

# РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



## ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ  
№ 2821870

### САМОВОССТАНАВЛИВАЮЩИЙСЯ ТАМПОНАЖНЫЙ МАТЕРИАЛ

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II" (RU)*

Авторы: *Блинов Павел Александрович (RU), Никишин Вячеслав Валерьевич (RU), Салахов Камиль Наилевич (RU)*

Заявка № 2023131368

Приоритет изобретения 30 ноября 2023 г.

Дата государственной регистрации  
в Государственном реестре изобретений  
Российской Федерации 27 июня 2024 г.

Срок действия исключительного права  
на изобретение истекает 30 ноября 2043 г.

*Руководитель Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности*

*Ю.С. Зубов*





ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК  
C09K 8/467 (2024.01)

(21)(22) Заявка: 2023131368, 30.11.2023

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
30.11.2023

Дата регистрации:  
27.06.2024

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 30.11.2023

(45) Опубликовано: 27.06.2024 Бюл. № 18

Адрес для переписки:  
190106, Санкт-Петербург, 21 линия, В.О., 2,  
ФГБОУ ВО "СПГУ", Патентно-лицензионный  
отдел

(72) Автор(ы):

Блинов Павел Александрович (RU),  
Никишин Вячеслав Валерьевич (RU),  
Салахов Камилль Наилевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования "Санкт-Петербургский горный  
университет императрицы Екатерины II"  
(RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: RU 2760860 C1, 01.12.2021. RU  
2562627 C2, 10.09.2015. RU 2637674 C2,  
06.12.2017. RU 2756993 C1, 08.10.2021. US  
10457848 B2, 29.10.2019.

## (54) САМОВОССТАНАВЛИВАЮЩИЙСЯ ТАМПОНАЖНЫЙ МАТЕРИАЛ

(57) Реферат:

Изобретение относится к составам тампонажных материалов и может быть использовано для предотвращения нарушения герметичности затрубного пространства скважины. Технический результат - восстановление целостности цементного камня. Самовосстанавливающийся тампонажный материал включает портландцемент ПЦТ-1-50, водонабухающие частицы, микрокремнезем и воду при следующем соотношении смеси компонентов, мас. %: водонабухающие частицы 0,9-1,2; портландцемент марки ПЦТ-1-50 87,8-90,1; микрокремнезем остальное до 100 мас.%, в

которую добавлена вода в водоцементном соотношении вода:портландцемент ПЦТ-1-50 1: 2. В качестве водонабухающих частиц используют частицы водонабухающего полимера марки ЛП-6С, покрытые водорастворимой оболочкой из полиэтиленгликоля с молекулярной массой 6000 г/моль ПЭГ-6000, полученные из высушенной в духовом шкафу не менее 4 часов при температуре не менее 60°C и разрушенной до частиц эмульсии, содержащей, мас. %: ПЭГ-6000 49,25-49,75; водонабухающий полимер марки ЛП-6С 0,9-1,2; воду - остальное. 1 ил., 3 табл., 31 пр.



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC  
*C09K 8/467 (2024.01)*

(21)(22) Application: **2023131368, 30.11.2023**

(24) Effective date for property rights:  
**30.11.2023**

Registration date:  
**27.06.2024**

Priority:

(22) Date of filing: **30.11.2023**

(45) Date of publication: **27.06.2024** Bull. № 18

Mail address:

**190106, Sankt-Peterburg, 21 liniya, V.O., 2, FGBOU  
VO "SPGU", Patentno-litsenzionnyj otdel**

(72) Inventor(s):

**Blinov Pavel Aleksandrovich (RU),  
Nikishin Viacheslav Valerevich (RU),  
Salakhov Kamil Nailevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**federalnoe gosudarstvennoe biudzhethnoe  
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego  
obrazovaniia «Sankt-Peterburgskii gornyi  
universitet imperatritsy Ekateriny II (RU)**

(54) **SELF-HEALING PLUGGING MATERIAL**

(57) Abstract:

FIELD: chemistry.

