

УДК 622.276.7

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕМОНТНО-ИЗОЛЯЦИОННЫХ РАБОТ ДЛЯ ОГРАНИЧЕНИЯ ВОДОПРИТОКА ИЗ ПЛАСТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА МЕСТОРОЖДЕНИИ КАЛАМКАС

М.С. Утепов, О.К. Сарбопеев

*В работе представлен анализ всех ремонтно-изоляционных работ, проводимых в течение последних 10 лет на месторождении Каламкас, проведено сравнение использованных реагентов для ограничения водопритока, и на основе анализа даны рекомендации по повышению эффективности ремонтно-изоляционных работ на месторождении Каламкас.*

*Ключевые слова: ограничение водопритока, ремонтно-изоляционные работы, водоизоляционные работы, опытно-промышленные испытания, тампонажные работы, изоляция водопритока, полимерные композиции.*

### Введение

На месторождении Каламкас проблема повышения эффективности и качества водоизоляционных работ при строительстве и эксплуатации скважин является важной задачей, от решения которой в значительной степени зависит повышение нефтеотдачи пластов.

В этой связи проблема создания наукоемких и высокоэффективных технологий ограничения водопритоков к скважинам весьма актуальна, и от её решения во многом зависят текущие и конечные технико-экономические показатели разработки месторождений.

При проведении ремонтно-изоляционных работ (далее – РИР) применяются такие технологии, как отсекаание водоносного горизонта с помощью установки цементного моста, ликвидации межколонных проявлений с помощью тампонирувания полимерно-цементными составами колонного пространства скважины, изоляция водопритока в добывающих и выравнивание профиля притока в нагнетательных скважинах и др.

РИР скважин проводят в случаях, когда необходимо:

- обеспечить изоляцию продуктивных объектов от вод;
- создать цементный стакан на забое скважины или цементный мост в колонне;
- перекрыть фильтр при переводе скважины на выше- или нижезалегающий горизонт;
- создать цементный пояс в призабойной зоне скважины для надежной изоляции;
- перекрыть дефекты в эксплуатационной колонне;

- изолировать продуктивные горизонты друг от друга в интервале спуска эксплуатационной колонны или хвостовика при зарезке и бурении второго ствола;

- закрепить призабойную зону скважины с целью уменьшения пробкообразования.

Для решения данных задач применяются как уже широко апробированные технологии (закачка гелеобразующих составов, гелевых систем на основе кремний-органических соединений, вязкоупругих систем), так и перспективные: пеноцементная заливка, закачка углеводородных жидкостей высокой вязкости, использование разбуриваемых пакеров (ритейнер).

Основное требование к технологии – обеспечение закачки рабочих растворов изоляционного агента в скважину и продавливание в изолируемый интервал. Это достигается за счет исключения из технологии условий и операций, способствующих разбавлению рабочих растворов, а также в результате заполнения скважины однородной по плотности жидкости; применения рабочих растворов плотностью большей, чем плотность жидкости, заполняющей скважину; использования разбуриваемых пакеров.

### Основная часть

На месторождении Каламкас с целью изоляции водопритоков в добывающих скважинах и выравнивания профиля приемистости в нагнетательных применяется технология закачки вязкоупругого состава (далее – ВУС).

ВУС представляет собой «сшитый» ацетатом хрома полиакриламид. В результате закачки ВУС через скважину в пласте образуется гель с очень высокой вязкостью и низкой подвижностью. Механизм техно-

логии воздействия на пласт с помощью ВУС состоит в изоляции наиболее проницаемых, обводнившихся пропластков или трещин с целью увеличения охвата невыработанных зон продуктивного пласта вытесняющим агентом (закачиваемой водой) и ограничения водопритока [1].

На основании промыслового материала были определены обобщенные критерии выбора скважин для закачки ВУС:

- качество контакта (сцепления) цементного кольца с обсадной колонной и пластом выше интервала перфорации – хорошее, сплошное;
- отсутствие нарушений в эксплуатационной колонне (далее – НЭК);
- наличие невыработанных запасов нефти;
- текущий дебит по жидкости – не менее 20 м<sup>3</sup>/сут;
- приемистость – не менее 100 м<sup>3</sup>/сут;
- текущая обводненность – более 90%;
- пористость – более 27%.

