

**ПРОМЫСЛОВЫЙ ОПЫТ БОРЬБЫ С ПОГЛОЩЕНИЯМИ  
В СЛОЖНЫХ ГЕОЛОГО-ТЕХНИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ  
ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ**

Фокин В.В.

«Нефтегаз-сервис», ген.директор, dimgood@mail.ru

Поляков В.Н.

НЦ НВМТ РАН, ст. научный сотрудник, д.т.н.

Сонин В.Н.

ОАО «Газпром», начальник хозяйственного управления, к.т.н.

Кузнецов Р.Ю.

ТЮМЕННИИГИПРОГАЗ,  
заведующий отделом разработки проектов бурения, к.т.н.

*В статье описан новый подход к методологии, технологии и технике работ по повышению эффективности методов борьбы с поглощениями на Сибирской платформе.*

*Ключевые слова: борьба с поглощениями, Восточная Сибирь, эффективность, строительство скважин, кольматация, изоляция, методология*

Наиболее частыми видами осложнений, нарушающими технологию буровых работ, являются поглощения буровых и тампонажных растворов. При этом ежегодные затраты на борьбу с осложнениями в нефтегазодобывающей отрасли составляют от 8 % до 16 % календарного времени бурения и от 5 % до 10 % финансовых средств. Причем не поддаются строгому учету общие затраты на ликвидацию брака при строительстве скважин: восстановление герметичности крепи, межпластовые перетоки и заколонные флюидопроявления, недохождение цементного раствора на расчетную высоту, прорыв пластовых флюидов к фильтру скважин и т. д.

Анализ последних 10 лет показывает, что эффективность традиционных методов борьбы с поглощениями в среднем составляет 30 %. Затраты времени в общем балансе на бурение возросли до 18–23 %.

Сложившиеся обстоятельства связаны с острым дефицитом информационного обеспечения методов борьбы с поглощениями по оценке фильтрационных характеристик поглощающих пород, геолого-технических условий производства изоляционных операций, гидравлического состояния поглощающей скважины. А также с низкой эффективностью применяемых технологий изоляции поглощающих пластов, особенно, в интрузиях долеритов Сибирской платформы и недостаточно профессиональным уровнем исполнителей работ.

К особенностям геолого-промысловых условий строительства глубоких разведочных скважин (3500 – 4300 м) на Сибирской платформе (Красноярский край) относятся: наличие в разрезе от 3 до 4 зон поглощений (АНПД), 2–3 газоводопроявляющих пластов (АВПД), от 3 до 5 этажей интрузий долеритов и большая толщина (до 800 м и более) неустойчивых горных пород – соли и аргиллиты). В этих условиях основными видами осложнений являются поглощения промывочных и тампонажных растворов, газоводопроявления и выбросы, межпластовые перетоки и заколонные проявления, осыпание, каверно- и обвалообразование в интервалах неустойчивых горных пород. До 65 % всех поглощений встречается на глубинах до 1000 м (интервал бурения под кондуктор и техколонну), которые приурочены к отложениям триаса, пермокарбона, эвенкийской и ангарской свит, интрузиям долеритов и их контактам с осадочными породами.

В интервале 1000–3500 м (бурение под техническую и эксплуатационную колонны) встречается до 35 % от всех поглощений. Приурочены они к булайской, бельской, усольской, костинской, оскобинской, катаганской, собинской свитам и интрузиям долеритов. Среднее количество вскрываемых одной скважиной поглощений – 4, вероятность их встречи – 100 % (табл. 1).

Изменение в широких пределах геологического строения, прочностных и коллекторских свойств горных пород, глубины скважин серьезно осложняют гидравлические условия бурения, снижают качество и технико-экономические показатели буровых работ, методов борьбы с поглощениями.

Отмеченное во многом предопределяет новые подходы к методологии, технологии и технике работ по повышению эффективности методов борьбы с поглощениями на Сибирской платформе.

