УДК 622.244.49

М.Ю.МЕРЗЛЯКОВ, *студент, merzlyackov.mihail@yandex.ru*
М.В.ТУРИЦЫНА, *аспирантка, turitsyna_maria@mail.ru*
А.А.ЯКОВЛЕВ, *д-р техн. наук, профессор, andre_a_yakovlev@mail.ru*
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

M.Yu.MERZLYAKOV, *student, merzlyackov.mihail@yandex.ru*
M.V.TURITSYNA, *post-graduate student, turitsyna_maria@mail.ru*
A.A.YAKOVLEV, *Dr. in eng. sc., professor, andre_a_yakovlev@mail.ru*
National Mineral Resources University (Mining University), Saint Petersburg

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ГАЗОЖИДКОСТНЫХ СМЕСЕЙ ПРИ ВСКРЫТИИ ВОДОНОСНЫХ ГОРИЗОНТОВ

Рассмотрен метод выбора пенообразующего раствора, обладающего наименьшим вредным воздействием на окружающую среду, с оптимальными технологическими характеристиками. Описаны исследования по определению технологических свойств газожидкостных смесей. Предложенная методика позволяет выбрать наиболее приемлемые газожидкостные смеси для использования их в бурении гидрогеологических скважин.

***Ключевые слова*:** поверхностно-активные вещества, предельно допустимая концентрация, газожидкостные смеси.

ECOLOGICAL SAFETY OF APPLYING GAS-LIQUID MIXTURES IN AQUIFERS DISCLOSURE

Selection method of froth generating solution with minimal harmful environment effect and the best technological characteristics was considered. Determining of gas-liquid mixtures characteristics research was described. Suggested solution allows to select most suitable gas-fluid mixtures for hydrogeological well-boring.

Key words: surface-active substances, maximum permissible concentration, gas-liquid mixtures.

При бурении скважин на воду эффективно применяются газожидкостные смеси (ГЖС) при вскрытии пористых и трещиноватых пород. Используемые для этой цели поверхностно-активные вещества (ПАВ) должны быть биологически нестойкими и не вызывать загрязнения продуктивного горизонта при последующем эффективном его освоении (ГН 2.1.5.1315-03). При выборе и разработке составов промывочных смесей для вскрытия водоносных горизонтов учитывается экологический фактор, соблюдение которого позволило бы свести к минимуму опасность загрязнения подземных и поверхностных вод.

В качестве одного из показателей, характеризующих экологическую безвредность, используют оценку биоразлагаемости вещества, в связи с которой все ПАВ разделяются на жесткие (биоразлагаемые до 80 %), промежуточные (биоразлагаемые на 80-90 %, но только до органических соединений) и мягкие (полностью биоразлагаемые). Использование бионеразлагаемых веществ необходимо полностью исключать и применять наименее токсичные для бурового персонала пенообразователи и стабилизаторы с наименьшей их концентрацией в растворе [2].

При учете вредного влияния химических веществ на здоровье человека пользуются характеристикой предельно допустимых концентраций (ПДК). С целью получения экологически чистых газожидкостных смесей были исследованы ПАВ: сульфонол НП-3, линей-

ный алкилбензолсульфат (ЛАБС) натрия, лаурилсульфат натрия, ОП-7. Данные для этих веществ согласно ГН 2.1.5.1315-03 и научной литературе [3] приведены в табл.1.

Таблица 1

Экологические характеристики применяемых ПАВ

Вещество	ПДК, мг/л	Биоразлагаемость веществ	Класс опасности
Сульфонол НП-3	0,5	Мягкие	3
ЛАБС натрия	0,4	Средние	3
Лаурилсульфат натрия	0,5	Мягкие	4
ОП-7	0,1	Жесткие	4

Если в воде содержатся два или более веществ, то сумма отношений концентраций каждого из них (C_1, C_2 ... C_n) к соответствующим ПДК

$$\frac{C_1}{\text{ПДК}_1}+\frac{C_2}{\text{ПДК}_2}+\ldots+\frac{C_n}{\text{ПДК}_n}\le 1, \qquad (1)$$

где $C_1 \ldots C_n$ – концентрации n веществ, обнаруживаемые в воде водного объекта; $\text{ПДК}_1 \ldots \text{ПДК}_n$ – ПДК тех же веществ.

