

УДК 622.244

Гасумов Р.Р. [Gasumov R.R.],  
Осадчая И.Л. [Osadchaya I.L.],  
Копченков В.Г. [Kopchenkov V.G.],  
Бекетов С.Б. [Beketov S.B].

## НАПОЛНИТЕЛИ РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ К БЛОКИРУЮЩИМ СОСТАВАМ ДЛЯ ГЛУШЕНИЯ СКВАЖИН

**Fillers of plant origin to blocking compositions  
for well killing**

Проведение ремонтно-восстановительных работ в скважинах газовых и газоконденсатных месторождений, находящихся на поздней стадии разработки, отличается повышенной сложностью в силу геолого-технической ситуации. При применении традиционных жидкостей глушения высокая инфильтрация этих растворов в условиях высокой репрессии способствует образованию значительной зоны их проникновения в пласт, что резко ухудшает фильтрационные характеристики пласта и создаёт ряд трудноразрешимых проблем при освоении скважин после ремонта. В статье приводится анализ свойств и поиск различных материалов, потенциально обладающих блокирующими параметрами, рассматриваются особенности применения наполнителей растительного происхождения к технологическим жидкостям, используемых при ведении ремонтных работ в скважинах с целью качественного глушения скважин с временным блокированием продуктивного пласта. Результаты проведенных экспериментальных исследований показали, что реагенты-наполнители растительного происхождения на основе отходов сельскохозяйственного производства позволяют получить пенообразующую систему, выдерживающую высокий перепад давления на пласт, способную в процессе глушения скважины блокировать призабойную зону и при низких депрессиях легко удаляться из пласта, полностью сохранив его проницаемость.

Repair and recovery works in wells of gas and gas condensate fields at the late stage of development are characterized by increased complexity due to the geological and technical situation. High infiltration of traditional well-killing fluids under conditions of high repression promotes the formation of a significant zone of their penetration into the formation which sharply worsens the filtration characteristics of the formation and creates a number of intractable problems in the development of wells after repair. The article gives the analysis of properties and search for various materials potentially possessing blocking parameters. The peculiarities of using plant-based fillers to process fluids used in repair work in wells for the purpose of qualitative killing of wells with temporary blocking of the productive formation are considered. The results of the experimental researches showed that the agents-fillers based on agricultural waste products make it possible to obtain a foaming system withstanding high pressure drop on the formation capable of blocking the bottomhole zone in the process of killing the well and at low depressions easily removable from the formation, completely retaining its permeability.

**Ключевые слова:** скважина, глушение, блокирование призабойной зоны пласта, технологические жидкости, наполнитель, травяная мука (ТМ), пенообразующая жидкость (ПОЖ), пеноэмульсии, фильтрационно-емкостные свойства.

**Key words:** well, killing, blocking the bottomhole formation zone, process fluids, filler, herbal flour, foaming fluid, foam emulsion, filtration-capacitive properties.

### **Введение**

Одной из проблем нефтегазовой промышленности является общее сокращение объемов добычи углеводородного сырья, связанное с тем, что эксплуатация многих газовых и газоконденсатных месторождений

находится на поздней стадии разработки, которая сопровождается различными осложнениями, в том числе старением основного скважинного фонда и падением уровня добычи газа и газоконденсата. С целью восстановления и поддержания производительности скважин необходимо проведение в них ремонтно-восстановительных работ. Одним из основных этапов в комплексе проводимых геолого-технических мероприятий является глушение и освоение скважин с применением специальных жидкостей. Основными требованиями к качеству проводимых работ в скважинах является сохранение фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС) продуктивного пласта, которое зависит от свойств применяемых технологических жидкостей [1–3].

### **Материалы и методы исследований**

С целью совершенствования составов технологических жидкостей, применяемых для блокирования призабойной зоны продуктивных пластов при глушении и освоении скважин, были проведены многочисленные теоретические, лабораторные и экспериментальные исследования для изучения возможности использования различных реагентов-наполнителей растительного происхождения к жидкостям глушения, а также технологии их приготовления.

### **Результаты исследований и их обсуждение**

Травяную муку (ТМ) как наполнитель жидкости глушения готовят из растительных отходов зерновых хлебов или зернобобовых, или масличных, или прядильных культур, или смеси трав однолетних и многолетних растений, богатых протеином и клетчаткой. Для приготовления муки могут быть также использованы солома и мякина.

К зерновым культурам относятся пшеница, рожь, ячмень, овес, кукуруза, просо, сорго, рис, гречиха; к зернобобовым – горох, соя, люпин, фасоль, кормовые бобы, чина, нут, чечевица; к масличным – подсолнечник, рапс, арахис, кунжут; к прядильным – хлопок, лён, конопля; к однолетним растениям – донник, вика, сераделла, суданская трава; к многолетним – пырей, клевер, райграс, тимофеевка и др.

Состав сырья для приготовления травяной муки, мас. %: протеин 4,4–16,9; жир 1,3–7,5; клетчатка 26,4–42,9; безазотистые экстрактивные вещества (БЭВ) 36,2–48,7; зола 7,5–16,5 (табл. 1).

В группу БЭВ входят моносахариды (глюкоза, фруктоза, галактоза, арабиноза, манноза, ксилоза), дисахариды (мальтоза, лактоза, сахароза), несахароподобные полисахариды (крахмал, пектины, гемицеллюлозы), растительные гумми и слизи, пигменты, смолы, таннины, органические кислоты и т.д. [4].