Таблица 1

**Общие сведения о поглощениях в скважинах  
ПГО «Енисейнефтегазгеология»**

| №№<br>пп          | Экспедиции  | Кол-во<br>погло-<br>щающих<br>сква-<br>жин | Вероятн<br>ость<br>поглоще<br>ния в<br>скв., % | Частота<br>поглощения по<br>глубинам, % |               | Кол-во<br>зон<br>поглощ.<br>приуро-<br>ченных<br>к интру-<br>зиям | Общее<br>кол-во<br>зон<br>погло-<br>щения,<br>шт. | Частота<br>погло-<br>щения<br>в интру-<br>зиях,<br>% | Кол-во зон поглощения с<br>интенсивностью, (м <sup>3</sup> /час),<br>в % |        |              | Затра-<br>ты вре-<br>мени<br>на<br>1 зону,<br>час. |
|-------------------|-------------|--------------------------------------------|------------------------------------------------|-----------------------------------------|---------------|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|--------|--------------|----------------------------------------------------|
|                   |             |                                            |                                                | до<br>1000                              | 1000-<br>3000 |                                                                   |                                                   |                                                      | от 3<br>до 10                                                            | 30–100 | более<br>100 |                                                    |
|                   |             |                                            |                                                | м                                       | м             |                                                                   |                                                   |                                                      |                                                                          |        |              |                                                    |
| 1.                | Эвенкийская | 41                                         | 100                                            | 71                                      | 29            | 35                                                                | 115                                               | 30                                                   | 21                                                                       | 61     | 19           | 203                                                |
| 2.                | Туруханская | 22                                         | 100                                            | 86                                      | 41            | 25                                                                | 81                                                | 31                                                   | 27                                                                       | 50     | 23           | 298                                                |
| 3.                | Ванаварская | 41                                         | 100                                            | 68                                      | 32            | 17                                                                | 78                                                | 22                                                   | 50                                                                       | 29     | 21           | 161                                                |
| 4.                | Туринская   | 9                                          | 82                                             | 67                                      | 33            | 5                                                                 | 13                                                | 38                                                   | 23                                                                       | 23     | 54           | 144                                                |
| По<br>объединению |             | 113                                        | 95                                             | 55–65                                   | 35–45         | 82                                                                | 287                                               | 30                                                   | 30                                                                       | 41     | 29           | 201                                                |

С целью совершенствования методов гидромеханического упрочнения необсаженного ствола глубоких скважин, разработан, испытан и внедрен в производство на разведочных площадях бывшего объединения «Енисейнефтегазгеология» комплекс модифицированных технологий, который включает:

- 1) методы экспресс-исследований геолого-физических характеристик поглощающих пластов и оценки сложности промысловых условий их изоляции;
- 2) технологию гидромониторной кольматации проницаемых пород;
- 3) технологию изоляции поглощений нагнетанием тампонажных смесей;
- 4) базовые тампонажные растворы, пасты, технология их приготовления и применения;
- 5) методы расчета технологических параметров процесса гидроизоляции.

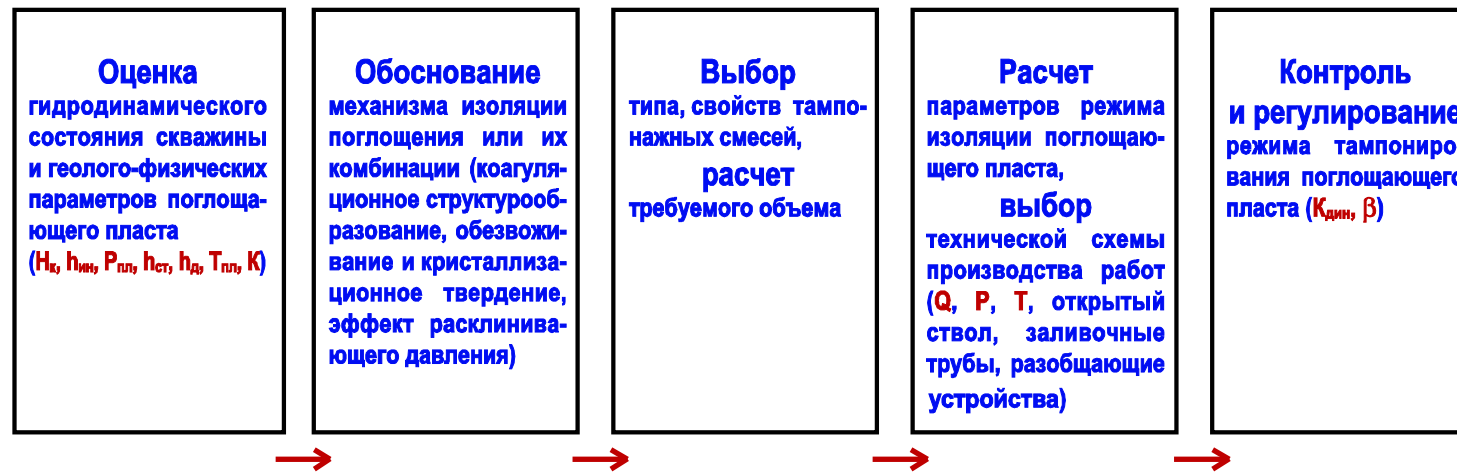
Отличиями настоящей разработки от известных в данной области являются:

- наличие более представительной информационной базы промысловых данных;
- системность применяемых методических и технологических решений, учитывающих влияние основных факторов на эффективность и качество изоляционных работ;
- реализация принципиально нового подхода при совершенствовании известных методов гидроизоляции высокопроницаемых пород, основанного на использовании различных механизмов взаимодействия проницаемой среды с тампонажными смесями, регулируемых параметрами технологического процесса изоляции поглощающих пород.

