

# Чрезвычайные ситуации и проблемы экологии в нефтегазовой отрасли

---

УДК 502:55; 502:084; 504:054

## ОