

# ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОГРАНИЧЕНИЯ ВЫНОСА МЕХАНИЧЕСКИХ ПРИМЕСЕЙ (ПЕСКА) В ГАЗОВЫХ СКВАЖИНАХ И ТЕХНОЛОГИЯ УВЕЛИЧЕНИЯ ДОБЫЧИ НЕФТИ НА ПОЗДНИХ СТАДИЯХ РАЗРАБОТКИ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Д.А. Каушанский  
ИПНГ РАН, dak@ipng.ru

В Институте проблем нефти и газа Российской академии наук (ИПНГ РАН) совместно с ООО «Газпром добыча Уренгой» разработан комплекс технологий, рассчитанных на решение проблем, осложняющих эксплуатацию скважин. Одной из главных задач разработанного комплекса является обеспечение длительной и эффективной работоспособности газовых скважин, увеличение конечного коэффициента извлечения газа (КИГ) из сеноманских залежей, находящихся на завершающей стадии разработки.

## ИПНГ-ПЛАСТ

Сущность технологии снижения выноса песка и ограничения притока воды, находящейся в газе, заключается в закачке в пласт системы «полимер – растворитель» с последующей специальной обработкой (рис. 1–5, табл. 1–2).

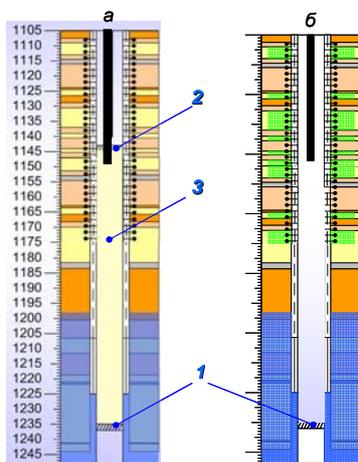


Рис. 1. Состояние забоя газовых скважин до (а) и после (б) обработки по технологии ограничения пескопроявлений

1– искусственный забой, 2 – текущий забой, 3 – песчаная пробка

- Это приводит к образованию внутрислоевого полимерного песчаного фильтра, который укрепляет призабойную зону скважины, препятствует выносу песка и воды в скважину и обладает высокой фильтруемостью газа.

**Порядок проведения работ по ограничению песководопроявлений:**

- подготовка скважины;
- подготовка необходимых спецматериалов к работе;
- составление технологических планов на выполнение работ;
- создание внутрислоевого фильтра (закрепление ПЗП);
- проведение специальных исследований после закрепления ПЗП (создание фильтра), в т.ч. ГДИ, отбивка текущего забоя.

Таблица 1

**ИПНГ-ПЛАСТ  
Результаты работ 2009 г. на 01.02.2012 г.**

| № п/п        | Диаметр и глубина спуска НКТ, м | Интервал перфорации, м | Забой, м   |            |               | Толщина промытой пробки, м | Текущий забой            |          | Кол-во дней эксплуатации после ремонта | Рост п/п за период эксплуатации, м | Дебит при Руст |   |  | Примечание: дебит на 01.02.2011 г, тыс. м <sup>3</sup> /сут |             |
|--------------|---------------------------------|------------------------|------------|------------|---------------|----------------------------|--------------------------|----------|--|------------------------------------|----------------|---|--|---|-------------|
|              |                                 |                        | Иск. забой | До ремонта | После ремонта |                            | Дата отбивки, дд.мм.гггг | Забой, м |  |                                    | Руст, ата      | До ремонта, дебит, тыс. м <sup>3</sup> /сут | После ремонта, дебит, тыс. м <sup>3</sup> /сут |   |             |
| 1            | 89мм-1149                       | 1153-1183              | 1184       | 1163       | 1175          | 12                         | 15.02.10                 | 1172     | 197                                    | 3                                  | 21,2           | 117   | 110  | 86  |             |
| 2            | 168мм-1106                      | 1100-1156              | 1232       | 1149       | 1153          | 4                          | 15.02.10                 | 1152     | 203                                    | 1                                  | 17,7           | 58  | 83   | 83  |             |
| 3            | 89мм-1163                       | 1151-1223              | 1225       | 1188       | 1214          | 26                         | 16.02.10                 | 1184     | 220                                    | 30                                 | 16,7           | 45  | 43   | 49  |             |
| 4            | 168мм-1133                      | 1140-1155, 1158-1164   | 1187       | 1150       | 1159          | 9                          | 15.02.10                 | 1158     | 197                                    | 1                                  | 17,0           | 102   | 132  | 73  |             |
| 5            | 168мм-1130                      | 1141-1173              | 1238       | 1139       | 1173          | 34                         | 15.02.10                 | 1169     | 206                                    | 4                                  | 17,5           | 190   | 170  | 254   |             |
| 6            | 168мм-1045                      | 1093-1140              | 1168       | 1103       | 1133          | 30                         | 17.02.10                 | 1123     | 220                                    | 10                                 | 16,7           | 79  | 89   | 96  |             |
| 7            | 168мм-1114                      | 1115-1145              | 1202       | 1132       | 1160          | 28                         | 15.02.10                 | 1141     | 230                                    | 19                                 | 17,0           | 262   | 260  | 104   |             |
| 8            | 102мм-1036                      | 1043-1099              | 1207       | 1066       | 1084          | 18                         | 15.02.10                 | 1087     | 197                                    | -3                                 | 18,3           | 44  | 29   | 87  |             |
| 9            | 114мм-1078                      | 1101-1155              | 1340       | 1124       | 1143          | 19                         | 15.02.10                 | 1143     | 230                                    | 0                                  | 20,4           | 103   | 25   | 80  |             |
| 10           | 168мм-1076                      | 1090-1140              | 1226       | 1090       | 1160          | 70                         | 28.02.10                 | 1163     | 246                                    | -3                                 | 20,8           | 135   | 162  | 229   |             |
| 11           | 101,6мм-1112                    | 1116-1150              | 1151       | 1127       | 1143          | 16                         | 28.02.10                 | 1146     | 226                                    | -3                                 | 24,1           | 93  | 89   | 121   |             |
| 12           | 114,3мм-1161                    | 1163-1225              | 1232       | 1207       | 1230          | 23                         | 12.02.10                 | 1222     | 223                                    | 8                                  | 19,6           | 67  | 86   | 75  |             |
| 13           | 114,3мм-1318                    | 1278-1293, 1298-1320   | 1343       | 1264       | 1287          | 23                         | 20.02.10                 | 1301     | 225                                    | -14                                | 16,9           | 94  | 117  | 136   |             |
| 14           | 114,3мм-1207                    | 1200-1240              | 1348       | 1231       | 1240          | 9                          | 20.02.10                 | 1227     | 191                                    | 13                                 | 17,8           | 158   | 151  | 174   |             |
| 15           | 89мм-1165                       | 1169-1198,6            | 1202       | 1163       | 1183          | 20                         | 20.02.10                 | 1185     | 232                                    | -2                                 | 21,8           | 114   | 113  | 70  |             |
| <b>ИТОГО</b> |                                 |                        |            |            |               |                            |                          |          |  |                                    |                |   | <b>1661</b>                                    | <b>1659</b>   | <b>1717</b> |