Технология закачки ВУС на месторождении Каламкас предусматривала обработку нагнетательных скважин и обрабатываемых добывающих скважин с целью перераспределения фильтрационных потоков и ограничения движения воды по высокопроницаемым зонам.

Следует отметить, что добывающие скважины обрабатывались через 2–3 сут после того, как была проведена обработка нагнетательной скважины.

Анализ эффективности закачки ВУС проведен по 5 ячейкам, т.е. по 5 нагнетательным и 18 добывающим скважинам, гидродинамическим связанным с обработанными нагнетательными скважинами.

Эффективность добывающих скважин оценивалась по снижению обводненности добываемой продукции и увеличению дополнительной добычи нефти.

Технологическая характеристика реагирующих скважин до и после проведения ВУС представлена в табл. 1.

**Таблица 1. Технологическая характеристика скважин до и после проведения ВУС**

№	№ нагн. скв.	№	№ доб. скв.	До закачки ВУС			После закачки					Отраб. вр. с нач. закачки ВУС, сут	Доп. доб. нефти, т
				Жид. т/с	Жнеф. т/с	Обв. %	Жид. т/с	Жнеф. т/с	Обв. %	Отр. время, сут	Прирост нефти, т		
1	31**	1	34**	29,58	1,30	95,61	Уход в Б/Д 31.07.2010 г.					27	43,49
		2	35**	56,83	2,28	95,99	С 01.11.2010 г. считается в ПФП					91	73,63
2	31**	1	35**	75,23	1,30	98,27	74,11	5,99	91,90	31	4,69	165	782,26
		2	35**	53,00	3,80	92,83	67,05	1,93	97,10	31	-1,87	163	-163,98
		3	35**	20,37	2,23	89,05	19,08	3,33	82,50	31	1,10	157	39,12
3	24**	1	14**	21,50	0,78	96,37	22,20	1,97	91,10	31	1,19	134	111,14
		2	24**	45,00	2,10	95,33	53,58	2,71	94,90	31	0,61	135	11,02
		3	33**	56,80	2,60	95,42	64,47	2,81	95,60	31	0,21	135	47,42
		4	34**	11,90	0,20	98,32	12,62	1,31	89,60	31	1,11	89	57,37
4	63*	1	40*	53,30	3,70	93,06	57,48	3,78	93,40	31	0,08	133	-173,15
		2	40*	25,70	1,20	95,33	40,15	3,56	91,10	6	2,36	103	326,02
		3	40*	33,20	1,50	95,48	35,51	1,55	95,60	31	0,05	130	-0,68
		4	44**	21,40	1,20	94,39	27,82	1,63	94,10	31	0,43	131	-3,26
5	20**	1	14**	30,10	1,10	96,35	34,21	2,00	94,10	31	0,90	125	98,61
		2	24**	38,70	1,20	96,90	38,08	3,07	91,90	31	1,87	126	210,54
		3	33**	61,50	0,90	98,54	61,75	4,05	93,40	31	3,15	128	399,14
		4	33**	36,20	2,50	93,09	11,66	0,94	91,90	31	-1,56	129	-226,16
		5	43**	19,30	0,90	95,34	25,74	1,30	94,90	31	0,40	129	94,38
		<b>ИТОГО:</b>				<b>38,3</b>	<b>1,7</b>	<b>95</b>	<b>40,3</b>	<b>2,6</b>	<b>93</b>	<b>-</b>	<b>0,92</b>

Анализ эффективности проведенных работ показал, что технология является эффективной – получено снижение обводнённой продукции скважин в среднем на 2 % и незначительное увеличение добычи нефти в среднем на 0,9 т/сут.

В зависимости от характера поступления воды в скважину, ремонтно-изоляционные работы на месторождении Каламкас проводятся по различным технологическим схемам, с использованием цемента в качестве тампонажного материала.

Таблица 2. Анализ РИР в добывающих скважинах за период 2012–2014 гг.