В рассматриваемых смесях данное неравенство из-за большой концентрации ПАВ для рассматриваемых условий не может быть соблюдено, однако с учетом этого фактора необходимо выбрать наименьшие значения, чтобы снизить риск возможного загрязнения водоносного горизонта в процессе бурения с использованием выбранных веществ:

$$\frac{C_1}{\text{ПДК}_1}+\frac{C_2}{\text{ПДК}_2}+\ldots+\frac{C_n}{\text{ПДК}_n}\to \min . \qquad (2)$$

Для выбора поверхностно-активных веществ, учитывающих как экологическую безопасность, так и технологические параметры получаемых растворов, были проведены исследования по определению кинетики разрушения газожидкостных смесей. Анализ полученных экспериментальных данных позволил из всех рассматриваемых растворов ПАВ выявить те, которые обладают наибольшей пенообразующей способностью и стабильностью получаемой пены (рис.1).

Расчетные и измеренные показатели исследованных растворов поверхностно-активных веществ, обладающих наилучшими технологическими качествами и наименьшими показателями по ПДК, представлены в табл.2.

Для дальнейших исследований с добавлением в состав раствора органических полимеров для увеличения стабильности пены и реагента для повышения структуры смеси и роста ее несущей способности был выбран раствор ЛАБС натрия 0,05 % + лаурилсульфат натрия 0,05 %. Данный раствор обладает хорошей пенообразующей способностью, стабильностью получаемой пены, относительно низким значением ПДК и небольшим расходом ПАВ для его приготовления. Чтобы получить стабильные газожидкостные промывочные смеси, в состав пенообразующего раствора необходимо ввести стабилизаторы и структурообразователи. Используемые в работе биополимеры (карбоксилметил целлюлоза (КМЦ), карбоксилметилированный крахмал (КМК) и биополимер «КК-Робус») обладают сравнительно небольшим вредным воздействием на окружающую среду и относительно быстро подвергаются биоразложению. То же можно сказать и о реагенте для регулирования вязкости системы, в качестве которого выбран глицерин.

Для растворов на основе раствора ПАВ (вода + ЛАБС натрия 0,05 % + лаурилсульфат натрия 0,05 %), также включающих в свой состав органические полимеры-стабилизаторы и регулятор вязкости, были проведены лабораторные исследования по изучению технологических свойств газожидкостных смесей. В табл.3 представлены показатели смесей, с которыми был проведен весь комплекс планируемых измерений.

Данные, полученные путем экспериментальных исследований по изучению кинетики разрушения ГЖС, показали, что лучшей пенообразующей способностью обладают растворы, содержащие в своем составе биополимер «КК-Робус» различной концентрации. Также была замечена хорошая стабильность пены при увеличении содержания данного полимера в пенообразующем растворе.