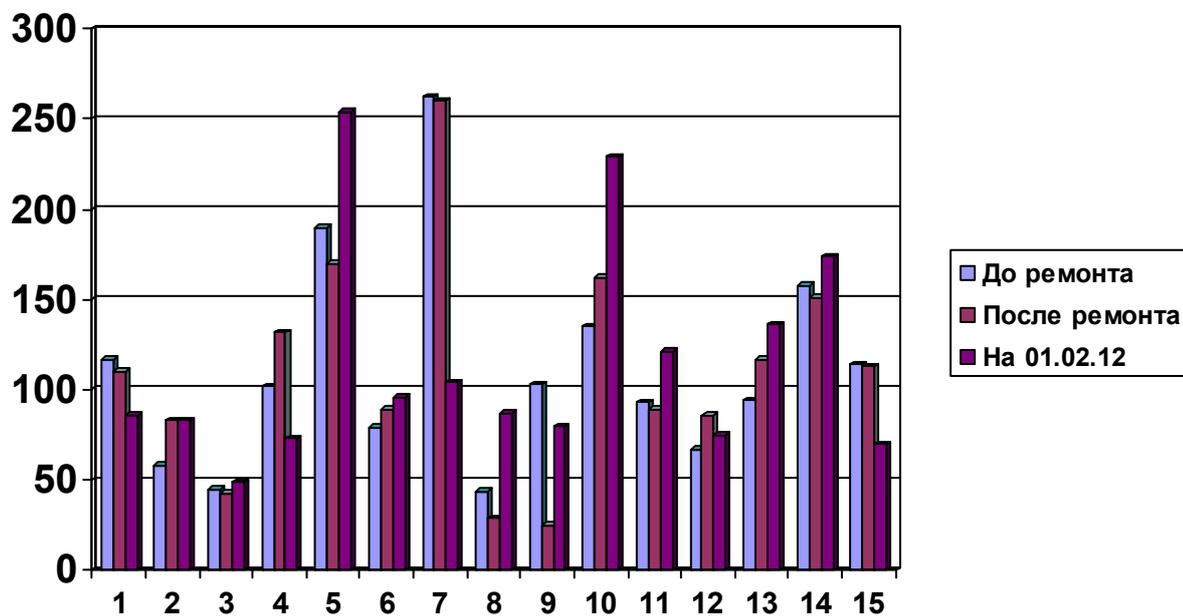


Рис. 2. ИПНГ-ПЛАСТ. Изменение дебита скважин до и после проведения работ в 2009 г., тыс. м<sup>3</sup>