SUBSTANCE: invention relates to compositions of plugging materials and can be used to prevent leakage of annular space of a well. Self-healing plugging material contains Portland cement PCT-1-50, water-swelling particles, microsilica and water at the following ratio of the mixture of components, wt. %: water-swelling particles 0.9–1.2; portland cement grade PCT-1-50 87.8–90.1; microsilica – balance up to 100 wt. %, to which water is added in water-cement ratio of water : portland cement PCT-1-50 1:2. Water-swelling

particles used are LP-6S water-swelling polymer particles coated with a water-soluble polyethylene glycol shell with molecular weight of 6,000 g/mol PEG-6000, obtained from dried in an oven for at least 4 hours at a temperature of at least 60 °C and broken down to particles an emulsion containing, wt. %: PEG-6000 49.25–49.75; water-swelling polymer LP-6S 0.9–1.2; water – the rest.

EFFECT: restoration of integrity of cement stone.  
1 cl, 1 dwg, 3 tbl, 31 ex

**RU 2 821 870 C1**

**RU 2 821 870 C1**

Изобретение относится к составу тампонажных материалов и может быть использовано для предотвращения нарушения герметичности затрубного пространства скважины.

Известен самовосстанавливающийся тампонажный материал (патент РФ 2756993, опубл. 2021.10.08), включающий портландцемент и набухающую добавку. В качестве набухающей добавки используется набухающая резина, обработанная гидрофобизатором  $C_{12}$ - $C_{14}$  и подвергнутая дезинтеграторной обработке.

Недостатком данного тампонажного материала является возможность нарушения целостности структуры цементного камня в период ожидания затвердевания цемента после его закачки в скважину, т.к. в тампонажном растворе все равно будет находиться часть воды, которая не сгидратировалась с цементом. Часть воды, не сгидратировавшаяся с цементом, может растворить гидрофобизирующую оболочку  $C_{12}$ - $C_{14}$  и провзаимодействовать с набухающей резиной. Данное явление может повлиять на скелет цементного камня и впоследствии существенно снизить его прочностные характеристики.

Известен способ ремонтно-изоляционных работ в скважине» (патент RU № 2640854, опубл. 12.01.2018 г.), содержащий ацетоноформальдегидную смолу, щелочной сток производства капролактама и 10%-ный раствор гидроксида натрия.

Недостатком рассматриваемого раствора является краткосрочность водоизоляции, так как практически все полимерные композиции слабо адгезионны и со временем будут вымываться из образовавшейся трещины при условии их закачивания в трещины цементного камня.

Известен состав для изоляции и ограничения водопритока в скважины (патент RU № 2564323, опубл. 27.09.2015 г.), включающий карбамидоформальдегидную смолу и инициатор полимеризации.

Недостатком рассматриваемой добавки является краткосрочный эффект гидроизоляции водопроводящих каналов в цементном камне ввиду низкой адгезионной способности компонентов и не способность взаимодействовать с высокоминерализованной водой.

Известен самовосстанавливающийся цемент (патент RU № 2539054, опубл. 10.01.15), содержащий тампонажный раствор с термопластичными блок-сополимерными частицами, состоящий из стирол-изопрен-стирольных полимерных частиц и/или стирол-бутадиен-стирольных полимерных частиц.

Недостатком является их способность восстанавливать герметичность цементного кольца термопластичными блок-сополимерными частицами только при контакте с пластовыми углеводородами.

Известен тампонажный материал, (патент РФ № 2760860, опубл. 01.12.2021) принятый за прототип, состоящий из набухающего полимерного материала сшитого сополимера АА, покрытые водорастворимой оболочкой полимерного комплекса поливинилового спирта и карбоксиметилцеллюлозы, в котором в качестве водорастворимой оболочки для полиакриламида используется карбоксиметилцеллюлоза (КМЦ) и поливиниловый спирт (ПВС).

Недостатками являются низкие адгезионные характеристики, некачественное растворение оболочки, так как КМЦ и ПВС при контакте с водой набухает, что может сильно сказаться на растекаемости тампонажного раствора, что может неблагоприятно сказаться и на структуре цементного камня и существенно снизить его прочность.

Техническим результатом является создание состава для восстановления целостности цементного камня.