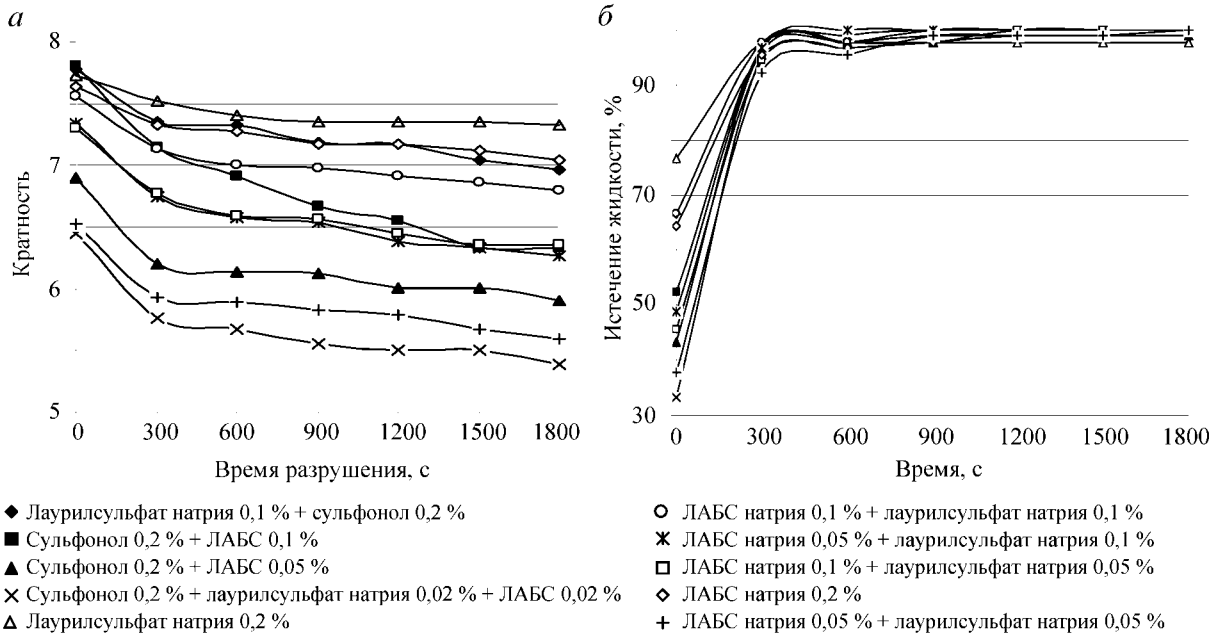


Рис.1. Кинетика разрушения газожидкостных смесей, полученных на пресной воде для растворов, обладающих наилучшей пенообразующей способностью: *а* – пенообразующая способность растворов; *б* – стабильность газожидкостных смесей

Таблица 2

Технологические и экологические характеристики растворов ПАВ

Раствор ПАВ	Кратность ГЖС (начальная)	Устойчивость ГЖС, с/см^3	$\sum_{i=1}^{n}\frac{C_i}{\text{ПДК}_i}\times 10^{-3}$
Сульфонол 0,05 % + лаурилсульфат 0,02 % + ЛАБС натрия 0,02 %	6,44	12	1,45
ЛАБС натрия 0,05 % + лаурилсульфат натрия 0,05 %	6,52	8	2,25
ЛАБС натрия 0,05 % + лаурилсульфат натрия 0,1%	7,34	2	3,25
Сульфонол 0,1 % + ЛАБС натрия 0,05 %	6,90	6	3,25
ЛАБС натрия 0,1 % + лаурилсульфат натрия 0,05 %	7,30	4	3,50

Таблица 3

Показатели газожидкостных смесей

Состав раствора	Плотность раствора, кг/м^3	Плотность ГЖС средняя на начало цикла, кг/м^3	Плотность ГЖС средняя на конец цикла, кг/м^3	Кратность начальная	Кратность на конец измерения	Газосодержание
Раствор ПАВ + глицерин (1 %) + КМК (0,5 %)	1010	200	246	9,13	7,24	0,80
Раствор ПАВ + глицерин (1 %) + КМК (1 %)	1017	214	256	8,53	6,96	0,79
Раствор ПАВ + глицерин (1 %) + КМК (2 %)	1019	236	274	7,65	6,45	0,77
Раствор ПАВ + глицерин (1 %) + КМЦ (0,5 %)	1013	214	259	8,50	6,85	0,79
Раствор ПАВ + глицерин (1 %) + КМЦ (1 %)	1013	233	272	7,75	6,48	0,77
Раствор ПАВ + глицерин (1 %) + КМЦ (2 %)	1018	364	390	4,60	4,23	0,64
Раствор ПАВ + глицерин (1 %) + «КК-Робус» (0,02 %)	1019	191	219	9,70	8,35	0,81
Раствор ПАВ + глицерин (1 %) + «КК-Робус» (0,05 %)	1015	194	212	9,50	8,60	0,81
Раствор ПАВ + глицерин (1 %) + «КК-Робус» (0,1 %)	1020	202	214	9,15	8,55	0,80
Раствор ПАВ + глицерин (1 %) + «КК-Робус» (0,05 %) + КМК (1 %)	1013	220	253	8,25	7,03	0,78
Раствор ПАВ + глицерин (1 %) + «КК-Робус» (0,05 %) + КМЦ (1 %)	1014	286	304	6,10	5,70	0,72