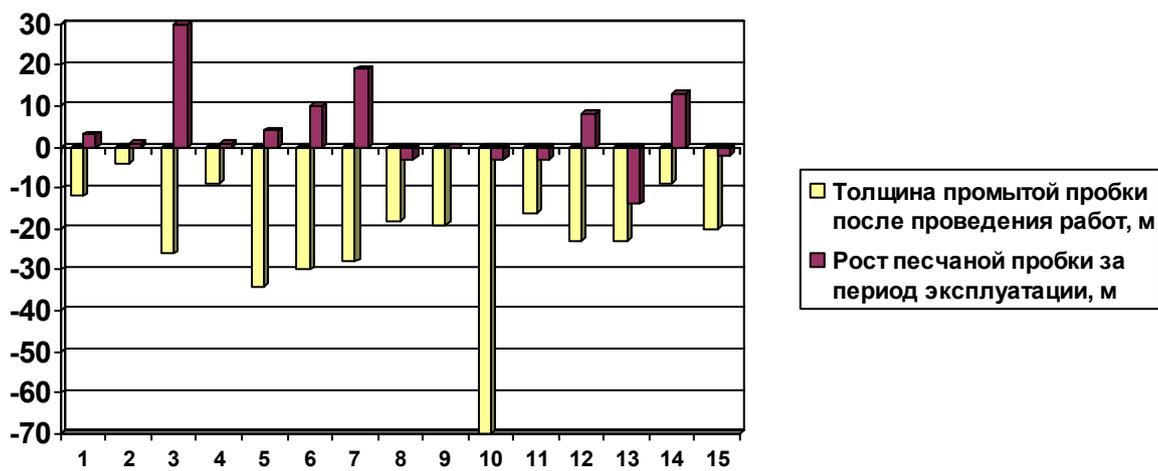


Рис. 3. ИПНГ-ПЛАСТ. Рост песчаной пробки за период эксплуатации после проведения работ в 2009 г.

**ИПНГ-ПЛАСТ**  
**Результаты работ 2010 г. на 01.02.12 г.**

| № п/п        | Интервал перфорации, м  | Забой, м   |            |               | Толщина промытой пробки, м | Текущий забой            |          | Кол-во дней эксплуатации после ремонта | Рост п/п за период эксплуатации, м | Дебит при Руст |   |  | Примечание: дебит на 01.02.2011 г, тыс. м <sup>3</sup> /сут |             |  |
|--------------|-------------------------|------------|------------|---------------|----------------------------|--------------------------|----------|--|------------------------------------|----------------|---|--|---|-------------|--|
|              |                         | Иск. забой | До ремонта | После ремонта |                            | Дата отбивки, дд.мм.гггг | Забой, м |  |                                    | Руст, ата      | До ремонта, дебит, тыс. м <sup>3</sup> /сут | После ремонта, дебит, тыс. м <sup>3</sup> /сут |   |             |  |
| 1            | 1114-1169               | 1176       | 1127       | 1170          | 43                         | 03.02.2011               | 1129     | 196                                    | 41                                 | 20,0           | 47  | 45   | 60  |             |  |
| 2            | 1109-1164               | 1168       | 1117       | 1149          | 32                         | 04.02.2011               | 1148     | 187                                    | 1                                  | 18,0           | 59  | 57   | 186   |             |  |
| 3            | 1170-1187;<br>1193-1204 | 1242       | 1210       | 1215          | 5                          | 06.02.2011               | 1207     | 219                                    | 8                                  | 19,0           | 187   | 166  | 278   |             |  |
| 4            | 1158-1177               | 1234       | 1170       | 1175          | 5                          | 07.02.2011               | 1177     | 234                                    | -2                                 | 18,5           | 127   | 119  | 194   |             |  |
| 5            | 1139-1179               | 1244       | 1145       | 1186          | 41                         | 07.02.2011               | 1166     | 206                                    | 20                                 | 18,5           | 67  | 58   | 131   |             |  |
| 6            | 1170-1202               | 1235       | 1194       | 1211          | 17                         | 08.02.2011               | 1206     | 234                                    | 5                                  | 18,2           | 76  | 105  | 82  |             |  |
| 7            | 1118-1160               | 1238       | 1134       | 1154          | 20                         | 08.02.2011               | 1145     | 223                                    | 9                                  | 16,5           | 145   | 91   | 95  |             |  |
| 8            | 1256-1286               | 1286,6     | 1275       | 1284          | 9                          | 11.08.2010               | 1275     | 0                                      | 9                                  | 12,0           | 0   | 0  | Обводнена, в КРС  |             |  |
| 9            | 1166-1185               | 1195       | 1182       | 1195          | 13                         | 11.02.2011               | 1184     | 211                                    | 11                                 | 24,2           | 63  | 75   | 159   |             |  |
| 10           | 1154-1198               | 1226       | 1004       | 1193          | 189                        | 11.02.2011               | 1194     | 193                                    | -1                                 | 22,2           | 205   | 86   | 88  |             |  |
| 11           | 1166-1190               | 1228       | 1178       | 1201          | 23                         | 12.02.2011               | 1187     | 210                                    | 14                                 | 26,2           | 116   | 79   | 201   |             |  |
| 12           | 1166-1200               | 1231       | 1189       | 1193          | 4                          | 12.02.2011               | 1193     | 225                                    | 0                                  | 15,0           | 78  | 85   | 69  |             |  |
| 13           | 1085-1127               | 1245       | 1180       | 1180          | 0                          | 10.02.2011               | 1124     | 223                                    | 56                                 | 19,0           | 158   | 141  | 274   |             |  |
| 14           | 1145-1177               | 1274       | 1165       | 1247          | 82                         | 09.02.2011               | 1268     | 228                                    | -21                                | 22,4           | 234   | 205  | 254   |             |  |
| 15           | 1112-1174               | 1176       | 1150       | 1174          | 24                         | 09.02.2011               | 1167     | 222                                    | 7                                  | 24,0           | 153   | 60   | 190   |             |  |
| 16           | 1208-1230               | 1237       | 1220       | 1235          | 15                         | 07.02.2011               | 1230     | 201                                    | 5                                  | 22,9           | 206   | 218  | 122   |             |  |
| 17           | 1200-1216;<br>1221-1228 | 1231       | 1190       | 1225          | 35                         | 08.02.2011               | 1224     | 221                                    | 1                                  | 19,8           | 168   | 184  | 192   |             |  |
| 18           | 1210-1228               | 1261       | 1243       | 1250          | 7                          | 08.02.2011               | 1255     | 229                                    | -5                                 | 18,9           | 264   | 253  | 198   |             |  |
| 19           | 1191-1225               | 1226       | 1212       | 1224          | 12                         | 09.02.2011               | 1211     | 222                                    | 13                                 | 15,7           | 111   | 104  | 87  |             |  |
| 20           | 1190-1214               | 1210       | 1200       | 1215          | 15                         | 09.02.2011               | 1210     | 222                                    | 5                                  | 19,0           | 57  | 49   | 90  |             |  |
| <b>ИТОГО</b> |                         |            |            |               |                            |                          |          |  |                                    |                |   | <b>2521</b>                                    | <b>2180</b>   | <b>2950</b> |  |

