УДК 622.245.42: 622.248.3

**А.А.ЯКОВЛЕВ**, *д-р техн. наук, профессор, spmi@mail.wplus.net*
*Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург*

**A.A.YAKOVLEV**, *Dr. in eng. sc., professor, spmi@mail.wplus.net*
*National Mineral Resources University (University of Mines), Saint Petersburg*

# АНАЛИЗ УСЛОВИЙ НАДЕЖНОГО ТАМПОНИРОВАНИЯ СКВАЖИН ГАЗОЖИДКОСТНЫМИ ТАМПОНАЖНЫМИ СМЕСЯМИ

Оценены условия надежного тампонирования скважин газожидкостными тампонажными смесями в мерзлых породах и проведен расчетный анализ температурного поля горного массива мерзлых пород с разной температурой, который позволил установить условия надежного крепления скважин и области эффективного применения данных смесей, не требующих специальных технологических приемов для бурения мерзлых пород.

***Ключевые слова*:** скважина, газожидкостные тампонажные смеси, тампонирование, мерзлые породы, зоны с аномально низкими пластовыми давлениями.

# ANALYSIS OF ROBUST CAPACITY WELLS OF FOAMED CEMENTS

Evaluated conditions reliable capacity wells foamed cements in pavements, rock and a current analysis of the temperature field of concrete pavements rocks with varying temperature, which allowed to establish conditions of reliable fastening of wells and the effective application of these foamed cements do not require special technological receptions for drilling of concrete pavements.

***Key words*:** well, foamed cements, thrown rocks, zones with anomalous low stratal pressures.

Газожидкостные тампонажные смеси, характеризующиеся малой проницаемостью [6] используют для разобщения и изоляции продуктивных малодебитных пластов истощенных нефтегазовых месторождений. Они эффективны в широком диапазоне температур и солевой агрессии, а также могут найти применение при сооружении скважин в районах распространения многолетнемерзлых пород. Газожидкостные тампонажные смеси позволяют получать цементный камень достаточной прочности (более 6,5 МПа) и меньше воздействуют на водочувствительные формации по сравнению с обычными тампонажными растворами. Благодаря применению газожидкостных тампонажных смесей снижается вероятность заколонных перетоков [5].

Для работ в многолетнемерзлых породах, в дополнение к обычным требованиям к прочности тампонажного камня и низкой его проницаемости при малой плотности тампонажного раствора, приходится учитывать температурный режим в скважине [1]. Поэтому представляет интерес оценка влияния тепловыделения твердеющего газожидкостной тампонажной смеси, заполняющей скважину, на окружающие мерзлые породы [4].

Заполнение части скважины газожидкостной тампонажной смесью производится: – при проходке зон поглощений, каверн; – при искусственном создании в скважине мостов (пробок); – при проходке посаженных или забутованных горных выработок; – при ликвидации скважин.

При проходке зон поглощений, представленных к тому же высокопроницаемыми, кавернозными и трещиноватыми породами, применяют метод их тампонирования в тех случаях, когда предупредить данное осложнение с помощью очистных агентов не удается. Чаще всего такие зоны характеризуются большими размерами каналов фильтрации (более 0,02 м) и аномально низким пластовым давлением. Особую ответственность приобретают тампонажные работы при проходке открытых пространств горных выработок [2].

К ликвидации скважин приступают в тех случаях, когда они выполнили основное функциональное назначение (геокартирование, поиски и разведка, как на твердые, так и на жидкие полезные ископаемые). Низкое качество тампонирования скважин является основной причиной повторного проведения этих работ, что определяет неоправданные дополнительные затраты энергетических и материальных ресурсов и, соответственно, рост общей стоимости работ, ухудшает условия по охране недр. Объем закачиваемой в скважину газожидкостной тампонажной смеси зависит от горно-геологической ситуации на объекте работ. При встрече скважиной нескольких высокопроницаемых зон, расстояние между которыми могут составлять до 50 м, их тампонируют одновременно.