№	№ скв.	Причина РИР	Проводимые мероприятия	Параметры РИР			
				до		после	
				Qн т/сут	Обв %	Qн т/сут	Обв %
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>2010 г.</b>							
1	8*	Ликвидация НЭК	Произвели РИР по ликвидации нарушений	1,3	99	3,1	95
	70*			1	94	0,8	94
	23**			3,1	94	3	89
	23**			0,9	97	2	87
	23**			1,3	96	3,1	92
	34**			0,4	97	0,4	93
<b>Σ 6</b>		<b>Среднее</b>		<b>1,3</b>	<b>96</b>	<b>2,1</b>	<b>92</b>
2	25**	Ликвидация межколонных проявлений	Заливка цементным раствором через дефект в колонне с последующим разбуриванием цементного моста	2,5	92	2,5	91
<b>Σ 7</b>		<b>Среднее</b>		<b>1,9</b>	<b>94</b>	<b>2,3</b>	<b>92</b>
<b>2011 г.</b>							
3	70*	Возврат на другой горизонт	Установка цементного моста	1,8	93	5	87
	35**			2,2	94	3	94
	57**			0,8	94	1,2	89
<b>Σ 3</b>		<b>Среднее</b>		<b>1,6</b>	<b>93</b>	<b>3,1</b>	<b>90</b>
4	55**	Авария при ПРС*	Ликвидация аварии с проведением РИР	7	97	4,2	97
	36*	Ликвидация деформации колонны	Заливка цементным раствором через дефект в колонне с последующим разбуриванием цементного стакана	2,6	93	0,6	67
	71*			3,9	81	13	89
	43**			3,4	94	3,4	94
<b>Σ 4</b>		<b>Среднее</b>		<b>4,2</b>	<b>89</b>	<b>5,6</b>	<b>83</b>

5	12**	Устранение негерметичности эксплуатационной колонны	Установка цементного моста ниже интервала нарушения, закачка композиции на основе полимера	0,1	99	5,2	75
	22**			1	97	5,1	87
	26**			6	89	4,4	92
	32**			3,4	92	3	94
<b>∑4</b>		<b>Среднее</b>		<b>2,6</b>	<b>94</b>	<b>4,4</b>	<b>87</b>
<b>∑11</b>		<b>Среднее</b>		<b>9,2</b>	<b>90</b>	<b>6,6</b>	<b>82</b>
<b>2012 г.</b>							
6	12**	Возврат на другой горизонт	Установка цементного моста	0	98	4,1	66
	33**			2	81	3,9	79
	42**			2	94	2,8	77
<b>∑ 3</b>		<b>Среднее</b>		<b>2</b>	<b>91</b>	<b>3,6</b>	<b>78</b>
7	35**	Изоляция обводненного интервала		3,9	91	4,6	87
	34**			1,3	98	6,9	84
	57**			1,5	97	38,2	55
<b>∑ 3</b>		<b>Среднее</b>		<b>2,3</b>	<b>95</b>	<b>16,6</b>	<b>75</b>
8	21**	Ликвидация деформации колонны	Заливка цементным раствором через дефект в колонне с последующим разбуриванием цементного стакана	3,1	92	2,2	90
9	12**	Устранение негерметичности эксплуатационной колонны	Установка цементного моста ниже интервала нарушения, закачка композиции на основе полимера	0,3	98	1,4	69
	12**			0,1	87	2,2	92
	34**			3,4	95	3,7	94
	35**			6,4	92	3,4	92
	35**			0,7	95	0,8	94
	43**			4,1	85	4,7	87
	51**			0,4	96	9,5	90
<b>∑8</b>		<b>Среднее</b>		<b>2,3</b>	<b>92</b>	<b>3,7</b>	<b>88</b>
<b>∑15</b>		<b>Среднее</b>		<b>2,3</b>	<b>91,6</b>	<b>3,7</b>	<b>82</b>
<b>2013 г.</b>							
10	57**	Изоляция обводненного интервала	Произвели РИР обводненного интервала 880–886 м	3,1	81,5	4,1	67
11	16**	Ликвидация межколонных проявлений	Произвели РИР по ликвидации межколонных проявлений	5,1	79	5,5	66,5
<b>∑2</b>		<b>Среднее</b>		<b>4,1</b>	<b>80,2</b>	<b>4,8</b>	<b>66,89</b>