Технический результат достигается тем, что д в качестве водонабухающих частиц содержит частицы водонабухающего полимера марки ЛП-6С, покрытые водорастворимой оболочкой из полиэтиленгликоля с молекулярной массой 6000 г/моль ПЭГ-6000, полученные из высушенной в духовом шкафу не менее 4 часов при температуре не менее 60°С и разрушенной до частиц эмульсии, содержащей, мас. %: ПЭГ-6000 49,25-49,75; водонабухающий полимер марки ЛП-6С 0,9-1,2; воду - остальное, и дополнительно содержит микрокремнезем и воду при следующем соотношении смеси компонентов, мас. %:

10	указанные водонабухающие частицы	0,9 - 1,2
	портландцемент марки ПЦТ-1-50	87,8 - 90,1
	микрокремнезем	остальное до 100 мас.%,

в которую добавлена вода в водоцементном соотношении вода:портландцемент ПЦТ- 1-50 1:2.

15 Состав поясняется следующей фигурой:  
 фиг. 1 - ЛП-6С в оболочке из ПЭГ-6000, где:  
 1 - оболочка из ПЭГ-6000;  
 2 - водонабухающий полимер ЛП-6С.

20 Заявляемый состав самовосстанавливающегося тампонажного материала включает в себя следующие реагенты, их содержание, мас. %:

для водонабухающего частицы:

- полиэтиленгликоль с молекулярной массой 6000 г/моль (ПЭГ-6000), от 49,25 до 49,75, выпускаемого по ТУ 2483-008-71150986-2006;
- водонабухающий полимер марки ЛП-6С, от 0,9 до 1,2, выпускаемого по ТУ 20.59.59-001-40197975-2021;
- вода остальное, выпускаемая по ГОСТ 17.1.1.04-80.

Для самовосстанавливающегося тампонажного материала:

- водонабухающие частицы, от 0,9 до 1,2;
- портландцемент марки ПЦТ-1-50, от 87,8 до 90,1 выпускаемый по ГОСТ 1581-96;
- микрокремнезем МК, остальное, выпускаемый по ГОСТ Р 58894-2020.

30 Полиэтиленгликоль с молекулярной массой 6000 г/моль представляет собой белое порошкообразное твердое вещество с молекулярной формулой  $N(OCH_2CH_2)_nOH$ , где  $n$  - количество повторяющихся звеньев, обычно от 150 до 200. Он нетоксичен, растворим в воде и стабилен. Использование полиэтиленгликоля в качестве водорастворимой оболочки помогает защитить водонабухающую добавку от преждевременной активации на контакте с водой.

40 ЛП-6С представляет собой мелкодисперсную порошкообразную сухую смесь, обладающую гидроизолирующими и крепящими свойствами. Предназначены для применения в геологоразведочной отрасли для: гидроизоляции буровых скважин, ликвидации водопритокков; ликвидационного тампонирувания скважин; гидроизоляции гидротехнических сооружений и горных выработок; ремонта и предупреждения осложнений буровых скважин. Использование данной марки водонабухающего полимера улучшает адгезионные, герметизирующие свойства и хорошо взаимодействуют с высокоминерализованной водой.

45 Вода должна соответствовать требованиям технической воды и не содержать механических примесей.

Водонабухающие частицы состоят из водонабухающего полимера ЛП-6С, покрытого водорастворимой оболочкой из ПЭГ-6000.

Цемент тампонажный ПЦТ I-50 применяют для цементирования и крепления

нефтяных и газовых скважин с температурным режимом до 50°C, так называемые «холодные скважины» для гидроизоляции водоносных слоев.

Микрокремнезем (МК) - представляет собой ультрадисперсный материал, состоящий из частиц сферической формы, получаемый в процессе газоочистки технологических электродуговых печей при производстве кремния и ферросилиция. Основным компонентом материала является диоксид кремния аморфной модификации.

Микрокремнезем является важнейшим компонентом при производстве бетонов с высокими эксплуатационными свойствами.

Самовосстанавливающийся тампонажный материал готовится следующим образом. Вначале создаются водонабухающие частицы, для этого помещают порошок ПЭГ-6000 и воду в соотношении 1:1 в емкость и перешивают на лабораторной мешалке СЛ-1500 с получением водорастворимой эмульсии. Данная эмульсия будет служить водорастворимым покрытием для водонабухающего полимера ЛП-6С. Далее в эмульсию добавляют от 0,5% до 1,5% ЛП-6С и тщательно перемешивают. Полученную эмульсию сушат в духовом шкафу не менее 4 часов при температуре не менее 60°C. После сушки в духовом шкафу, застывшую эмульсию разрушают до мелких частиц. Так как ПЭГ-6000 растворяется в воде не менее 2 часов, то данный порядок действий с получением оболочки повторяется не менее трех раз. Полученные водонабухающие частицы позволяют отсрочить процесс преждевременной активации ЛП-6С не менее 6 часов, чтобы избежать процесса нарушения скелета в момент первой кристаллизации цементного камня.

Далее получают самовосстанавливающийся тампонажный материал. Помещают в емкости портландцемента ПЦТ 1-50 от 87,8% до 90,1%, водонабухающие частицы от 0,5% до 1,5% и микрокремнезем, а после этого добавляют воду, в соотношении 1:2 от портландцемента ПЦТ 1-50 87,8% до 90,1% и перемешивают на лабораторной мешалке СЛ-1500 до однородной консистенции.

Самовосстанавливающийся тампонажный материал поясняется следующими примерами.

Результаты всех испытаний предложенной модификации оболочки для ЛП-6С для тампонажного материала приведены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты лабораторных экспериментов

№ п/п	Реагенты, %			Лабораторные эксперименты		Динамика набухания в минерализованной воде		Изменение объема, %
	ПЭГ-6000	ЛП-6С	Вода	Гидратация ЛП-6С в момент получения оболочки	Динамика набухания в пресной воде, ч	солончатая (1 < Q < 10 г/л), ч	солоняная (10 < Q < 50 г/л), ч	
1	44,775	0,5	54,725	ЛП-6С сгидратировал				
2	44,595	0,9	54,505					
3	44,55	1	54,45					
4	44,46	1,2	54,34					
5	44,325	1,5	54,175					
6	49,75	0,5	49,75	ЛП-6С не сгидратировал	6,5	8,5	10	200
7	49,55	0,9	49,55		6,5	8,5	10	
8	49,5	1	49,5		6,5	8,5	10	
9	49,4	1,2	49,4		6,5	8,5	10	
10	49,25	1,5	49,25		6,5	8,5	10	
11	54,725	0,5	44,775	ЛП-6С не сгидратировал	8	10	12	
12	54,505	0,9	44,595		8	10	12	
13	54,45	1	44,55		8	10	12	
14	54,34	1,2	44,46		8	10	12	
15	54,175	1,5	44,325		8	10	12	

Добавление воды в примерах 1-5 в 1,2 раза больше, чем ПЭГ-6000, привело к преждевременной гидратации ЛП-6С уже на этапе приготовления эмульсии, а добавление ПЭГ-6000 в примерах 11-15 в 1,2 раза больше, чем воды, хоть и показало хорошие характеристики растворимости, однако в процессе создания эмульсии ввиду малого количества воды ПЭГ-6000 плохо растворялся в ней, что привело к некачественному получению эмульсии. Добавление воды и ПЭГ-6000 в примерах 6-10 соотношением 0,5 является самым оптимальным. При таком соотношении не произошло преждевременной гидратации ЛП-6С и ПЭГ-6000 полностью растворился в воде на этапе приготовления эмульсии. Для полной достоверности эффекта оболочивания микрочастица ЛП-6С в оболочке из ПЭГ-6000 была проверена под микроскопом (фиг. 1), концентрация минерализованной воды влияет на время набухания ЛП-6С, однако это никак не отразилось на увеличении объема.

Если сравнивать динамику набухания с пресной водой, то в минерализованной она происходит намного медленнее в пресной ЛП-6С произошло увеличение объема приблизительно на 200% не менее чем через 6,5 и 8 часов, тогда как в солоноватой и соленой воде увеличение объема приблизительно на 200% произошло не менее чем за 8,5 и 10 часов соответственно.

Были проведены лабораторные эксперименты с различными модификациями тампонажных растворов. Результаты всех испытаний предложенной модификации тампонажного материала приведены в таблице 2.