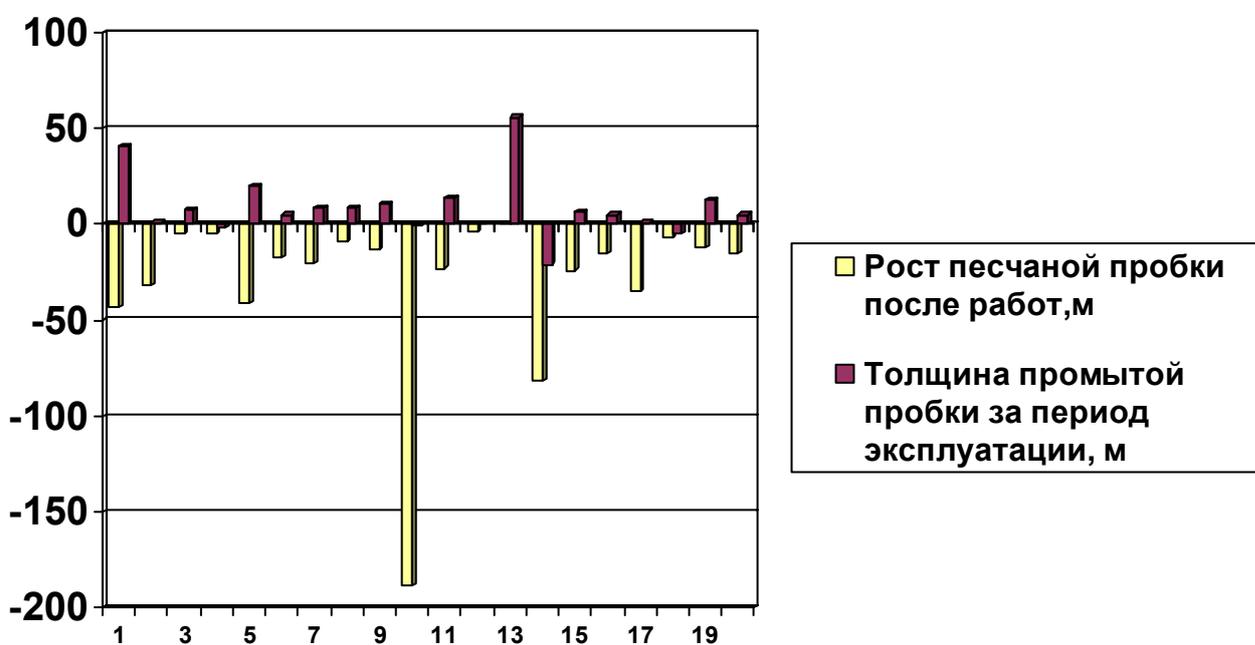


Рис. 4. ИПНГ-ПЛАСТ. Рост песчаной пробки за период эксплуатации после проведения работ в 2010 г.