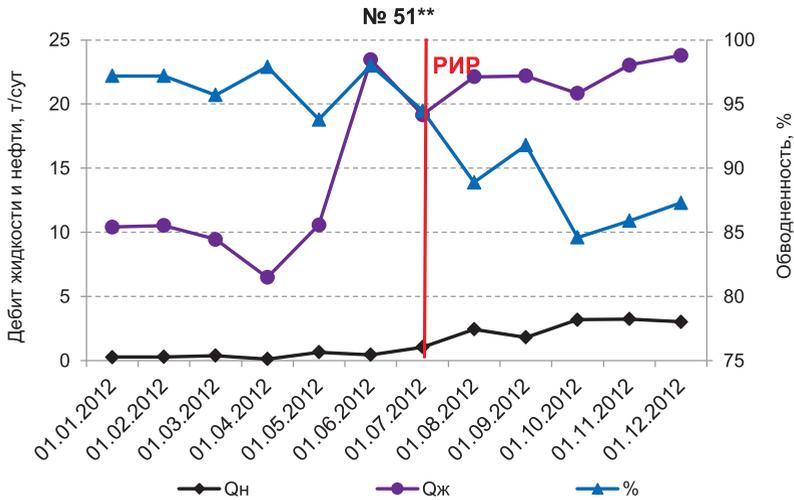
2014 г.							
12	14*	Ликвидация НЭК	Произвели РИР в интервале 747–748 м	12,2	84,4	4,3	91
	15*		Произвели РИР в интервалах 751,6–754 м, 787,5–795 м, 820–827,4 м	7	89,9	11,7	81
	38*		Произвели РИР по ликвидации НЭК	4,6	95	4	90
	16**		Произвели РИР по ликвидации НЭК	5,9	95,3	0,4	99,4
	43**		Произвели РИР по ликвидации НЭК в интервале 787,4–789 м	3	90,4	3,7	88,5
	27**		Произвели РИР по ликвидации НЭК в интервалах 796,8–809,2 м с применением технологии ООО «СИТЕК-ЦЕНТР»	3,6	91,7	5,2	89,9
	44**		Произвели РИР	3,4	94,1	9,3	81,9
	43**		Произвели РИР по ликвидации НЭК в интервалах 759–760 м, 766–767 м, 768,8–771 м	5,9	95,3	0,4	99,4
<b>∑8</b>		<b>Среднее</b>	<b>5,7</b>	<b>92</b>	<b>4,9</b>	<b>90</b>	
13	15*	Ликвидация межколонных проявлений	Произвели РИР по ликвидации межколонных проявлений	20	72	19	73
	42**			16,2	87	4,7	86
	33**			3,6	91,7	5,2	89,9
<b>∑3</b>		<b>Среднее</b>	<b>13,2</b>	<b>83,6</b>	<b>9,6</b>	<b>82,9</b>	
<b>ИТОГО:</b>				<b>4</b>	<b>91</b>	<b>5,2</b>	<b>84</b>

Как показывают представленные данные, положительный результат получен почти от всех видов работ. Прирост добычи нефти в среднем составил 1,2 т/сут, обводненность в среднем снизилась на 7%.

Представлен пример технологических параметров скважины 51\*\* до и после РИР на рис. 1.

В скважине 51\*\* 01.07.2012 г. для устранения негерметичности эксплуатационной колонны проведены РИР закачкой композиции на основе полимера. В результате проведения работ обводненность снизилась с 96 до 90%, получен прирост дебита нефти в среднем 1,4 т/сут.