Таблица 2. Результаты лабораторных экспериментов

№ примера	Состав тампонажного материала, %			Водоцементное соотношение	Для тампонажного раствора			Для цементного камня
	ПЦТ 1-50	Водонабухающая частица	Микрокремнезем		Сроки схватывания, ч	Растекаемость, см	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Прочность на сжатие, МПа
1	100	-	-	0,5	1,5	17-18	1850	12
2	99,5	0,5	-		1,5	17-18	1825	10,6
3	99,1	0,9	-		1,5	17-18	1800	10
4	99	1	-		1,5	17-18	1800	9,4
5	98,8	1,2	-		1,48	16-17	1790	8,2
6	98,5	1,5	-		1,35	15-16	1750	7
7	91,5	0,5	8		1,5	17-18	1825	10,264
8	91,1	0,9	8		1,5	17-18	1800	9,732
9	91	1	8		1,5	17-18	1800	9,2
10	90,8	1,2	8		1,48	16-17	1790	7,99
11	90,5	1,5	8		1,35	15-16	1750	6,78
12	90,5	0,5	9		1,5	17-18	1825	12,83
13	90,1	0,9	9		1,5	17-18	1800	12,13
14	90	1	9		1,5	17-18	1800	11,46
15	89,8	1,2	9		1,48	16-17	1790	10,76
16	89,5	1,5	9		1,35	15-16	1750	8,47
17	89,5	0,5	10		1,5	17-18	1825	12,83
18	89,1	0,9	10		1,5	17-18	1800	12,13
19	89	1	10		1,5	17-18	1800	11,46
20	88,8	1,2	10		1,48	16-17	1790	10,76
21	88,5	1,5	10		1,35	15-16	1750	8,47
22	88,5	0,5	11		1,5	17-18	1825	12,83
23	88,1	0,9	11		1,5	17-18	1800	12,13
24	88	1	11	1,5	17-18	1800	11,46	
25	87,8	1,2	11	1,48	16-17	1790	10,76	
26	87,5	1,5	11	1,35	15-16	1750	8,47	
27	87,5	0,5	12	1,5	17-18	1825	15,396	

28	87,1	0,9	12		1,5	17-18	1800	14,526
29	87	1	12		1,5	17-18	1800	13,76
30	86,8	1,2	12		1,48	16-17	1790	11,89
31	86,5	1,5	12		1,35	15-16	1750	10,2

5 Во избежание потерь прочности, а также для предотвращения нарушения скелета цементного камня по истечении более 6 часов, был добавлен микрокремнезем. Результаты исследования показали, что добавление в состав тампонажного раствора от 9% до 11% микрокремнезема в примерах 17-21 повысило прочность цементного камня практически на 21% в течение двух суток, в отличие от 8% и 12% добавления микрокремнезема. 8% добавка микрокремнезема в примерах 7-11 никак не повлияла на улучшение прочностных характеристик, а 12% добавка микрокремнезема в примерах 10 27-31 существенно снижала прочность тампонажного раствора, и увеличивала хрупкость цементного камня.

15 Увеличение показателей прочности благодаря добавлению от 9% до 11% микрокремнезема помогло скомпенсировать потери при добавлении водонабухающей частицы. Однако, положительно повлиять на прочностные характеристики удалось лишь от 0,9% до 1,2% содержания водонабухающей частицы в цементном растворе.

20 Добавка водонабухающего полимера ЛП-6С с оболочкой из полиэтиленгликоля с молекулярной массой 6000 помогла предотвратить повышение вязкостных показателей тампонажного раствора. 1,5% добавление водонабухающей частицы понизило растекаемость до 15-16 см, что является неудовлетворительным показателем, т.к. для продавки тампонажного раствора этого будет не совсем достаточно.

25 Повлиять на изменение плотности путем добавления водонабухающей частицы и микрокремнезема не получилось. Но и критического снижения показателей плотности при добавлении от 0,9% до 1,2% водонабухающей частицы в опытах 3-5, 8-10, 13-15, 18-20, 23-25, 28-30 исходя из результатов эксперимента не произошло, что тоже является хорошим показателем.

Соответственно, наиболее релевантной по технологическим характеристикам являются примеры 12 - 26.

30 Для оценки герметизирующих свойств тампонажных материалов была смоделирована установка, имитирующая водопроводящий канал. Установка включает себя: опрессовочный насос «Калибр» ОПН-25, переходник с 3/8 дюйма на  $3/4$ , переходник с  $3/4$  на  $1/2$ , сгон диаметром 50 мм и мерная емкость.