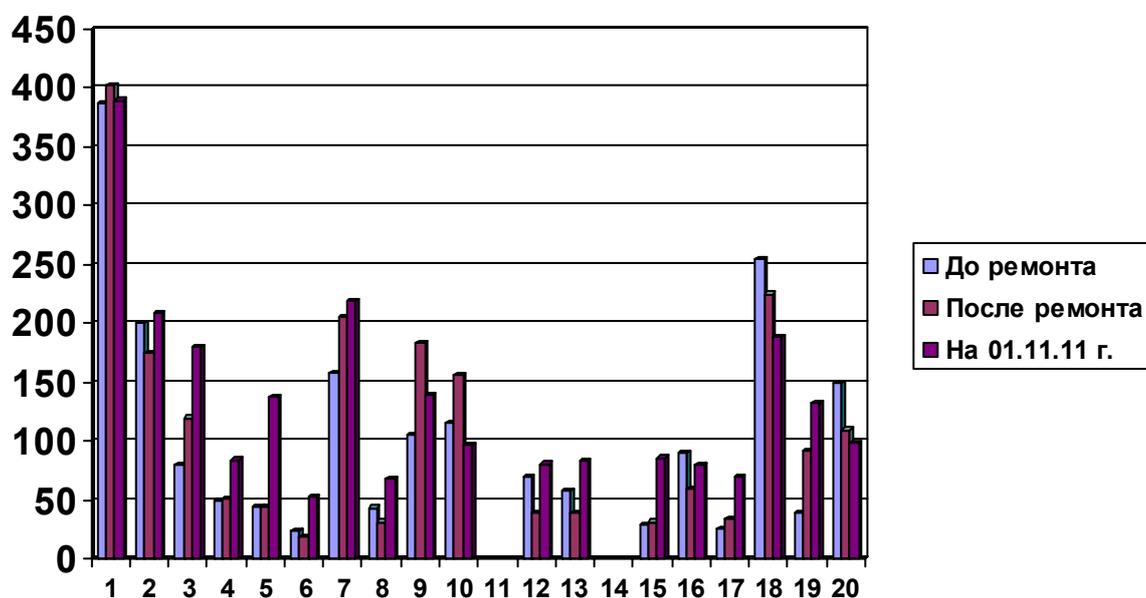


Рис. 5. ИПНГ-ПЛАСТ. Изменение дебита скважин до и после проведения работ в 2011 г., тыс. м<sup>3</sup>

### **ИПНГ-ПЛАСТ. Выводы**

Полученные результаты позволили внедрить технологию ограничения выноса механических примесей (ОВМП) в 60 газовых скважинах. Скважины находятся в эксплуатации, показывают практическое отсутствие роста песчаных пробок, дебиты газа практически не изменяются.

В 2011 г. на 63-й Международной выставке «Идеи - Изобретения - Новые Продукты» IENA-2011, которая проходила в период с 27 по 30 октября 2011 г. в Нюрнберге (Германия), технология «ИПНГ-ПЛАСТ» была отмечена золотой медалью выставки, а также специальным призом Генерального секретариата короля Саудовской Аравии. В 2011 г. на выставке EXPO/PRIORITY-2011 технология «ИПНГ-ПЛАСТ» стала лауреатом конкурса инноваций.

## ТЕМПОСКРИН-ЛЮКС

Полимерно-гелевая система «Темпоскрин-Люкс» является третьим поколением инновационных реагентов «Темпоскрин». Инновационная технология физико-химического воздействия ПГС «Темпоскрин-Люкс» (рис. 6–12, табл. 3) предназначена для дополнительной добычи нефти и снижения обводненности добываемой продукции на месторождениях со сложным геологическим строением, с неоднородными песчано-глинистыми коллекторами, на поздней стадии разработки, с высоким процентом обводнённости добываемой продукции (от 40 до 98%), эксплуатируемых с применением методов заводнения.

«Темпоскрин-Люкс» избирательно воздействует на высокопроницаемые обводнённые пласты, резко снижая их проницаемость, обеспечивает выравнивание профилей приемистости скважин и пласта, изменяет фильтрационные потоки, увеличивает охват пласта заводнением, что приводит к снижению обводнённости добываемой продукции, увеличению добычи нефти и повышению нефтеотдачи.

Технология «Темпоскрин-Люкс» применима на нефтяных месторождениях со следующими параметрами:

- *толщина пласта от 3 до 100 м;*
- *проницаемость от 80 до 5000 мД;*
- *пористость: 16–30 %;*
- *температура пласта до 80 °С;*
- *обводненность от 40 до 98%;*
- *коэффициент расчлененности: от 1 до 15;*
- *пластовое давление: до 250 атм в районе закачки;*
- *минимальная приемистость нагнетательных скважин: 80 м<sup>3</sup>/сут;*
- *максимальная приемистость нагнетательных скважин: 1500 м<sup>3</sup>/сут.*

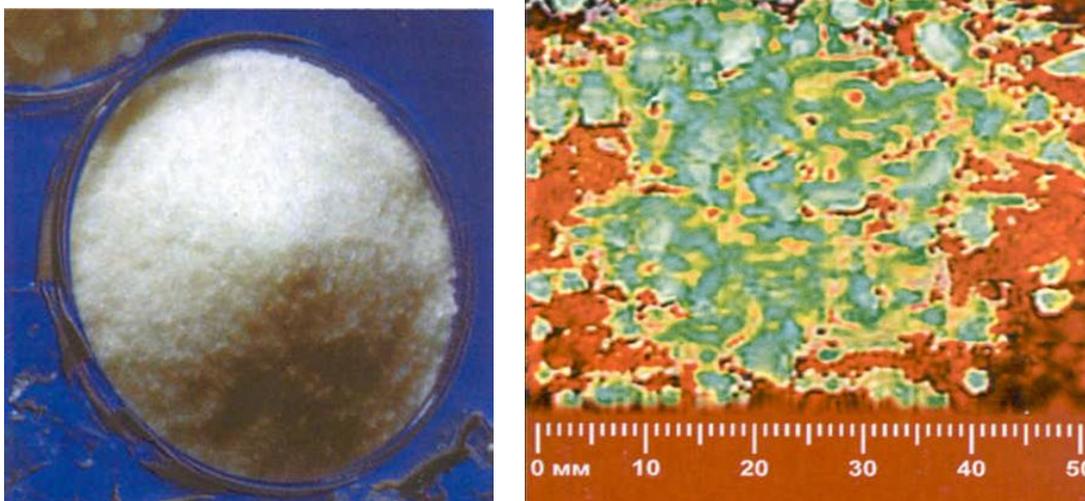


Рис. 6. ПГС «Темпоскрин-Люкс» (визуализация с использованием компьютерной обработки изображений)

Полимерно-гелевая система «Темпоскрин-Люкс» готовится на скважине путем смешения однокомпонентного состава с водой (пресной или минерализованной) и закачивается обычным насосным агрегатом. Для обработки одной скважины требуется от 0,8 до 1,2 т реагента «Темпоскрин-Люкс» в порошкообразной форме. Приготовленный состав закачивается в скважину в течение 20–30 ч. Затем продолжается нагнетание в пласт воды в обычном режиме эксплуатации.

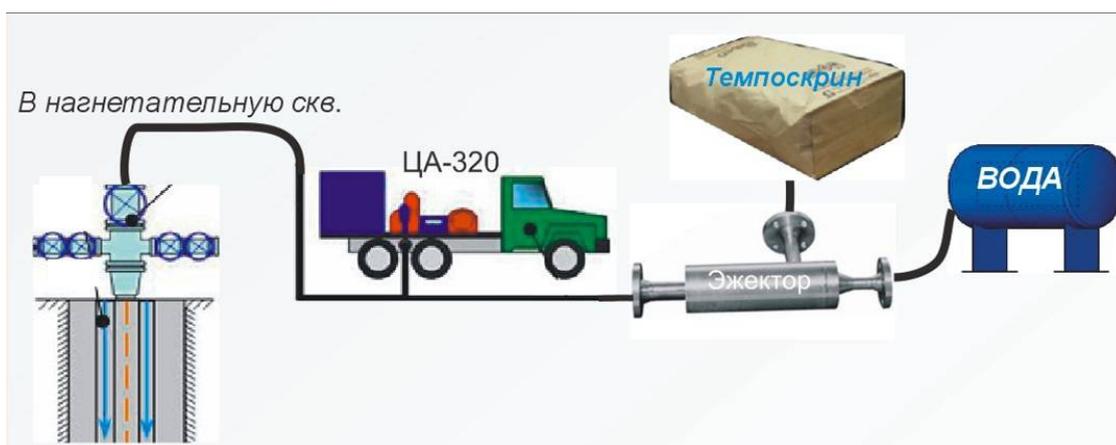


Рис. 7. Схема обвязки оборудования для приготовления и закачки в нагнетательную скважину ПГС «Темпоскрин-Люкс»

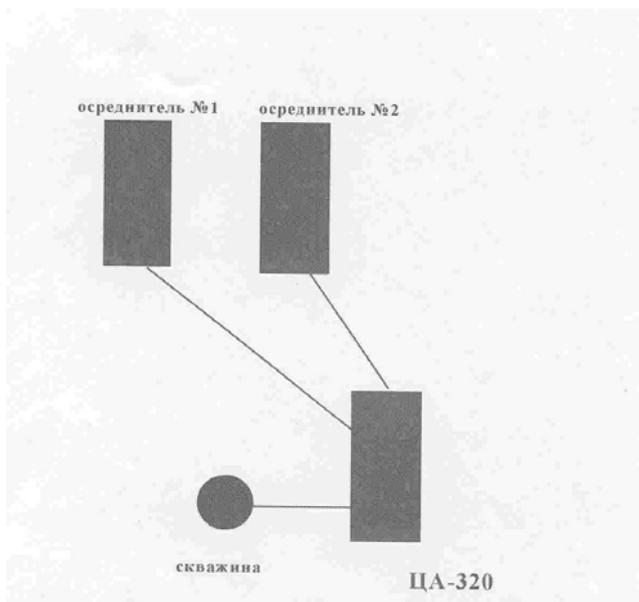


Рис. 8. Схема расположения оборудования при закачке ПГС «Темпоскрин-Люкс» с использованием двух осреднительных емкостей и агрегата ЦА-320

***Используемые материалы и реагенты:***

- 1. Реагент «Темпоскрин-Люкс» (ТУ 2216-004-05966919-2011);
- 2. Вода техническая.

***Применяемое оборудование и спецтехника:***

- 1. Насосный агрегат ЦА-320 – 1 шт.
- 2. Емкость осреднительная для затворения (объем 15–20 м<sup>3</sup>) с перемешиванием (гидравлическое или механическое) – 2 шт.
- 3. Инжекторный насос – 1 шт.
- 4. Автоцистерна – 4 шт.

Налажено производство всех трех поколений реагента «Темпоскрин», включая «Темпоскрин-Люкс». Годовой объем изготовленного реагента может составлять до 10 тысяч тонн. В зависимости от коллекторских свойств, структуры порового пространства и температуры пласта изготавливается партия необходимого реагента «Темпоскрин-Люкс» с заданными свойствами. Добывающие скважины начинают реагировать через 1,5–2 месяца после закачки ПГС в пласт.