Следует отметить, что для РИР используют тампонажный портландцемент, который имеет ряд недостатков, в частности, сравнительно низкую проникающую способность раствора в пласт из-за большого размера зерен цемента и низкую адгезию к металлу. При всей своей прочности цементный камень под действием растягивающих напряжений растрескивается, отходит от стенок скважины – нарушается сплошность барьера и снижается эффективность изоляционных работ. При повышенных депрессиях цементный камень испытывает значительные нагрузки. Это объясняет крайне низкую эффективность



**Рисунок 1. Технологические параметры работы скважины 51\*\* до и после РИР**

водоизоляционных работ с использованием цемента как традиционного тампонажного материала.

По этой причине при создании водоизоляционных экранов целесообразно применять более эластичные, хотя и менее прочные, чем цементный камень, материалы. Такие материалы обладают хорошей фильтруемостью, равномерно заполняют поровое пространство. Находящийся в поровом пространстве материал испытывает лишь напряжения сдвига, регулируемые толщиной экрана [2].

С целью поиска эффективных методов для ликвидации водопритоков в 2013 г. на месторождении проводились опытно-промысловые испытания технологии ООО «СИНТЭК-Центр» на 2 скважинах: 395 и 3263.

Технология проведения работ РИР предусматривает включение в состав тампонажной композиции полимерной добавки РП «Монолит», применяемой для ликвидации негерметичности колонн, отключения обводнившихся пластов. Результаты работ представлены в таблицах.

**Таблица 3. Анализ РИР в добывающих скважинах по технологии СИНТЭК**

№	№ скв.	Дата РИР	Причина РИР	Проводимые мероприятия	Параметры РИР			
					до		после	
					Qн, т/сут	Обв, %	Qн, т/сут	Обв, %
1	395	05.03.13	Нарушение эксп. колонны в инт. 599–601 м, 608–613 м, 688–689 м	Рассмотрев свои возможности ООО «СИНТЭК-Центр» отказались от проведения дальнейших работ, связи с большим интервалом нарушения инт. колонны.  Результат работ – отрицательный.				
2	3263	14.03.13	Нарушение эксп. колонны 775–777 м	Установка цементного моста ниже интервала нарушения, закачка композиции на основе РП «Монолит»	1,9	95,6	2,7	87,6

Как показывают данные, представленные в таблице, на скважине 395 результаты закачки не дали положительный результат в связи с большим нарушением эксплуатационной колонны, на скважине 3263 в результате проведенных работ получены снижение обводненности на 8% и прирост добычи нефти 0,8 т/сут.

На месторождении в 2017 г. в скважинах № 1324 и 2587 при проведении РИР для ликвидации НЭК проведены ОПИ реагента «Реаком». Это – полимерный реагент на основе кислот акрилового ряда, который производится по оригинальной технологии и имеет в химическом составе

более широкий, по сравнению с аналогами, спектр функциональных групп в макромолекуле при минимальной разветвленности цепи, следовательно, обладает более высокой адсорбционной и коагулирующей активностью, что способствует формированию прочного водоизолирующего экрана. В пластовых условиях образуется термостойкий резиноподобный осадок в виде клейкой полимерной массы, обладающей хорошей адгезией к коллектору и цементному камню, стойкой по отношению к размыву минерализованными водами.

Результаты применения представлены в табл. 4.

Таблица 4. Результаты проведенных ОПИ реагента «Реаком»

№ скв.	Интервал перфорации, м	Сведения о НЭК		Тампонирующий материал		Дата ремонта	Примечание
		Интервал нарушения, м	Приемистость/давление, м <sup>3</sup> /сут/МПа	Название	Объем, м <sup>3</sup>		
13**	810–815	674–675,4	576/4,0	РЕАКОМ+цемент	6,0+2,4	20.05.2017–04.06.2017	Опрессовка на 6 МПа негерметично
	819–823	674–675,4	166/6,0	Цемент	2,4		Опрессовка на 6 МПа герметично
		807,4–809,4		изоляция не проводили			
25**	850–857,5	802–803	366/5,0	РЕАКОМ+цемент	1,0+2,4	04.06.2017–17.06.2017	Опрессовка на 6 МПа герметично