Исходное сырьё для приготовления травяной муки из сельскохозяйственных культур или их отходов предварительно измельчается в сечку с раз-

Таблица 1. ОСНОВНОЙ ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ТРАВЯНОЙ МУКИ, ИЗГОТОВЛЕННОЙ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР И ИХ ОТХОДОВ

| Сырьё для приготовления травяной муки | Химический состав, мас. % |     |           |      |      |
|---------------------------------------|---------------------------|-----|-----------|------|------|
|                                       | протеин                   | жир | клетчатка | БЭВ  | зола |
| Трава естественных угодий             | 13,0                      | 2,9 | 28,5      | 45,3 | 10,3 |
| Однолетние травы                      | 13,2                      | 3,0 | 26,4      | 45,6 | 11,8 |
| Многолетние травы                     | 14,4                      | 3,4 | 29,2      | 44,3 | 8,7  |
| Смеси:                                |                           |     |           |      |      |
| – бобовых культур                     | 16,9                      | 2,6 | 27,3      | 42,6 | 10,6 |
| – злаковых культур                    | 11,7                      | 2,9 | 27,9      | 48,7 | 8,8  |
| – злаково-бобовых культур             | 12,9                      | 3,0 | 27,7      | 47,5 | 8,9  |
| Подсолнечник                          | 11,7                      | 7,5 | 29,7      | 39,3 | 11,7 |
| Кукуруза                              | 10,6                      | 2,9 | 27,9      | 48,7 | 8,8  |
| Сорго                                 | 15,4                      | 2,7 | 19,7      | 54,8 | 7,4  |
| Мякина:                               |                           |     |           |      |      |
| – пшеничная                           | 9,0                       | 1,3 | 37,0      | 36,2 | 16,5 |
| – гречишная                           | 12,6                      | –   | 26,6      | 47,2 | 13,6 |
| – соевая                              | 15,2                      | 5,7 | 29,2      | 40,8 | 9,1  |
| Солома:                               |                           |     |           |      |      |
| – пшеничная                           | 4,4                       | 1,6 | 42,9      | 43,3 | 7,8  |
| – гречишная                           | 7,5                       | 1,8 | 37,6      | 42,4 | 10,7 |
| – суданской травы                     | 5,8                       | 1,4 | 40,4      | 44,8 | 7,5  |

мером частиц до 100 мм в агрегатах типа ИК–3, ИГК–30А, РСС–6 и др. Затем измельченная масса с размером частиц от 20 до 100 мм поступает в универсальные мельницы или дробилки типа АВМ, МДУ и др., где измельчается до степени помола с остатком на сите (размер ячейки 3 мм) не более 5 % [5].

При помоле через решето 3 мм двухкомпонентного состава ТМ и его добавке в пенообразующую жидкость (ПОЖ) в количестве 5 мас. % получили пенную систему с устойчивостью 3840 с/см<sup>3</sup> и давлением прорыва пенного экрана 32 МПа при однократном дроблении сырья и с параметрами: устойчивость 4320 с/см<sup>3</sup> и давление прорыва 36 МПа – при двукратном помоле. В первом случае давление деблокирования пены из зерна составило 0,4 МПа, во втором – 0,2 МПа.

Учитывая полученные результаты исследований основных технологических показателей жидкостей блокирования для выпуска опытной партии наполнителя ТМ наиболее целесообразно использование растительных отходов зерновых и масличных культур в соотношении 1:1 [6, 7].

При двукратном дроблении сырьевых компонентов через решето 3 мм при 4500 об/мин на агрегате типа КДУ получается наполнитель ТМ следующего фракционного состава (табл. 2):

Таблица 2. ФРАКЦИОННЫЙ СОСТАВ НАПОЛНИТЕЛЯ ТМ ПРИ ДВУКРАТНОМ ДРОБЛЕНИИ

| № пробы, пп | Размер фракции, мм | Количество, мас. % |
|-------------|--------------------|--------------------|
| 1           | >                  | 9,8                |
| 2           | 1 – 0,5            | 43,2               |
| 3           | 0,5 – 0,315        | 22,0               |
| 4           | 0,315 – 0,25       | 7,0                |
| 5           | <                  | 18,0               |

Фракционный состав растительного наполнителя из люцерны и гороховой соломы (ЛГС) (табл. 3):

Таблица 3. ФРАКЦИОННЫЙ СОСТАВ НАПОЛНИТЕЛЯ ИЗ ЛЮЦЕРНЫ И ГОРОХОВОЙ СОЛОМЫ (ЛСГ)

| № пробы, пп | Размер фракции, мм | Количество, мас. % |
|-------------|--------------------|--------------------|
| 1           | >                  | 7,5                |
| 2           | 2,5–1,0            | 10,5               |
| 3           | 1,0–0,5            | 16,4               |
| 4           | 0,5–0,315          | 21,6               |
| 5           | 0,315–0,25         | 10,2               |
| 6           | <                  | 33,8               |

Для опробования в качестве дополнительного компонента к наполнителю ТМ приготовлен состав из отходов масличных и зерновых культур. Добавка ЛГС к ТМ составляла 10, 20 и 30 % по сухому веществу. Влияние комбинированного наполнителя (ЛГС + ТМ) на устойчивость пеноэмульсии видно по данным, приведённым в таблице 4. А именно, дополнительное введение к ТМ добавок наполнителя ЛГС несколько повышает кратность пеноэмульсии и незначительно снижает её устойчивость. Исходя из этого, можно сделать вывод, что применение ЛГС в качестве добавки к ТМ нецелесообразно [8–12].