- ***Продолжительность действия ПГС «Темпоскрин-Люкс» – 10–17 месяцев.***

Одна тонна сухого реагента «Темпоскрин-Люкс» дает возможность получить от 2000 до 8000 тонн дополнительной нефти, в зависимости от геологического строения пласта и величины его остаточных запасов.

Новизна ПГС «Темпоскрин-Люкс» заключается в сочетании двух способов введения гелей в пласт – синтеза гелей в пласте и непосредственной закачки гелей в пласт.

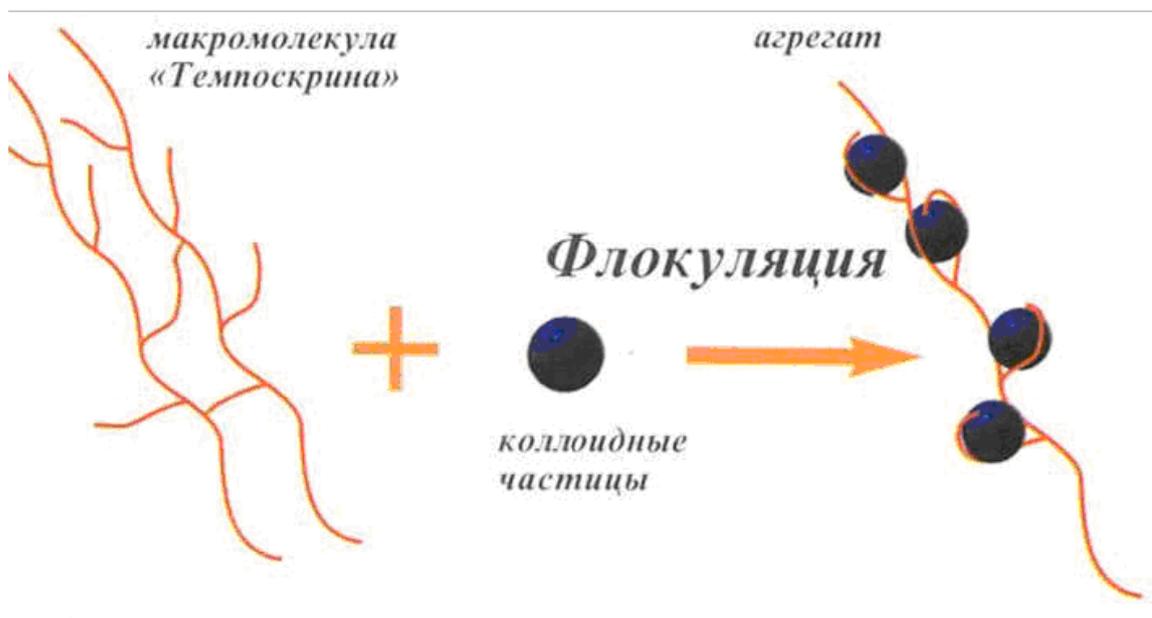


Рис. 9. Полимерно-гелевая система «Темпоскрин-Люкс»

Благодаря дисперсной структуре геля, состоящего из множества мелких гелевых частиц размером от 0,2 до 4,0 мм, «Темпоскрин-Люкс» обладает высокой подвижностью и проникающей способностью по отношению к трещинам и крупным порам. Однако гель не проникает в низкопроницаемые и гидрофобные участки пласта, так как размеры гелевых частиц больше, чем размеры пор таких пород. Гидрогели «Темпоскрин-Люкс» проявляют селективные свойства по отношению к нефти и другим углеводородам.

Кроме того, гелевые частицы обладают высокими вязкоупругими и флокулирующими свойствами. Вытесняющая способность оторочек из ПГС «Темпоскрин-Люкс» в лабораторных условиях на моделях пласта достигает 85–95%.

В процессе закачки ПГС «Темпоскрин-Люкс» могут действовать два механизма переноса гелевых частиц в глубину пласта: с потоком жидкости по трещинам и высокопроницаемым пропласткам; с одновременным их дроблением в породе пласта.

Соотношение механизмов переноса определяется конкретными условиями на нефтепромысле и особенностями ПГС.

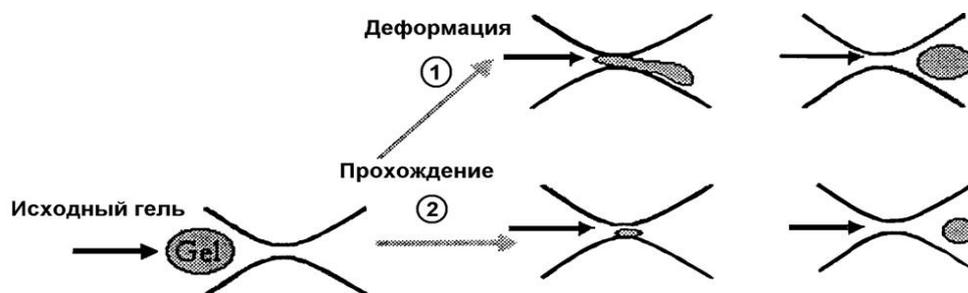


Рис. 10. Два механизма переноса гелевых частиц в глубину пласта

Применение технологии «Темпоскрин-Люкс» позволяет:

- выровнять профиль приемистости нагнетательной скважины и пласта;
- подключить в разработку ранее не работавшие пласты и пропластки;
- увеличить коэффициент охвата пластов заводнением;
- изменить фильтрационные потоки жидкости;
- повысить вытесняющую способность закачиваемой системы;
- за счет флокулирующих свойств создать условия для возникновения дополнительного остаточного сопротивления воде;
- уменьшить обводненность добываемой продукции;
- повысить нефтеотдачу высокообводненных пластов на поздней стадии их эксплуатации.