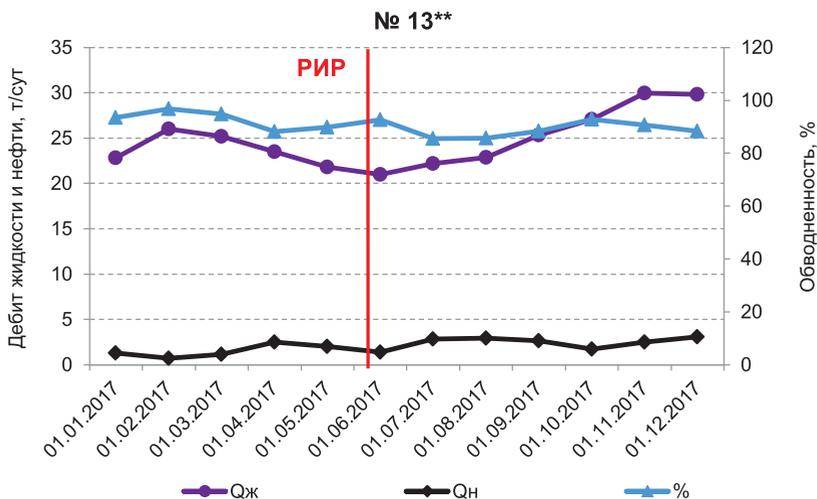
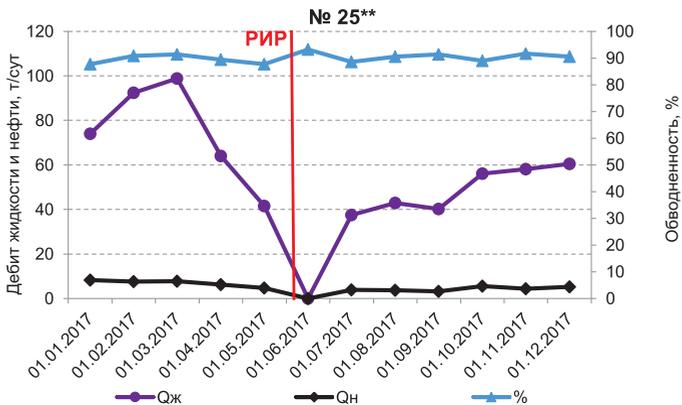


Рисунок 2. Технологические параметры работы скважины 13\*\* до и после РИР



**Рисунок 3. Технологические параметры работы скважины 25\*\* до и после РИР**

В скважинах 13\*\* и 25\*\* РИР проведены 04.06.2017 г. закачкой композиции на основе полимера по причине устранения негерметичности эксплуатационной колонны. В результате проведения работ обводненность в скважине 13\*\* снизилась в среднем с 91 до 86 %, получен прирост добычи нефти в среднем 1 т/сут.

На основании вышеизложенного следует сказать, что для качественного выполнения РИР – изоляции водопритоков,

ликвидации межколонных давлений, восстановления герметичности эксплуатационных колонн и цементного камня – используются изоляционные материалы, способные изменять физико-химические и реологические свойства в процессе технологической операции [2].

Представлены применяемые реагенты в условиях, аналогичных месторождению Каламкас, в зависимости от решаемых задач по водоизоляции в табл. 5.

**Таблица 5. Реагенты для проведения различных видов РИР**

Название РИР	Название реагентов
Установка блок-экранов для снижения скорости подъема ВНК*	ВУС, СГС**, кремнийорганический состав
Ликвидация заколонных перетоков воды из нижележащих пластов путем восстановления герметичности цементного кольца	СНПХ-8345 (на основе смол), тампонажная композиция на основе «АЛДИНОЛ ГК», ВУС + цемент
Устранение негерметичности колонн в различных гидродинамических условиях интервалов нарушения	Композиции на основе синтетических смол ТОТАЛ, СТАТОЛИТ, СОФИТ, СНПХ, набухающий полиакриламид.
Отключение отдельных обводненных высокопроницаемых интервалов пласта	ВУС, СГС, кремнийорганический состав

\*ВНК – водонефтяной контакт

\*\*СГС – силикатные гелеобразующие системы

Для обеспечения высокой эффективности работ по ограничению водопритока и поддержания планируемых уровней добычи нефти необходимо вести поиск новых составов и технологий.