35 Основным звеном в данной установке является сгон, в который был залит модифицированный тампонажный раствор с водоцементным соотношением 1:2. Данное соотношение считается самым оптимальным и чаще всего используется в строительстве скважин.

40 Эксперименты проводились с примерами 17-21 самовосстанавливающихся тампонажных материалов с 10% содержанием микрокремнезема. Выбранное процентное содержание микрокремнезема является средним из релевантного промежутка от 9% до 11% и никак не будет влиять на процесс самовосстановления тампонажного материала.

Таблица 3. Результаты лабораторных экспериментов

45

Для тампонажного раствора: Вода + ПЦТ - 1- 50 + ЛП-6С в оболочке из ПЭГ-6000 + МК.										
Время, ч	№17 0,5% ЛП-6С+ПЭГ-6000		№18 0,9% ЛП-6С+ПЭГ-6000		№19 1% ЛП-6С+ПЭГ-6000		№20 1,2% ЛП-6С+ПЭГ-6000		№21 1,5% ЛП-6С+ПЭГ-6000	
	Расход жидкости,	Давление нагнетания,	Расход жидкости,	Давление нагнетания,	Расход жидкости,	Давление нагнетания,	Расход жидкости,	Давление нагнетания,	Расход жидкости,	Давление нагнетания,

	мл/мин	МПа	мл/мин	МПа	мл/мин	МПа	мл/мин	МПа	мл/мин	МПа
1	200	0,3	200	0,3	200	0,3	200	0,3	200	0,3
2	200	0,3	178	0,4	178	0,4	166	0,4	166	0,58
3	200	0,3	156	0,6	156	0,6	132	0,6	132	0,86
4	200	0,3	134	0,8	134	0,8	98	0,8	98	1,14
5	200	0,3	102	1,03	102	1,03	53	1,03	53	1,42
6	200	0,3	78	1,21	78	1,21	31	1,21	19	1,7
7	200	0,3	41	1,48	41	1,48	12	1,48	0,29	2
8	200	0,3	16	1,51	16	1,51	0,27	2	0,29	2
9	200	0,3	5	2	5	2	0,27	2	0,29	2
10	200	0,3	0,3	2	0,3	2	0,27	2	0,29	2

Для проверки на «самозалечивание» тампонажного материала пример 17 потребовалось: 500 г цемента, 250 мл воды, 0,5% водонабухающего полимера марки ЛП-6С в оболочке из ПЭГ-6000 от массы портландцемента, 2,5 г, и 10% микрокремнезема, 50 г.

После того, как в сгон был залит тампонажный раствор, в нем было проделано несколько отверстий проволокой диаметром 0,4 мм, предварительно смазанных вазелином для беспрепятственного извлечения из затвердевшего цементного камня. Проволока служила имитатором водопроводящего канала трещины в цементном камне. По истечении двух суток, проволоки извлекались и сгон закручивался в экспериментальную установку. В опрессовочный насос заливалась вода комнатной температуры, 23°C. Далее происходило перекачивание воды с помощью насоса через сгон с последующим измерением его расхода в единицу времени. Первоначально расход воды составил  $Q=200$  мл/мин. Прокачка воды осуществлялась каждый час, сгон был полностью погружен в воду, в водопроводящих каналах постоянно находилась вода. Первоначально давление нагнетания составило 0,3-0,4 МПа. С каждым часом давление нагнетания должно расти, а расход воды уменьшаться. Однако с данным образцом такого эффекта не произошло, как и самого «самозалечивания». Рост давления не наблюдался, как и уменьшения расхода жидкости. Причиной стало недостаточное количество водонабухающего полимера для перекрытия водопроводящих каналов.

Примеры 18, 19 и 21 примеры модифицированного тампонажного раствора, содержащих от 0,9%, до 1,2% ЛП-6С в оболочке из ПЭГ-6000 с аналогичным количеством портландцемента, микрокремнезема и воды показали положительный результат герметизации водопроводящих каналов. Первоначальный расход жидкости, как и в предыдущих образцах, составлял 200 мл/мин, давление нагнетания было 0,3-0,4 МПа. При сравнении с предыдущим опытом здесь наблюдалось снижение расхода жидкости с последующим увеличением давления.