Таблица 4. УСТОЙЧИВОСТЬ ПЕНОЭМУЛЬСИЙ С КОМБИНИРОВАННЫМ НАПОЛНИТЕЛЕМ

| № п/п | Добавка наполнителя, мас. % от объема ПОЖ | Кратность | Устойчивость, с/ см³ |
|-------|-------------------------------------------|-----------|----------------------|
| 1     | 5 ТМ (100)                                | 1,18      | 14400                |
| 2     | 5 (ТМ + ЛГС = 90 + 10)                    | 1,28      | 10800                |
| 3     | 5 (ТМ + ЛГС = 80 + 20)                    | 1,33      | 8640                 |
| 4     | 5 (ТМ + ЛГС = 70 + 30)                    | 1,30      | 12343                |

Двукратным помолом люцерны и гороховой соломы в соотношении 1:1 через решето 3 мм получена проба наполнителя ЛГС фракционного состава:

Таблица 5. ФРАКЦИОННЫЙ СОСТАВ НАПОЛНИТЕЛЯ ИЗ ЛЮЦЕРНЫ И ГОРОХОВОЙ СОЛОМЫ (ЛГС)

| № пробы, пп | Размер фракции, мм | Количество, мас. % |
|-------------|--------------------|--------------------|
| 1           | >                  | 9,0                |
| 2           | 2,5–1,0            | 6,0                |
| 3           | 1,0–0,5            | 15,0               |
| 4           | 0,5–0,315          | 20,0               |
| 5           | 0,315–0,25         | 10,0               |
| 6           | <                  | 40,0               |
| 7           | >                  | 9,0                |

Применение в качестве наполнителя только ЛГС в количестве 5 мас.% от объема ПОЖ приводит к образованию устойчивой пеноэмульсии с кратностью 1,22 и нулевым водоотделением за 1 сут. Давление прорыва пенного экрана при блокировании этим составом равно 26 МПа, что ниже 32 МПа при блокировании пеноэмульсией с наполнителем ТМ в количестве тех же 5 мас. %. В то же время устойчивость пенной системы с ТМ соответствует 3840 с/см³ при том же способе помола сырьевых компонентов.

Более высокая устойчивость пеноэмульсии с ЛГС, чем с ТМ, обусловлена, в основном, её фракционным со-

ставом. Так например, содержание последних двух мелких фракций в ЛГС практически вдвое выше, чем в ТМ. При более высокой устойчивости системы с ЛГС её блокирующие свойства ниже, чем пеноэмульсии с ТМ из-за меньшего содержания в ЛГС частиц с большей длиной волокон (> 0,315 мм 50% в ЛГС и 75% в ТМ).

Таким образом, по совокупности полученных данных, наиболее целесообразным является использование ТМ из отходов масличных и зерновых культур определенного фазового состава в качестве наполнителя в блокирующую жидкость.

При поисковых исследованиях по выбору наполнителя для приготовления жидкостей для временного блокирования продуктивных пластов оценивались такие свойства получаемых пеноэмульсий, как устойчивость  $S$  (с/см<sup>3</sup>), кратность пены  $K$ , блокирующая и коркообразующая способности, а также фильтрационные свойства.

Экспериментальные исследования основных свойств пенных систем показали, что получаемые пеноэмульсии с растительными наполнителями отличаются от применяемых пенных систем с торфяным наполнителем более высокой стабильностью. Наилучшие пенообразующие свойства и устойчивость имеют составы с травяной мукой из отходов подсолнечника, сои, хлопка, пшеничной и гречишной мякины. Более низкие показатели у пеноэмульсий с наполнителями из кукурузы и сорго. Это, вероятно, обусловлено меньшим, чем у других наполнителей, содержанием склонной к набуханию в жидких средах клетчатки, способной связывать воду (табл. 6).

Таблица 6. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ЗАКУПОРИВАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ПОЖ С НАПОЛНИТЕЛЯМИ РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ НА МОДЕЛИ ТРЕЩИНОВАТОГО КОЛЛЕКТОРА

| Добавка наполнителя, % от объема ПОЖ         | pH   | Кратность | $S$ , с/см <sup>3</sup> | $P_H$ , МПа | $P_F$ , МПа | $P_{сдв.}$ , МПа | $P_{обр.}$ , МПа | Проникновение наполнителя |
|----------------------------------------------|------|-----------|-------------------------|-------------|-------------|------------------|------------------|---------------------------|
| ПОЖ на основе газоконденсата                 |      |           |                         |             |             |                  |                  |                           |
| 3% Подсолн.* сух.                            | 3,15 | 2,4       | 2468                    | 2,8         | 6,0         | 30,0             | 0,6              | полное                    |
| 3% Подсолн.* (192 ч в NaOH)                  | 7,0  | 2,35      | 3960                    | 1,6         | 2,0         | 17,0             | 0,2              | полное                    |
| 3% Подсолн* выдерж. в CaCl <sub>2</sub> 24 ч | 5,04 | 2,35      | 3142                    | 2,0         | 2,8         | 13,2             | 0,05             | полное                    |
| 3% Соя* сух.                                 | 3,65 | 2,30      | 2982                    | 1,6         | 3,2         | 24,0             | 0,1              | полное                    |
| 3% Соя* (24 ч в NaOH)                        | 8,2  | 2,25      | 3870                    | 1,6         | 3,0         | 23,6             | 0,4              | не полное                 |
| 3% Гречиха* сух.                             | 3,84 | 2,8       | 2708                    | 1,2         | 5,2         | 22,0             | 0,2              | не полное                 |
| 3% Гречиха* (168 ч в NaOH)                   | 7,26 | 2,50      | 2880                    | 3,2         | 2,0         | 20,0             | 0,05             | полное                    |