При наличии в геологическом разрезе значительных по размерам каверн (горных выработок) и при значительной разработке ствола скважины, последнюю тампонируют с подъемом газожидкостной тампонажной смеси выше кровли кавернозной зоны не менее, чем на 70 м [4]. При выполнении вышеуказанных работ возникает необходимость закачивания в скважину относительно значительных объемов тампонажного раствора. Наиболее частым технологическим осложнением при этом является опасность гидроразрыва пласта, т.е. вероятность усиления ухода тампонажного раствора в пласт. В связи с этим целесообразно использовать тампонажные растворы малой плотности, а именно газожидкостные тампонажные смеси.

При выполнении тампонажных работ в многолетнемерзлых породах может происходить протаивание последних, особенно тогда, когда в скважине твердеют большие массы тампонажного раствора [3, 4]. При этом необходимо учитывать распределение в геологическом разрезе мерзлых пород: их однослойное положение вблизи поверхности или при многослойном строении криолитозоны, а также наличие в разрезе трещин.

На основе разработанной математической модели, ее аналитического решения и реализации его на ЭВМ в среде пакета Matematica – 3 [4] проведено исследование температурного поля горного массива и условий надежного крепления скважин в мерзлых песчаных и глинистых породах с различными льдистостью и температурой для случаев тампонирования затрубного пространства, создания мостов и ликвидации скважины в трещиноватых, кавернозных и закарстованных породах, табл.1 и 2.

Расчетный анализ позволил оценить влияние степени аэрации (от 0 до 20), водо-твердого отношения (от 0,4 до 0,7) газожидкостной тампонажной смеси, диаметра скважины (от 0,059 до 0,394 м), состава и свойств мерзлых пород на температурное поле (через 24 ч) в скважине и горном массиве и определить области рационального применения данных смесей, не требующих специальных технологических приемов для предупреждения растепления стенок скважин.

При росте степени аэрации газожидкостной тампонажной смеси, снижении температуры мерзлых пород и увеличении их льдистости при всех рассмотренных диаметрах скважины повышаются значения предельно допустимой температуры данной смеси, при которых не происходит растепление стенок скважины.

Незатемненные зоны таблиц соответствуют условиям протаивания мерзлых пород, слегка затемненные – нормальным условиям формирования тампонажного камня при применении газожидкостных тампонажных смесей с начальной температурой 10 °С.

*Таблица 1*

**Данные расчетного анализа по тампонированию затрубного пространства скважины (при диаметрах скважины – 0,132 м и обсадных труб – 0,089 м)**

| Мерзлые породы | W, % | Степень аэрации ГЖТС | Допускаемая температура ГЖТС (°С) при температуре горных пород (°С) | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | -1 | -3 | -6 |
| Песчаные | 2 | 0 | 0,8 | 1,5 | 2,3 |
| | | 5 | 1,1 | 3,1 | 5,0 |
| | | 10 | 1,7 | 5,1 | 10,3 |
| | | 20 | 5,0 | 14,8 | 29,6 |
| | 15 | 0 | 0,9 | 2,3 | 4,3 |
| | | 5 | 1,2 | 3,3 | 6,1 |
| | | 10 | 5,3 | 16,1 | 32,1 |
| | | 20 | 11,8 | 35,3 | 70,6 |
| | 25 | 0 | 0,9 | 2,5 | 4,8 |
| | | 5 | 2,6 | 7,9 | 15,8 |
| | | 10 | 6,4 | 19,3 | 38,6 |
| | | 20 | 13,8 | 41,3 | 82,6 |
| Глинистые | 18 | 0 | 0,9 | 1,9 | 3,4 |
| | | 5 | 1,2 | 3,1 | 6,1 |
| | | 10 | 3,4 | 10,2 | 20,3 |
| | | 20 | 8,1 | 24,2 | 48,4 |
| | 40 | 0 | 0,9 | 2,3 | 4,3 |
| | | 5 | 1,0 | 3,0 | 6,0 |
| | | 10 | 5,4 | 16,2 | 32,4 |
| | | 20 | 11,9 | 35,6 | 71,1 |