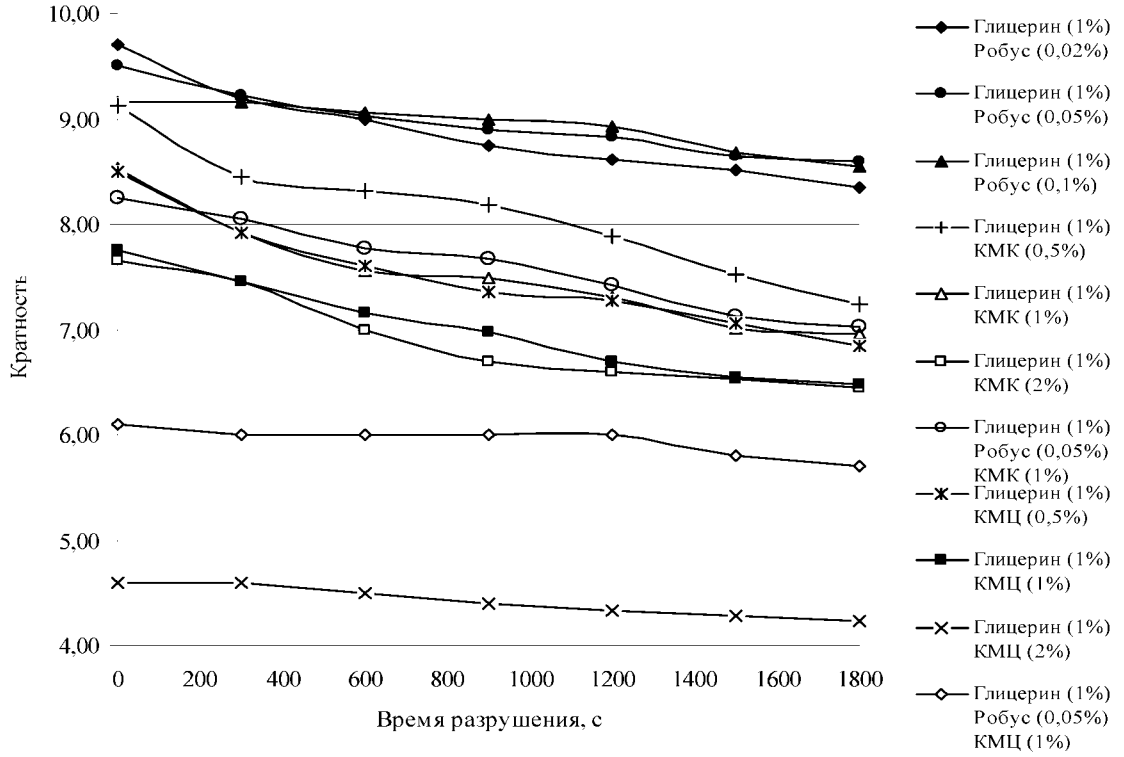


Рис.2. Кинетика разрушения ГСЖ на основе водных растворов ПАВ, содержащих биополимеры и реагент, регулирующий вязкость

Газожидкостные смеси с добавлением в них КМК также хорошо вспениваются, но достаточно быстро теряют стабильность. Хуже всех вспениваются растворы, приготовленные с использованием КМЦ, однако при увеличении концентрации биополимера наблюдается рост стабильности ГЖС. При добавлении «КК-Робус» (0,05 %) в состав раствора, в котором присутствует КМК (1 %), практически не отличается изменения пенообразующей способности раствора и стабильности пены. В растворе, содержащем КМЦ (1 %), данный биополимер при той же концентрации способствует снижению вспениваемости и повышению стабильности образуемой пены.

Таким образом, предложенная методика выбора пенообразующих растворов по результатам анализа технологических и экологических характеристик позволяет достаточно быстро и легко выбрать наиболее оптимальные пенообразующие растворы, которые могут быть использованы при бурении скважин на воду. Экспериментальными исследованиями установлено, что растворы, содержащие биополимер «КК-Робус», обладают высокой пенообразующей способностью и стабильностью получаемой пены в сравнении с другими изученными смесями.

Целью дальнейших исследований является разработка экологически чистых и технологически эффективных пенообразующих растворов для бурения и вскрытия водоносных горизонтов с газожидкостными промывочными смесями.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Бродов Г.С.* Бурение и оборудование скважин на воду. СПб, 2006. 156 с.

2. *Слюсарев Н.И.* Технология и техника бурения геологоразведочных скважин с промывкой пеной / Н.И.Слюсарев, А.Е.Козловский, Ю.Н.Лоскутов. СПб, 1996. 179 с.

3. *Шевердяев О.Н.* Основы технологии поверхностно-активных веществ и синтетических моющих средств / О.Н.Шевердяев, П.С.Белов, А.М.Шкитов. М., 2001.

REFERENCES

1. *Brodov G.S.* Drilling of wells and equipment on the water. Saint Petersburg, 2006. 156 p.

2. *Slyusarev N.I., Kozlovsky A.E., Loskutov Yu.N.* Technology and technique of drilling exploration wells with washing suds. Saint Petersburg, 1996. 179 p.

3. *Sheverdyaev O.N., Belov P.S., Shkitov A.M.* Basics of surface-active substances and detergents. Moscow, 2001. 204 p.