почти двадцатикратное) увеличение относительной скорости фильтрации воды или обычной ньютоновской нефти через модели кернов песчаника при наложении поля интенсивных упругих колебаний в несколько сотен киловатт на 1 м^2 , на частотах 3–10 кГц, увеличение до 10 раз скорости фильтрации полярных и неполярных жидкостей.

На основе данных теоретических исследований, нашей компанией были проведены практические работы на месторождениях С. Балгимбаев, Молдабек Восточный, Уз, Кондыбай, Жолдыбай Северный, Ботакан. Были получены следующие результаты.

1. На месторождении С. Балгимбаев в 2014 г. были проведены работы по изоляции водопритоков в 10 скважинах. Дополнительная добыча нефти составила 470 т (таблица 1).

2. В 2015 году на месторождениях Молдабек Восточный, Уз, Кондыбай, Жолдыбай Северный, Ботакан проведены работы по изоляции водопритоков на 20 скважинах. Дополнительная добыча – 5700 т нефти, не поднято воды около 30 тыс. т. На некоторых скважинах удалось «сбить» обводненность с 90% до 48% с увеличением дебита нефти с 3 т/сутки до 15 т/сутки (таблица 2).

Таблица 1 – Сопоставление добычных показателей по скважинам до и после проведения работ по изоляции водопритоков в 2014 году

№	Месторождение	Скважина	Горизонт	Добыча до обработки				Добыча после обработки (1 месяц)				Суточный прирост дебита нефти, баррель	Комментарий
				Qж баррель	Обв, %	Ндин, фут	Qж баррель	Qж баррель	Обв, %	Ндин, фут	Qж баррель		
1	Забурунье	49	II нс	396	11	98	195	50	195	75	667	39	Снижение добычи воды с увеличением нефти
				396	11		195	50	195			39	
Эмбаунайгаз 2014													
1	Салават Баллинбаев	177	K1a-нс	157	171	95	7	145	19	87	400	12	
2	Салават Баллинбаев	62	K1a-нс	145	8	94	7	195	19	90	7	11	
3	Салават Баллинбаев	92	K1II нс	157	87	95	7	185	14	82	540	162	
4	Салават Баллинбаев	209	K1II нс	126	8	93	7	19945	31	72	150	24	
3	Салават Баллинбаев	204	J2	136	86	95	7	182	14	90	7	68	
6	Салават Баллинбаев	13	J2	126	8	95	240	19149	63	63	7	55	
7	Салават Баллинбаев	15	J2	138	6	95	7	132	14	85	493	183	
8	Салават Баллинбаев	21037	J2	19246	81	99	253	15189	83	63	1920	85	Влияние газа
9	Салават Баллинбаев	205	J2	188	163	92	7	63	16	77	533	143	
			Всего	1678	76			1328	328			254	

Таблица 2 – Сопоставление добычных показателей по скважинам до и после проведения работ по изоляции водопритоков в 2015 году

№	Месторождение	Скважина	Горизонт	Добыча до обработки				Добыча после обработки (1 месяц)				Суточный приток нефти, баррель
				Обв, %	Ндин, фут	Обв, %	Ндин, фут	Обв, %	Ндин, фут			
Эмбамунайгаз 2015												
1	Уаз	18	JI+II	62	134	81	240	34	22	254	18	
2	Уаз	43058	JI+II	37194	298	80	58500	24512	34	84	262	
3	Уаз	08	JI+II	63	134	75	360	55	16	65	18	
4	Вост.Молдабек	2450085	J IV	164	14	90	593	25572	41	85	266	
5	Вост.Молдабек	2014	J IV	16839	16	95	366770	60	32	36	126	
6	Вост.Молдабек	2451085	J IV	176	16	90	533	65	48	153	32	
7	Вост.Молдабек	451	J IV	189	16	90	670	60	32	36	16	
8	Вост.Молдабек	418	J IV	176	16	90	533	65	48	13	32	
				всего	1131	114		606	257		142	

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ЦИКЛА РАБОТ ПО ОГРАНИЧЕНИЮ ВОДОПРИТОКОВ НА ДОБЫВАЮЩИХ СКВАЖИНАХ, ПРОВЕДЕННЫХ В 2014–2015 ГГ. НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ АО «ЭМБАМУНАЙГАЗ»

Для ограничения водопритока и ремонтно-изоляционных работ в скважинах используются составы на основе водных растворов полимеров ДСГА с добавлением сшивающего агента, образующего в пласте высокопрочные и стабильные гели. Высокая прочность гелей обеспечивается применением низкомолекулярных полимеров, дающих вязкоупругие гели, непроницаемые для воды.

Для этой цели используются полимеры молекулярной массой до 9 млн, что полностью отвечает требованиям, предъявляемым к полимерам для ремонтно-изоляционных работ. Состав вязкоупругих композиций подбираются на основании комплекса физико-химических исследований, физического и математического моделирования с учетом геолого-физических условий пласта.