*Таблица 2*

**Данные расчетного анализа для случаев создания мостов и ликвидации скважин в условиях АНПД (при диаметре скважины – 0,076 м)**

| Мерзлые породы | W, % | Степень аэрации ГЖТС | Допускаемая температура ГЖТС (°С) при температуре горных пород (°С) | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | -1 | -3 | -6 |
| Песчаные | 2 | 0 | -1,9 | -1,3 | -0,4 |
| | | 5 | 0,4 | 3,1 | 7,1 |
| | | 10 | 1,4 | 6,1 | 13,1 |
| | | 20 | 3,3 | 11,8 | 24,6 |
| | 15 | 0 | -1,7 | -0,8 | 0,6 |
| | | 5 | 1,1 | 5,3 | 11,6 |
| | | 10 | 2,7 | 10,0 | 20,9 |
| | | 20 | 5,7 | 19,0 | 39,0 |
| | 25 | 0 | -1,6 | -0,6 | 0,9 |
| | | 5 | 1,4 | 6,1 | 13,1 |
| | | 10 | 3,2 | 11,4 | 23,7 |
| | | 20 | 6,6 | 21,6 | 44,2 |
| Глинистые | 18 | 0 | -1,8 | -1,0 | 0,2 |
| | | 5 | 0,9 | 4,5 | 10,0 |
| | | 10 | 2,2 | 8,6 | 18,1 |
| | | 20 | 4,9 | 16,5 | 33,8 |
| | 40 | 0 | -1,8 | -0,6 | 0,9 |
| | | 5 | 1,4 | 6,1 | 13,2 |
| | | 10 | 3,2 | 11,4 | 23,8 |
| | | 20 | 6,6 | 21,7 | 44,4 |

Использование традиционных негазированных тампонажных растворов (сильно затемненные зоны табл.1 и 2) при всех указанных условиях не позволяет обеспечить надежное тампонирование скважин. Следует отметить, что увеличение диаметра скважины при ее ликвидации и создании мостов не изменяет область рационального применения газожидкостных тампонажных смесей. В то время как увеличение диаметра скважины при постоянном диаметре колонны обсадных труб при тампонировании затрубного пространства уменьшает возможность использования этих смесей без специальных технологических приемов (предварительное охлаждение).

Предотвратить протаивание мерзлых пород во всех рассмотренных случаях (незатемненные зоны таблиц) можно за счет управления степенью аэрации (объемное газосодержание) и водо-твердым отношением газожидкостной тампонажной смеси, а также и предварительным охлаждением ее компонентов [2, 3].

В качестве специальных технологических приемов, предупреждающих протаивание мерзлых пород, рекомендовано применение предварительного охлаждения компонентов газожидкостных тампонажных смесей (в основном, воды затворения) или использование данных смесей с низкой теплотой гидратации (гипсоцемент с добавкой хлорида кальция).

## ЛИТЕРАТУРА


1. *Грязнов Г.С.* Особенности глубокого бурения скважин в районах вечной мерзлоты. М.: Недра, 1969.

2. *Кудряшов Б.Б.* Бурение скважин в мерзлых породах / Б.Б.Кудряшов, А.М.Яковлев. М.: Недра, 1983.

3. *Медведовский Р.И.* Строительство и эксплуатация скважин на нефть и газ в вечномерзлых породах. М.: Недра, 1987.

4. *Яковлев А.А.* Газожидкостные промывочные и тампонажные смеси (комплексная технология бурения и крепления скважин). СПб, 2000.

5. *Montman R., Sutton D.L.* Foamed portland cements / R.Montman, D.L.Sutton // Oil and Gas J., 1983, Vol.89, № 20.

6. *Rozieres S.D.* Foamed cements characterization under downhole conditions and I-bz impact on job design // SPE Prog. Eng. 1991. Vol.3.


## REFERENCES


1. *Grjaznov G.S.* Features of deep drilling of chinks in areas of the eternal froze breeds. Moscow, 1969.

2. *Kudryashov B.B., Yakovlev A.M.* Drilling of chinks in frozen breeds. Moscow, 1983.

3. *Medvedovsky R.I.* Building and operation of chinks on oil and gas in vech-nomerzlyh breeds. Moscow, 1987.

4. *Yakovlev A.A.* Foamed and foamed cements (a complex th technology of drilling and fastening of chinks) / Saint Petersburg, 2000.

5. *Montman R., Sutton D.L.* Foamed portland cements / R.Montman, D.L.Sutton // Oil and Gas J. 1983. Vol. 89. № 20.

6. *Rozieres S.D.* Foamed cements characterization under downhole conditions and I-bz impact on job design // SPE Prog. Eng. 1991. Vol.3.