| Добавка наполнителя,<br>% от объема ПОЖ             | pH   | Крат-<br>ность | S,<br>с/см <sup>3</sup> | pH,<br>МПа | РФ,<br>Мпа | Рсдв.,<br>Мпа | Робр,<br>Мпа | Проникновение<br>наполнителя |
|-----------------------------------------------------|------|----------------|-------------------------|------------|------------|---------------|--------------|------------------------------|
| 3% Гречиха** сух.                                   | 3,16 | 2,60           | 2160                    | 0,3        | 0,4        | 2,0           | 0,3          | не полное                    |
| 3% Хлопок-стебель*<br>сух.                          | 3,8  | 2,60           | 2520                    | 4,0        | 7,2        | 36,8          | 0,6          | полное                       |
| 3% Хлопок-стебель*<br>(24 ч в NaOH)                 | 7,86 | 2,70           | 3000                    | 2,4        | 4,2        | 20,8          | 0,4          | полное                       |
| 3% Хлопок-стебель*<br>(168 ч в NaOH)                | 7,85 | –              | –                       | 5,2        | 7,2        | 16,4          | 0,3          | полное                       |
| 3% Хлопок-<br>коробочка* сух.                       | 3,16 | 2,0            | 2736                    | 4,0        | 6,8        | 16,0          | 0,2          | полное                       |
| 3% Хлопок-<br>коробочка*<br>(24 ч в NaOH)           | 7,8  | 2,0            | 5760                    | 2,0        | 3,2        | 8,8           | 0,2          | полное                       |
| 3% Полова* сух.<br>в эмул.                          | 4,76 | 2,50           | 2468                    | 0,4        | 0,4        | 6,8           | 2,0          | не полное                    |
| 3% Полова*<br>(1 ч в р-ре CaCl <sub>2</sub> )       | 4,66 | 2,45           | 2880                    | 0,4        | 0,4        | 28,0          | 0,1          | полное                       |
| 7% Полова* сух.                                     | 4,51 | 2,20           | 2834                    | 4,0        | 3,0        | 22,0          | 0,6          | полное                       |
| 3% Полова **<br>(1 ч в р-ре CaCl <sub>2</sub> )     | 3,75 | 2,95           | 2880                    | 0,3        | 0,3        | 6,0           | 0,3          | не полное                    |
| 7% Полова **<br>(1 ч в р-ре CaCl <sub>2</sub> )     | 3,64 | 2,4            | 3142                    | 2,0        | 3,2        | 28,0          | 0,6          | не полное                    |
| 3% Гранулы травы*<br>(15 сут в NaOH)                | 6,8  | –              | –                       | 1,2        | 2,8        | 7,6           | 0,2          | не полное                    |
| 3% Кукуруза **<br>(24 ч в NaOH)                     | 9,4  | –              | –                       | 1,2        | 2,8        | 6,8           | 0,05         | не полное                    |
| 3% Кукуруза **<br>(120 ч в NaOH)                    | 9,58 | –              | –                       | 2,0        | 2,0        | 6,8           | 0,05         | не полное                    |
| 3% Кукуруза **<br>(144 ч в р-ре CaCl <sub>2</sub> ) | 4,76 | –              | –                       | 0,3        | 0,5        | 14,0          | 0,7          | не полное                    |
| 3% Сорго ** сух.                                    | 4,8  | –              | –                       | 0,3        | 0,5        | 12,4          | 0,1          | не полное                    |
| 3% Сорго*<br>(120 ч в NaOH)                         | 6,56 | –              | –                       | 1,0        | 0,8        | 2,8           | 0,1          | не полное                    |
| ПОЖ на основе дизельного топлива                    |      |                |                         |            |            |               |              |                              |
| 7% Подсолн.*<br>(> 1 мес в NaOH)                    | 10,2 | 2,43           | 3840                    | 4,0        | 2,8        | 10,8          | 0,4          | полное                       |
| 7% Подсолн.* сух.                                   | 4,96 | 1,60           | 6912                    | 14,0       | 8,0        | 35,0          | 0,2          | полное                       |
| 3% Полова*<br>(> 1 мес в р-ре CaCl <sub>2</sub> )   | 5,10 | 2,75           | –                       | 1,6        | 2,0        | 36,0          | 0,5          | полное                       |