**СХЕМА ПРИМЕНЕНИЯ  
КОМПЛЕКСА СИСТЕМНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

| Методы и технологии комплекса                                                                                   | Назначение элементов комплекса                                                   | Конечные результаты реализации комплекса                                                               |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>1. Метод экспресс-оценки технического состояния ствола скважины</b>                                          | <b>Контроль герметичности и прочности ствола</b>                                 | <b>Оперативная оценка показателей технического состояния ствола скважины</b>                           |
| <b>2. Технология гидромониторной обработки ствола в процессе бурения</b>                                        | <b>Восстановление гидроизоляции вскрываемых пластов от ствола скважины</b>       | <b>Предупреждение осложнений и оптимизация гидравлических процессов бурения и заканчивания скважин</b> |
| <b>3. Метод изоляции поглощающих пластов</b>                                                                    | <b>Восстановление герметичности ствола в условиях АНПД</b>                       | <b>Полная изоляция поглощающих пластов интенсивностью до 200 м<sup>3</sup>/ч</b>                       |
| <b>4. Методика расчета параметров процесса изоляции для реализации механизма снижения проницаемости пластов</b> | <b>Оперативный контроль и регулирование механизма изоляции проницаемых пород</b> | <b>Оптимизация технологии изоляции флюидонасыщенных пластов нелинейно повышающая их эффективность</b>  |

## СХЕМА ОРГАНИЗАЦИИ И ПРОИЗВОДСТВА ИЗОЛЯЦИОННЫХ РАБОТ



где  $H_k$  – глубина кровли пласта;  
 $h_{ин}$  – толщина проницаемых пород;  
 $P_{пл}$  – пластовое давление;  
 $h_{ст}$  – глубина статического уровня жидкости в скважине;  
 $h_{д}$  – глубина динамического уровня;  
 $T_{пл}$  – пластовая температура;

$K$  – коэфф. приемистости проницаемого пласта;  
 $Q$  – расход жидкости;  
 $P$  – давление нагнетания;  
 $T$  – время нагнетания тампонажной смеси;  
 $K_{дин}$  – коэфф. динамической приемистости поглощения;  
 $\beta$  – коэфф. гидравлического совершенства режима нагнетания тампонажной смеси.

В процессе разработки усовершенствованного комплекса уточнены требования к методам борьбы с поглощениями, при бурении и вскрытии продуктивных отложений:

1. Расчетные параметры процесса изоляции (расход, давление, время) и свойства тампонажных смесей должны обеспечивать эффективную реализацию применяемого механизма снижения проницаемости поглощающих пород интенсификацией эффектов расклинивающего давления, структурообразования, дегидратации, кристаллизации и т. д.

2. Применяемый метод борьбы с поглощениями (механизм гидроизоляции, свойства тампонажных смесей, параметры технологического процесса) должен приводить к снижению проницаемости поглощающих пород до технологически установленных пределов (герметичности ствола в осложненном интервале) и минимизации затрат средств и времени по каждой изоляционной операции.

3. Создаваемый в прискважинной зоне гидроизолирующий экран должен выдерживать возникающие гидромеханические нагрузки в необсаженном стволе в процессе бурения и заканчивания скважин при действии, как репрессий, так и депрессий.

Выполнение на практике этих новых требований в дополнение к известным, как показали результаты их промысловых испытаний на скважинах 3 – Моктаконская, 1 – Агалеевская, 1 – Имбинская, привело к значительному росту технологической эффективности и качества изоляционных работ при одновременном существенном снижении материально-технических затрат и времени на их производство

Технико-экономические показатели внедрения разработок по борьбе с осложнениями в глубоких скважинах, представленные в табл. 2, табл. 3. свидетельствуют о высокой эффективности разработанных методических и технологических решений. При этом значительно расширена область известных методов борьбы с осложнениями и повышена их результативность.

Как следует из данных промысловых испытаний (табл. 2) и результатов внедрения (табл. 3) разработанного комплекса методов исследования и изоляции поглощений в интрузиях долеритов глубоких скважин на Сибирской платформе, достигнут нелинейный рост показателей качества и эффективности изоляционных

работ в сравнении с традиционными методами. Так в расчете на одну зону поглощения результативность операций повысилась в среднем в 2,45 раза, затраты времени снижены 3,88 раза, расход тампонажных материалов – в 2,9 раза, а финансовые затраты сокращены в 2,2 раза.