Проведенный опыт показал хорошие результаты: за не менее чем через 10 часов расход жидкости изменился с 200 мл/мин до 0,3 мл/мин, а давление с 0,3 МПа до 2 МПа. Высокое значение давления говорит о присутствии герметизации водопроводящих каналов и отличной адгезии цементного камня с ЛП-6С в оболочке из ПЭГ-6000.

Пример 22 модифицированного тампонажного раствора, содержащий 1,5% ЛП-6С в оболочке из ПЭГ-6000 тоже показал положительный результат герметизации водопроводящих каналов.

По результатам экспериментальных исследований было выявлено, что герметизация водопроводящих каналов произошла за не более чем через 7 часов. Как и в предыдущем опыте, 1,5% содержание ЛП-6С в оболочке из ПЭГ-6000 показало снижение расхода жидкости и повышение давления нагнетания.

Добавление 1,5% и более водонабухающего полимера в тампонажный раствор

существенно сокращает время герметизации водопроводящих каналов, однако у них существует ряд недостатков, о которых говорилось выше.

По результатам проведенных исследований добиться эффекта самовосстановления цементного камня удалось лишь при добавлении от 0,9% до 1,2% водонабухающего полимера марки ЛП-6С в оболочке из ПЭГ-6000. В остальных случаях «самозалечивания» не произошло. 1,5% добавка ЛП-6С в тампонажный раствор не релевантна из-за перечисленных непоправимых недостатков, поэтому адекватным процентным добавлением водонабухающего полимера является от 0,9% до 1,2% содержание ЛП-6С в оболочке из ПЭГ-6000 в тампонажном растворе.

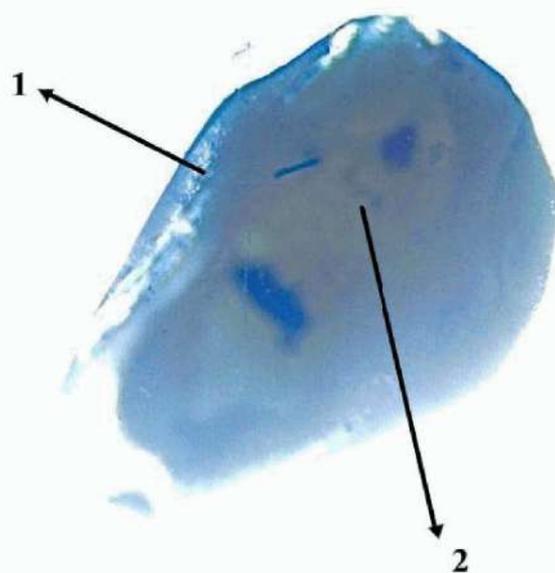
Так же был посчитан коэффициент проницаемости каналов по закону Дарси для каждого момента времени для добавления от 0,9% до 1,2% ЛП-6С в оболочке из ПЭГ-6000 в тампонажный раствор. Спустя не менее чем через 10 часов прокачки воды, коэффициент проницаемости стал численно равен 0,0012 мкм<sup>2</sup>. Восстановление герметичности трещин цементного камня достигается за счет добавления в состав водонабухающих частиц из ПЭГ-6000 и ЛП-6С, а также микрокремнезема.

#### (57) Формула изобретения

Самовосстанавливающийся тампонажный материал, включающий портландцемент ПЦТ-1-50, водонабухающие частицы, отличающийся тем, что в качестве водонабухающих частиц содержит частицы водонабухающего полимера марки ЛП-6С, покрытые водорастворимой оболочкой из полиэтиленгликоля с молекулярной массой 6000 г/моль ПЭГ-6000, полученные из высушенной в духовом шкафу не менее 4 часов при температуре не менее 60°С и разрушенной до частиц эмульсии, содержащей, мас. %: ПЭГ-6000 49,25-49,75; водонабухающий полимер марки ЛП-6С 0,9-1,2; воду - остальное, и дополнительно содержит микрокремнезем и воду при следующем соотношении смеси компонентов, мас. %:

указанные водонабухающие частицы	0,9 - 1,2
портландцемент марки ПЦТ-1-50	87,8 - 90,1
микрокремнезем	остальное до 100 мас.%,

в которую добавлена вода в водоцементном соотношении вода:портландцемент ПЦТ-1-50 1:2.



**Фиг. 1**