| Добавка наполнителя,<br>% от объема ПОЖ | рН   | Крат-<br>ность | S,<br>с/см³ | РН,<br>МПа | РФ,<br>МПа | Рсдв.,<br>Мпа | Робр,<br>Мпа | Проникновение<br>наполнителя |
|-----------------------------------------|------|----------------|-------------|------------|------------|---------------|--------------|------------------------------|
| 3% Полова*<br>(> 1 мес в NaOH)          | 7,95 | 2,75           | –           | 1,2        | 2,4        | 9,6           | 0,03         | не полное                    |
| 7% Полова*<br>(> 1 мес в NaOH)          | 9,61 | 2,95           | 3456        | 4,0        | 4,0        | 18,4          | 0,1          | полное                       |
| 7% Полова*<br>(19 сут в р-ре CaCl₂)     | 4,74 | 2,10           | –           | 6,0        | 5,4        | 39,2          | 0,1          | полное                       |
| 7% Полова*<br>(> 1 мес в р-ре CaCl₂)    | 4,06 | 2,35           | –           | 4,8        | 4,2        | 39,2          | 0,2          | полное                       |
| 7% Гречиха*<br>(> 1 мес в NaOH)         | 9,24 | 2,10           | 5760        | 6,0        | 8,8        | 22,8          | 0,05         | не полное                    |
| 3% Гранулы травы*<br>сух.               | 5,10 | 2,10           | 2468        | 2,0        | 4,0        | 26,0          | 0,05         | полное                       |
| 7% Гранулы травы*<br>сух.               | 4,97 | 1,75           | 2880        | 6,0        | 5,2        | 40,0          | 0,3          | полное                       |
| 7% Хлопок-стебель*<br>сух.              | 4,95 | 1,85           | 2880        | 4,0        | 3,6        | 28,0          | 0,02         | полное                       |
| 7% Соя*<br>(1 мес в NaOH)               | 10,6 | 2,15           | 6912        | 4,0        | 3,4        | 28,0          | 0,03         | полное                       |

Примечание: Состав ПОЖ, об. %: 25%-й раствор КССБ – 20; дизельное топливо (газоконденсат) – 20; водный раствор CaCl2 (гВ скобках приведен способ обработки наполнителя перед введением в ПОЖ).

\* – фракционный состав наполнителя соответствует фракционному составу «Целлофона-F»

\*\* – фракционный состав наполнителя соответствует фракционному составу торфа

В результате проведенных стендовых испытаний установлено (табл. 7)., что пеноэмульсии с такими наполнителями, как подсолнечник, соя, гречиха, хлопок и пшеничная мякина обладают более высокими закупоривающими свойствами, чем пеноэмульсии с наполнителями из кукурузы и сорго. Это обусловлено меньшим содержанием клетчатки в сорго и кукурузе по сравнению с её количеством в вышеперечисленных растительных наполнителях. При набухании в жидких средах объём частиц травяной муки, содержащей достаточное количество клетчатки, увеличивается в 5–8 раз, что позволяет получить систему не только с необходимыми закупоривающими свойствами, но и с пониженной фильтрацией. В совокупности технологические свойства пеноэмульсий как блокирующих жидкостей значительно улучшаются.

Таблица 7. РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ ФИЛЬТРАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ПЕН

| Добавка наполнителя,<br>% от объема ПОЖ                       | pH   | K    | Объём<br>раствора,<br>оставшегося<br>в камере,<br>мл | Объём<br>раствора<br>поглощенного<br>песком,<br>мл | Объём<br>раствора,<br>прошедшего<br>через<br>песчаный<br>фильтр,<br>мл | Толщина<br>внешней<br>корки,<br>мм |
|---------------------------------------------------------------|------|------|------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| ПОЖ на основе газоконденсата                                  |      |      |                                                      |                                                    |                                                                        |                                    |
| 3% Подсолн.* сух.                                             | 3,15 | 2,40 | 94,88                                                | 28,52                                              | 0                                                                      | 1                                  |
| 3% Подсолн.*<br>(24 ч в NaOH)                                 | 8,26 | 2,40 | 94,88                                                | 30,12                                              | 1,6                                                                    | 1                                  |
| 3% Подсолн.<br>(192 ч в NaOH)                                 | 7,00 | 2,50 | 97,89                                                | 27,11                                              | 0                                                                      | 1                                  |
| 3% Подсолн.** сух.                                            | 4,85 | 3,00 | 0                                                    | 0                                                  | 125                                                                    | 0                                  |
| 3% Подсолн.*<br>не прос., выдерж. в<br>CaCl <sub>2</sub> 24 ч | 4,78 | 2,30 | 72,29                                                | 33,71                                              | 19                                                                     | 1,5                                |
| 3% Подсолн.*<br>измельч., выдерж.<br>в CaCl <sub>2</sub> 24ч  | 5,04 | 2,35 | 79,82                                                | 31,68                                              | 13,5                                                                   | 1                                  |
| 3% Соя* сух.                                                  | 3,65 | 2,30 | 49,7                                                 | 43,30                                              | 32,0                                                                   | 1                                  |
| 3% Соя*<br>(24 ч в NaOH)                                      | 8,20 | 2,25 | 64,76                                                | 36,24                                              | 24,0                                                                   | 1                                  |
| 3% Соя* сух.                                                  | 4,36 | 2,20 | 0                                                    | 0                                                  | 125                                                                    | 0                                  |
| 3% Гречиха* сух.                                              | 3,84 | 2,80 | 79,82                                                | 28,18                                              | 17,0                                                                   | 1,5                                |
| 3% Гречиха*<br>(24 ч в NaOH)                                  | 7,92 | 2,48 | 87,35                                                | 30,25                                              | 7,4                                                                    | 1                                  |
| 3% Гречиха*<br>(168 ч в NaOH)                                 | 7,26 | 2,50 | 97,89                                                | 26,11                                              | 1                                                                      | 1                                  |
| 3% Гречиха** сух.                                             | 3,16 | 2,60 | 0                                                    | 0                                                  | 125                                                                    | 0                                  |
| 3% Гречиха**<br>(168 ч в NaOH)                                | 8,08 | 2,45 | 0                                                    | 0                                                  | 125                                                                    | 0                                  |
| 3% Хлопок-стебель*<br>сух.                                    | 3,80 | 2,60 | 87,35                                                | 27,85                                              | 9,8                                                                    | 1                                  |
| 3% Хлопок-стебель*<br>(24 ч в NaOH)                           | 7,86 | 2,70 | 67,77                                                | 37,23                                              | 20,0                                                                   | 1                                  |
| 3% Хлопок-стебель*<br>(168 ч в NaOH)                          | 7,85 | 2,65 | 79,82                                                | 30,18                                              | 15                                                                     | 1,5                                |
| 3% Хлопок-коро-<br>бочка* сух.                                | 4,07 | 2,00 | 87,35                                                | 31,65                                              | 6,0                                                                    | 1                                  |