Для осуществления технологического процесса при приготовлении и закачке гелевых композиций применяется следующее оборудование:

- комплект оборудования для обвязки арматуры скважин;
- передвижная установка УППР-РИР или установка УДР-32 М;
- насосный агрегат типа ЦА-320.

При производстве работ по бездействующему добывающему фонду скважину перед обработкой вводят в эксплуатацию не менее чем за 10 суток. В результате дренирования пласта определяют дебит, состав добывающей жидкости и источник поступления воды. Перед началом проведения работ необходимо выполнить комплекс промысловых геофизических исследований с целью определения источника обводнения и целостности эксплуатационной колонны, а также провести испытания скважины на приемистость на трех режимах с получением режимных коэффициентов приемистости. При коэффициенте приемистости изолируемого интервала менее 3 м³/сутки/атм необходимо увеличить приемистость обработкой скважины генераторами колебания. После обнаружения источника обводнения составляется технологический план на проведение работ. Производится переезд на скважину, расстановка и обвязка оборудования, согласно утвержденной схеме. Закачка тампонирующего состава может быть произведена как через весь существующий интервал, так и направленно с отсечением нефтенасыщенного интервала пласта при помощи пакеров или установки временного цементного моста или песчаной пробки. Устанавливается после первой насосно-компрессорной трубы (НКТ) генератор колебания давления для кавитационного перемешивания тяжелого полимера с компонентами.

Таким образом, разработана Технология ограничения водопритока и ремонтно-изоляционных работ в скважинах с применением вязкоупругих составов, мецелярных растворов и генераторов колебания давления [12], насоса струйного гидроимпульсного [13], позволяющая увеличить эффективность данных работ.

Данная технология перспективна для терригенных слабопроницаемых пород. Использование разработанных на основе накопленного опытно-промышленного материала прогнозных моделей позволит в рамках системного подхода к организации

работ существенным образом повысить эффективность и рентабельность обработок скважин. 

REFERENCES

- [1] Аллахвердиев Р.А. Интенсификация притока методом циклического импульсного воздействия на призабойную зону пласта. Республиканский технический совет. Сер. Нефтепромысловое дело и транспорт нефти. 1985; 3:10–12. [Allahverdiev R.A. Intensification of inflow by the method of cyclic impulse action on the bottom-hole zone of the formation. *Respublikanskij tekhnicheskij sovet. Ser. Neftpromyslovoe delo i transport nefiti*. 1985; 3:10–12. (In Russ.)]
- [2] Дыбленко В.П., Семавин Н.И., Фосс В.П., Чирко С.М. Повышение эффективности методов обработки призабойной зоны пласта. *Нефтяное хозяйство*. 1990; 2:53–56. [Dyblenko V.P., Semavin N.I., Foss V.P., Chirko S.M. Improving the efficiency of methods for processing the bottom-hole zone of the formation. *Oil industry*. 1990; 2:53–56. (In Russ.)]
- [3] Бажал А.И., Барак А.М. SWIT-технология блокирования водопритока при разработке залежей вязкой нефти. *Нефть и газ*. 2019; 5:80–87. [Bazhal A.I., Barak A.M.. SWIT-technology for blocking water inflow in the development of viscous oil field. *Neft i gas*. 2019; 5:80–87. (In Russ.)]
- [4] Бажал А.И., Барак А.М. Волновая активация продуктивного нефтяного пласта (технология SWEPT). *Нефть и газ*. 2013; 5:17–28. [Bazhal A.I., Barack A.M. Wave activation of a productive oil reservoir (SWEEP technology). *Neft i gas*. 2013; 5:17–28. (In Russ.)]
- [5] Асмоловский В.С., Ершов А.В., Гадиев С.И. и др. Промысловые испытания способа виброударного воздействия на призабойную зоны скважин на месторождениях Северо-Запада Башкирии. *Труды. УНИ*. 1969; 5:142–146. [Asmolovsky V. S., Ershov A.V., Gadiev S. I., and others. Field tests of the method of vibration impact on the bottom-hole zone of wells in the fields of the North-West of Bashkiria. *Proceedings. UNI*. 1969; 5:142–146. (In Russ.)]
- [6] Гадиев С.М., Гиматудинов Ш.К., Коненков К.С., Кузьмичев Ю.А. Моделирование динамического воздействия на пласт. *Известия вузов. Нефть и газ*. 1997; 9:25–29. [Gadiev S.M., Gimatudinov Sh.K., Konenkov K.S., Kuzmichev Yu.A. Modeling of dynamic impact on the reservoir. *Proceedings of higher educational establishments. Oil and gas*. 1997; 9:25–29. (In Russ.)]
- [7] Вахитов Г.Г., Симкин Э.М. *Использование физических полей для извлечения нефти из пластов*. Москва: Недра; 1985. 231 с. [Vakhitov G.G. Simkin E.M. The use of physical fields for oil recovery from reservoirs. Moscow: Nedra; 1985. (In Russ.)]
- [8] Симкин Э. М., Бернштейн М.А. Динамика запарафинивания коллектора в процессе фильтрации нефти. *Нефтяное хозяйство*. 1975; 2:44–46. [Simkin, E. M., Bernstein, M. A. Dynamics of saprininae manifold in the filtration process of oil. *Oil industry*. 1975; 2:44–46. (In Russ.)]
- [9] Огай Е.К., Лысенко З.В. Температурные изменения при закачке холодной воды на месторождении Узень. *Нефтепромысловое дело*. 1982; 9:11–13. [Ogai E.K., Lysenko Z.V. Temperature changes during cold water injection at the Uzen field. *Oilfield engineering*. 1982; 9:11–13. (In Russ.)]
- [10] Вахитов Г.Г., Кузнецов О.П., Симкин Э.М. *Термодинамика призабойной зоны нефтяного пласта*. Москва: Недра, 1978. 215 с. [Vakhitov G. G., Kuznetsov O. P., Simkin E. M. *Thermodynamics of the bottom-hole zone of an oil reservoir*. Moscow: Nedra; 1978. (In Russ.)]