Таблица 2

Технико-экономические показатели промысловых испытаний комплекса усовершенствованных технологий борьбы с поглощениями в ГПП «Енисейнефтегазгеология» за 1990–91 гг.

| Показатели                                                           | Варианты         |                    |
|----------------------------------------------------------------------|------------------|--------------------|
|                                                                      | базовый          | новый              |
|                                                                      | объем<br>выборки | объем<br>испытаний |
| 1. Количество зон поглощений                                         | 116              | 7                  |
| 2. Количество изоляционных операций (всего)                          | 221              | 11                 |
| 3. Коэффициент результативности                                      | 0,35             | 0,82               |
| 4. Градиент давления испытания на гидромеханическую прочность, МПа/м | 0,012–0,016      | 0,0175–0,0190      |
| 5. Общие затраты на борьбу с поглощениями, руб.:                     |                  |                    |
| в среднем на одну зону поглощения                                    | 2129486          | 58663              |
| одну скважино-операцию                                               | 18355            | 8380               |
|                                                                      | 9634             | 5333               |
| 6. Экономия, руб., всего                                             | –                | 69822              |
| на одну зону поглощения                                              |                  | 9975               |

Таблица 3

Сравнительные показатели эффективности применяемых и усовершенствованных технологий борьбы с поглощениями на Сибирской платформе

| Группы скважин | Методы изоляций поглощений                                                                                          | Объем выборки                       |                                  | Характеристика поглощений                   |                                                                             |                                          | Показатели эффективности методов изоляции в расчете на одну зону поглощения |                                    |                      |
|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------|
|                |                                                                                                                     | количество поглощающих пластов, шт. | общее кол-во изоляц. опрעד., шт. | интенсивность поглощения, м <sup>3</sup> /ч | коэффициент полной приемистости, 10 <sup>-2</sup> м <sup>3</sup> /(с · МПа) | снижение статического уровня жидкости, м | коэффициц. результативности, %                                              | расход тампонажных материалов, тн. | затраты времени, час |
| Серийные       | Намыв наполнителя через колонну труб закачивание БСС цементного раствора, глинистых песост профильные перекрыватели | 287                                 | 395                              | 10–110                                      | 0,5–1,2                                                                     | 30–280                                   | 0,33                                                                        | 35,2                               | 198,0                |
| Опытные        | Гидромониторная кольматация                                                                                         | 4                                   | 5                                | 5–25                                        | 0,6–1,0                                                                     | 20–80                                    | 0,80                                                                        | 4,5                                | 14,3                 |
|                | Метод бокового нагнетания                                                                                           | 14                                  | 16                               | 10–135                                      | 0,5–2,2                                                                     | 40–1037                                  | 0,87                                                                        | 12,6                               | 59,4                 |
|                | Метод донного нагнетания                                                                                            | 5                                   | 8                                | 800–4120                                    | 5,5–7,3                                                                     | 1470–2000                                | 0,62                                                                        | 33,7                               | 85,7                 |
|                | Метод закупорки пластов «пастами-пробками»                                                                          | 3                                   | 4                                | 10–80                                       | 0,6–1,9                                                                     | 40–80                                    | 0,75                                                                        | 11,7                               | 42,4                 |
|                | Метод установки гидроизолирующих экранов                                                                            | 4                                   | 6                                | 45–135                                      | 1,65–2,95                                                                   | 60–360                                   | 0,67                                                                        | 13,9                               | 32,0                 |

## Выводы

Достижение нелинейного уровня роста эффективности работ по борьбе с поглощениями стало возможно вследствие реализации в технологических процессах системных методических подходов и решений, связанных с расширением информационной базы промысловых данных, организацией и управлением процессов снижения приемистости поглощающих пластов. Результаты промысловой оценки геолого-физических и фильтрационных характеристик интервала поглощений используются для: выбора механизма изоляции проницаемых каналов, обоснования схемы и режима нагнетания вязкопластичных смесей, расчета параметров контроля и регулирования технологическим процессом во времени.

Одним из главных технологических требований к гидравлическим условиям производства изоляционных работ с высокими технико-экономическими показателями является предварительное селективное разобщение интервала поглощения от комплекса вскрытых бурением флюидонасыщенных пластов.

## Литература

1. Крылов В.И. Изоляция поглощающих пластов в глубоких скважинах. М.: Недра, 1980. 304 с.
2. Поляков В.Н., Вяхирев В.И., Ипполитов В.В. Системные решения технологических проблем строительства скважин / Под общей редакцией В.Н. Полякова. – М.: ООО «Недра – Бизнесцентр», 2003. – 240 с.
3. Лукманов Р.Р. Разработка и исследование методов струйной и селективной изоляции проницаемых пород при заканчивании скважин. – Дис. канд. техн. наук. – Уфа, 1980. – 224 с.