| 1                                         | 2    | 3    | 4     | 5     | 6    | 7   |
|-------------------------------------------|------|------|-------|-------|------|-----|
| 3% Хлопок-коробочка*<br>(24 ч в NaOH)     | 7,80 | 2,00 | 87,35 | 17,65 | 20,0 | 1,5 |
| 3% Полова**<br>(1ч в р-ре CaCl2 )         | 3,75 | 2,60 | 34,64 | 56,36 | 34   | 0   |
| 7% Полова**<br>(1ч в р-ре CaCl2 )         | 3,64 | 2,40 | 57,23 | 29,87 | 38   | 2   |
| 3% Полова* сух.                           | 4,76 | 2,50 | 0     | 0     | 125  | 0   |
| 3% Полова*<br>(1ч в р-ре CaCl2 )          | 4,66 | 2,45 | 0     | 0     | 125  | 0   |
| 7% Полова* сух.                           | 4,51 | 2,20 | 42,17 | 46,83 | 36   | 5   |
| 3% ТЩН*                                   | 5,35 | 3,23 | 82,83 | 25,17 | 17   | 1   |
| 3% Гранулы травы*<br>(15 сут в р-ре NaOH) | 6,8  | –    | 0     | 0     | 125  | 0   |
| 3% Кукуруза**<br>(24 ч в NaOH)            | 9,4  | –    | 0     | 0     | 125  | 0   |
| 3% Кукуруза**<br>(120 ч в NaOH)           | 9,58 | –    | 0     | 0     | 125  | 0   |
| 3% Кукуруза**<br>(144 ч в р-ре CaCl2)     | 4,76 | –    | 0     | 0     | 125  | 0   |
| 3% Сорго* сух.                            | 4,8  | –    | 0     | 0     | 125  | 0   |
| 3% Сорго**<br>(120 ч в NaOH)              | 9,38 | –    | 0     | 0     | 125  | 0   |
| 3% Сорго*<br>(120 ч в NaOH)               | 6,56 | –    | 0     | 0     | 125  | 0   |
| ПОЖ на основе дизельного топлива          |      |      |       |       |      |     |
| 3% Соя*<br>(168 ч в NaOH)                 | 8,25 | 2,20 | 64,76 | 28,24 | 32   | 1   |
| 7% Соя*<br>(168 ч в NaOH)                 | 7,97 | 2,10 | 87,35 | 29,15 | 8,5  | 1   |
| 7% Соя*<br>(1 мес в NaOH)                 | 10,6 | 2,15 | 94,88 | 15,12 | 15   | 1   |
| 3% Соя* сух.                              | 3,95 | 2,25 | 64,76 | 30,24 | 30   | 1   |
| 3% Гречиха* сух.                          | 3,70 | 2,75 | 64,76 | 30,24 | 30   | 1   |
| 7% Гречиха*<br>(> 1 мес в NaOH)           | 9,24 | 2,10 | 94,88 | 17,12 | 13   | 1,5 |
| 7% Подсолн.* сух.                         | 4,96 | 1,60 | 94,88 | 30,12 | 0    | 1   |
| 7% Подсолн.*<br>(1 мес в NaOH)            | 10,2 | 2,43 | 94,88 | 27,12 | 3    | 1   |

| 1                          | 2    | 3    | 4     | 5     | 6   | 7         |
|----------------------------|------|------|-------|-------|-----|-----------|
| 7% Хлопок-стебель*<br>сух. | 4,95 | 1,95 | 34,64 | 55,56 | 35  | 1         |
| 3% Гранулы травы*<br>сух.  | 5,10 | 2,10 | 0     | 0     | 125 | 20 рыхлая |
| 7% Гранулы травы*<br>сух.  | 4,97 | 1,75 | 34,64 | 40,36 | 50  | 10 рыхлая |

Поскольку пеноэмульсии с наполнителями из неизмельченных травяных гранул (комбикорма), кукурузы и сорго имеют недостаточную закупоривающую способность (Рсдв), а также высокие фильтрационные свойства, они не могут быть использованы в качестве наполнителей жидкостей для блокирования пластов.