- [11] Дыбленко В.П., Марчуков Е.Ю., Жданов В.И. и др. Способ возбуждения колебаний потока жидкости и гидродинамический генератор колебаний. Патент РФ 2111348, 2000. [Dyblenko V.P., Marchukov E.Yu., Zhdanov V.I. i dr. Methods of excitation of oscillations of fluid flows and hydrodynamic oscillator. Patent RF, no 211134, 2000. (In Russ.)]
- [12] Батырбаев Э.М., Сокрюкин Е.В. Устройство и способ генерирования колебаний жидкостного потока. База патентов Евразийского Союза, no. 014266, 2010. [Batyrbayev E.M., Sokryukin E.V. Device and a method of generating oscillations of the liquid flow. The base patent Eurasian Union, no. 014266, 2010. (In Russ.)]
- [13] Батырбаев Э.М., Сокрюкин Е.В. Способ гидродинамического воздействия и устройство для его реализации. Патент РК, no 1674, 2016. [Batyrbayev E.M., Sokryukin E.V. Method of hydrodynamic impact and device for its implementation. Patent RK, no 1674, 2016. (In Russ.)]
- [14] Галлямов М.Н., Ахметшин Э.А., Мавлютов М.Р. И др. Исследование воздействия виброударной волн на призабойную зону эксплуатационных и нагнетательных скважин. *Нефтяное хозяйство*. 1970;8:46–49. [Gallyamov M.N., Akhmetshin E.A., Mavlyutov M.R., and others. Investigation of the impact of vibration shock waves on the bottom-hole zone of production and injection wells. *Oil industry*. 1970;8:46–49. (In Russ.)]
- [15] Валиулин А.В., Максutow Р.А., Доброскок Б.Е. и др. Некоторые особенности технологии виброобработки продуктивного пласта. *Республиканский технический совет Сер. Нефтепромысловое дело и транспорт нефти. Серия. Нефтепромысловое дело*. 1973;11:13–16. [Valiulin A.V., Maksutov R.A., Dobroskok B.E., and others. Some features of the vibration treatment technology of a productive formation. *Respublikanskij tekhnicheskij sovet. Ser. Neftepromyslovoe delo i transport nefi*. 1973;11:13–16. (In Russ.)]
- [16] Гадиев С.М. Вытеснение нефти из несцементированных песков при воздействии вибрации. *Азербайджанское нефтяное хозяйство*. 1963;7:38–40. [Gadiyev S.M. Displacement of oil from uncemented Sands when exposed to vibration. *Azerbaijan oil industry*. 1963; 7:38–40. (In Russ.)]
- [17] Гадиев С.М. *Использование вибрации в добыче нефти*. Москва: Недра; 1977. 154 с. [Gadiyev S. M. the Use of vibrations in oil production. Moscow: Nedra; 1977. (In Russ.)]
- [18] Дыбленко В.П., Турфанов И.А., Сулейманов Г.А., Лысенков А.П. Фильтрационные явления и процессы в насыщенных пористых средах при виброволновом воздействии. *Труды института БашНИПИ нефть*. 1989; 80:45–51. [Dyblenko, V.P., Turpanov I.A., Suleymanov, G.A., Lysenkov, A.P. Filtration phenomena and processes in saturated porous media with vibrowave impact. *Trudy instituta BashNIPi нефть*. 1989; 80:45–51. (In Russ.)]