**Выводы**

На месторождении с целью изоляции водопритоков в добывающих скважинах и выравнивания профиля приемистости в нагнетательных скважинах применялась технология закачки в скважину ВУС. Технология является эффективной: получено снижение обводнённой продукции скважин в среднем на 2 % и незначительное увели-

чение добычи нефти в среднем на 0,9 т/сут.

Проводились ОПИ реагентов «Синтек» и «Реаком» в качестве технологической добавки в тампонажный раствор. Успешность работ составила 98%.

Опыт проведения ремонтно-изоляционных работ на нефтегазовых месторождениях Казахстана показывает, что при правильном подборе объектов и технологий, а также при соблюдении технологического режима закачки тампонажного материала в скважины успешность работ достигает 80–90%.

Необходимо вести поиск и активно внедрять новые составы и технологии.

## Список использованной литературы

1. Повышение эффективности РИР для ограничения водопритока из пластов с использованием новых технологий на месторождении Каламкас, Филиал ТОО «НИИ ТДБ КМГ» «КазНИПИмунайгаз», г. Актау, 2019 г.
2. Блажевич В.А., Умрихина Е.Н., Уметбаев В.Г. Ремонтно-изоляционные работы при эксплуатации нефтяных месторождений. – Изд. Недра, М., 1981, 237 с.

## ҚАЛАМҚАС КЕНОРНЫНДА ЖАҢА ТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫ ПАЙДАЛАНУ АРҚЫЛЫ ҚАБАТ СУЛАРЫН ШЕКТЕУ ЖӘНЕ ЖӨНДЕУ-ОҚШАУЛАУ ЖҰМЫСТАРЫНЫҢ ТИІМДІЛІГІН АРТТЫРУ

**М.С. Утепов, О.Қ. Сарбопеев**

*Қаламкас кен орнында ұңғымаларды пайдалану кезінде бұрандалы қосылыстардың коррозиясы және басқа ақаулар, өндірілген өнімнің су кесіндісінің ұлғаюы және цемент тасының тұтастығының бұзылуы, қабат аралық мұнай мен су ағындарының пайда болуымен сипатталады.*

*Мұнай өндіруді ұлғайтуға бағытталған шаралардың ішінде ұңғымалардағы жөндеу және оқшаулау жұмыстарына маңызды орын беріледі. Жөндеу және оқшаулау жұмыстарының көлемі үнемі артып келеді, бұл Қаламкас кенорнын игеру жүйесінің ерекшелігімен тусіндіріледі.*

*Түйінді сөздер: су ағынын шектеу, жөндеу және оқшаулау жұмыстары, су ағынын оқшаулау жұмыстары, тәжірибелік-өндірістік сынақтар, тампонаждау жұмыстары, су ағынын оқшаулау, полимерлі композициялар.*

## IMPROVEMENT OF THE EFFICIENCY OF REPAIR AND INSULATION WORKS TO LIMIT WATER PRODUCT FROM RESERVOIR, USING NEW TECHNOLOGIES IN KALAMKAS OILFIELD

**M.S. Uteпов, O.K. Sarbopeev**

*The paper presents an analysis of all repair and insulation works (squeeze jobs) carried out over the past 10 years at the Kalamkas field. The authors performed a comparison of the reagents used to limit water inflow, and based on the analysis prepared recommendations to improve the efficiency of repair and insulation works at the Kalamkas field.*

*Key words: limitation of water inflow, repair and insulation works, squeeze jobs, waterproofing works, pilot testing, plugging works, isolation of water inflow, polymer compositions.*

### Информация об авторах

**Утепов Мақсат Сейлханұлы** – инженер департамента по борьбе с осложнениями при разработке месторождений, *uteпов\_m@kaznipi.kz*.

**Сарбопеев Орак Куангалиевич** – заместитель директора филиала по производству, *sarbopeev\_o@kaznipi.kz*.

Филиал ТОО «КМГ Инжиниринг» КазНИПИмунайгаз, г. Актау, Казахстан