Как следует из данных (таб. 7), на закупоривающие и фильтрационные свойства пеноэмульсий оказывает влияние способ обработки наполнителя перед приготовлением блокирующей жидкости. Обработка щёлочью, как правило, повышает устойчивость пенной системы. Это обусловлено образованием мелкодисперсного осадка гидроксида кальция при взаимодействии щёлочи и хлорида кальция ПОЖ.

Закупоривающая способность пенных систем с наполнителями при обработке последних щёлочью или хлоридом кальция снижается за исключением применения половы (мякины пшеницы).

Степень измельчения наполнителей (фракционный состав, соответствующий составу «Полицелл» или торфа) также оказывает влияние на блокирующие и фильтрационные свойства пенных систем. Наполнители с фракционным составом, близким к составу «Полицелл» (табл. 7), обеспечивают более высокую блокирующую способность и пониженную фильтрацию пеноэмульсий, чем наполнители с фракционным составом, соответствующим торфу. Более крупная фракция наполнителя отрицательно влияет на фильтрационные показатели исследуемых пеноэмульсионных систем, повышая фильтрацию последних до 125 мл (весь объём испытуемого состава, т.е. фильтруется полностью) практически для всех видов используемых наполнителей [13].

### Заключение

В результате проведённых исследований по выбору наполнителя в жидкость для временного блокирования продуктивных пластов установлено, что в качестве наполнителей растительного происхождения в соответствии с наиболее низкими фильтрационными свойствами и высокой закупоривающей способностью получаемых ПОЖ может быть рекомендована травяная мука из подсолнечника, мякины гречихи или пшеницы, стебля хлоп-

ка или соевой соломы, а также смеси измельченных трав однолетних и многолетних растений.

С целью предупреждения ухудшения ФЕС пласта, жидкости глушения должны отвечать определенным требованиям, основные из них: достаточное значение плотности, обеспечивающей создание необходимого противодействия на забой скважины; структурно-механические свойства, позволяющие блокировать продуктивный пласт на весь период проведения ремонтных работ, с предотвращением загрязнения ПЗП; возможность легкого извлечения их из пласта потоком газа в процессе освоения скважин при сравнительно низких депрессиях.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гасумов Р.А. Особенности строительства глубоких скважин в осложненных горно-геологических условиях Пердкавказья / Р.А. Гасумов, В.Г. Копченков, В.Т. Лукьянов, Н.Г. Федорова, С.Н. Овчаров // Наука. Инновации. Технологии. 2017. № 1. С. 123–140.
2. Гасумов Р.А., Минликаев В.З. Повышение и восстановление производительности газовых и газоконденсатных скважин: монография / Р.А. Гасумов, В.З. Минликаев. М.: «Газпром экспо», 2010. 478 с.
3. Гасумов Р.А. Об эффективности применения наполнителей растительного происхождения к технологическим жидкостям / Р.А. Гасумов, Э.Р. Гасумов // Естественные и технические наук. 2016. № 6 (96) С. 48–59.
4. Состав и питательность кормов: Справочник / И.С. Шумилин, Г.П. Державина, А.М. Артюшин и др.; под ред. И.С. Шумилина. М.: Агропромиздат. 1986. 303 с.
5. Вавилов П.П. Практикум по растениеводству / П.П. Вавилов, В.В. Гриценко, В.С. Кузнецов. М.: Колос. 1983. 356 с.
6. Перейма А.А. Исследование блокирующей способности жидкостей глушения с наполнителями растительного происхождения / А.А. Перейма, Р.Р. Гасумов, В.Е. Черкасова, Г.Ф. Тукаева // Сб. научн. трудов: Проблемы эксплуатации и капитального ремонта скважин на месторождениях и ПХГ, вып. 41. Ставрополь: РИЦ «СевКавНИПИгаз». 2004. С. 137–146.
7. Перейма А.А., Черкасова В.Е., Гасумов Р.Р. Пенообразующий состав для глушения скважин / Патент РФ № 2266394. Опубликовано: 20.12.2005.
8. Гасумов Р.Р. Пенообразующий состав для глушения газовых и газоконденсатных скважин на поздней стадии разработки месторождений / Р.Р. Гасумов // Нефтепромысловое дело, 2012. №2. С. 60–64.

9. Гасумов Р.Р. Блокирующие жидкости с наполнителем для глушения скважин / Р.Р. Гасумов // Вестник Ассоциации буровых подрядчиков. 2012. № 1. С. 35-39.
10. Гасумов Р.А. Пенные системы для бурения и ремонта скважин: монография / Р.А. Гасумов, А.В. Калинин, М.Г. Гейхман. М.: «ИРЦ Газпром», 2008. 269 с.
11. Гасумов Р.Р. Пенообразующие жидкости для блокирования продуктивных пластов при их вскрытии перфорацией / Р.Р. Гасумов // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. 2012. № 5. С. 42–46.
12. К вопросу оценки фильтрационных свойств пеноэмульсий с растительными наполнителями / А.А. Перейма, В.Е. Черкасова, Г.Ф. Тукаева // Сб. научн. трудов: Проблемы эксплуатации и капитального ремонта скважин на месторождениях и ПХГ, вып. 41. Ставрополь: РИЦ «СевКавНИПИгаз». 2004. С. 159–168.
13. Гасумов Р.А. Применение реагента-наполнителя «Целлотон-Ф» при проведении капитального ремонта скважин на месторождениях Северного Кавказа / Р.А. Гасумов, Н.А. Костенко, Р.Р. Гасумов, Н.Б. Козлов, В.В. Романов // Сб. тезис. докл. III Региональной науч.-техн. конф. «Вузовская наука – Северо-Кавказскому региону». Ставрополь: СГТУ. 1999. С. 33.