В составе реагента «Темпоскрин-Люкс» не содержатся химические добавки – соли тяжелых металлов и другие вредные компоненты, что делает его применение экологически безопасным. «Темпоскрин-Люкс» малочувствителен к воздействию солей, устойчив к деградации в пластовых условиях, выдерживает пластовую температуру до 85 °С.

Реагент и технология «Темпоскрин-Люкс» защищены патентами РФ и официально разрешены к использованию в нефтяной промышленности. «Темпоскрин-Люкс» выпускается в соответствии с техническими условиями, зарегистрированными в Государственном комитете стандартов РФ (2216-004-05966919-2011), имеет сертификат соответствия № ТЭК RU.XII25.H04020, сертификат на применение химпродукта в технологических процессах добычи и транспорта нефти № 153.39.RU.245810.04420.02.12.

**Содержание гель-фракции и скрин-фактор по результатам испытаний  
ПТС «Темпоскрин-Люкс»**

| Наименование показателя    | Норма | Результаты испытаний |                 | Методика   |
|----------------------------|-------|----------------------|-----------------|------------|
|                            |       | Темпоскрин           | Темпоскрин-Люкс |            |
| Содержание гель-фракции, % | 20-80 | 48                   | 80~100          | ТУ п. 4.2. |
| Скрин-фактор               | >2    | >3                   | >10             | ТУ п. 4.3. |
| Набухаемость, мл/г         | >100  | 130                  | >200            | ТУ п. 4.4. |

«Темпоскрин-Люкс» используется:

- в любых коллекторах от 80 до 5000 мД;
- при пластовой  $t^{\circ}$  до 87 °С;
- при минерализации воды – до 1,1.

Высокая рентабельность технологии «Темпоскрин-Люкс» обеспечивает быструю окупаемость первоначальных затрат. На рис. 11 приведены результаты определения стоимости 1 барреля нефти с применением традиционных технологий и всех поколений технологии «Темпоскрин».

На 1 т реагента «Темпоскрин-Люкс» можно получить дополнительно 2000–8000 т нефти.

Технология «Темпоскрин» прошла промысловые испытания на 35 нефтяных месторождениях России, Казахстана, Азербайджана в 12 нефтедобывающих компаниях. Общее количество проведенных скважино-операций превышает 1250. При этом добыто свыше 1 800 000 т дополнительной нефти.



Рис. 11. Расчет стоимости 1 барреля нефти с применением традиционных технологий и всех поколений технологии «Темпоскрин»

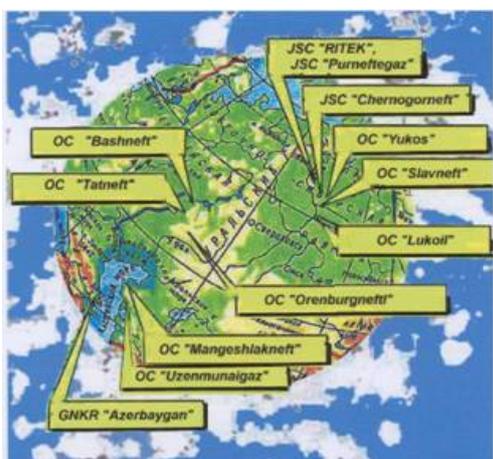


Рис. 12. Районы опытно-промышленных испытаний технологии «Темпоскрин»

Внедрение и опытно-промышленные испытания технологии «Темпоскрин» были осуществлены на месторождениях (рис. 12): Узень, Барсуковское, Ново-Пурпейское, Урьевское, Покачаевское, Сев. Саянтлор, Новоелховское (Акташанская площадь), Ромашкинское (Павловская площадь и др.), Усть-Балык, Тевлино-Русинское, Южный Сургут, Восточный Сургут, Солкинское, Мамонтовское, Советское, Бавлинское, Быстринское, Вачинское, Забурунь, С.-Балгимбаев, Туймазинское, Арланское, ЮЗ-Камышитовое, ЮВ-Камышитовое, Каламкас, Карсак, Ботахан, Ачинское, Мишовдаг, Кюровдаг, Аганское, Арланское (Вятская площадь).

Технология применима на месторождениях со сложной геологической структурой, на поздних стадиях разработки с высоким процентом обводнённости

добываемой продукции; продолжительность действия ПГС «Темпоскрин-Люкс» составляет 10–17 месяцев. Снижение себестоимости 1 барреля нефти – с \$5.30–8.66 до \$0.60–2.15. Дополнительно получают 2000–8000 т нефти на 1 т реагента «Темпоскрин-Люкс».

В 2011 г. на 63-й Международной выставке «Идеи – Изобретения – Новые Продукты» IENA-2011, которая проходила в период с 27 по 30 октября 2011 г. в Нюрнберге (Германия), технология «Темпоскрин» была отмечена золотой медалью выставки, а также получила сертификат о ее высокой экологичности.