### References

1. Gasumov R.A. Osobennosti stroitel'stva glubokih skvazhin v oslozhnennykh gorno-geologicheskikh usloviyakh Predkavkaz'ja (Features of deep wells the construction in the complicated mining and geological conditions of Transcaucasia) / R.A. Gasumov, V.G. Koptchenkov, V.T. Luk'janov, N.G. Fedorova, S.N. Ovcharov // Nauka. Innovacii. Tehnologii. 2017. № 1. S. 123-140.
2. Gasumov R.A., Minlikaev V.Z. Povyshenie i vosstanovlenie proizvoditel'nosti gazovykh i gazokondensatnykh skvazhin: monografiya (Increase and restoration of productivity of gas and gas condensate wells: monograph) / R.A. Gasumov, V.Z. Minlikaev. M.: ООО «Газпром межсп», 2010. 478 s.
3. Gasumov R.A. Ob jeffektivnosti primeneniya napolnitelej rastitel'nogo proishozhdeniya k tehnologicheskim zhidkostjam (On the effectiveness of the application of vegetable-based fillers to process fluids) / R.A. Gasumov, Je.R. Gasumov // Estestvennye i tehicheskie nauk. 2016. № 6 (96) S. 48–59.
4. Sostav i pitatel'nost' kormov: Spravochnik (omposition and nutrition of feeds: Handbook) / I.S. Shumilin, G.P. Derzhavina, A.M. Artjushin i dr.: Pod red. I.S. Shumilina // M.: Agropromizdat. 1986. 303 s.
5. Vavilov P.P. Praktikum po rastenievodstvu (Workshop on plant growing) / P.P. Vavilov, V.V. Gricenko, V.S. Kuznecov // M.: Kolos. 1983. 356 s.
6. Perejma A.A. Issledovanie blokirujushhej sposobnosti zhidkostej glusheniya s napolniteljami rastitel'nogo proishozhdeniya (Investigation of the blocking power of well-killing fluids with fillers of plant origin) / A.A. Perejma, R.R. Gasumov, V.E. Cherkasova, G.F. Tukaeva //

- Sb. nauchn. trudov: Problemy jekspluatacii i kapital'nogo remonta skvazhin na mestorozhdenijah i PHG, vyp. 41. Stavropol': RIC «SevKavNIPlgaz». 2004. S. 137–146.
7. Perejma A.A., Cherkasova V.E., Gasumov R.R. Penobrazujushhij sostav dlja glushenija skvazhin (Foaming composition for killing of wells) / Patent RF № 2266394. Opublikovano: 20.12.2005.
  8. Gasumov R.R. Penobrazujushhij sostav dlja glushenija gazovyh i gazokondensatnyh skvazhin na pozdnej stadii razrabotki mestorozhdenij (Foaming composition for killing gas and gas condensate wells at the late stage of field development) / R.R. Gasumov // Neft-promyslovoe delo. 2012. № 2. S.60–64.
  9. Gasumov R.R. Blokirujushhie zhidkosti s napolnitelem dlja glushenija skvazhin (Blocking fluids with filler for killing of wells) / R.R. Gasumov // Vestnik Associacii burovyh podrjadchikov. 2012. № 1. S. 35–39.
  10. Gasumov R.A. Pennye sistemy dlja burenija i remonta skvazhin: monografija (Foam systems for drilling and well workover: monograph) / R.A. Gasumov, A.V. Kalinkin, M.G. Gejzman. M.: IRC Gazprom, 2008. 269 s.
  11. Gasumov R.R. Penobrazujushhie zhidkosti dlja blokirovanija produktivnyh plastov pri ih vskrytii perforaciej (Foaming fluids for blocking productive layers when perforating) / R.R. Gasumov // Stroitel'stvo neftjanyh i gazovyh skvazhin na sushe i na more. 2012. № 5. S. 42–46.
  12. Perejma A.A. K voprosu ocenki fil'tracionnyh svojstv penojemul'sij s rastitel'nymi napolniteljami (On the evaluation of the filtration properties of foam emulsions with vegetable-based fillers) / A.A. Perejma, V.E. Cherkasova, G.F. Tukaeva // Sb. nauchn. trudov: Problemy jekspluatacii i kapital'nogo remonta skvazhin na mestorozhdenijah i PHG, vyp. 41. Stavropol': RIC «SevKavNIPlgaz». 2004. S. 159–168.
  13. Gasumov R.A. Primenenie reagenta-napolnitelja «Celloton-F» pri provedenii kapital'nogo remonta skvazhin na mestorozhdenijah Severnogo Kavkaza (Application of the reagent-filler "Celloton-F" during workover of wells at the North Caucasus fields) / R.A. Gasumov, N.A. Kostenko, R.R. Gasumov, N.B. Kozlov, V.V. Romanov // Sb. tezis. dokl. III Regional'noj nauch.-tehn. konf. «Vuzovskaja nauka – Severo-Kavkazskomu regionu». Stavropol': SGTU. 1999. S. 33.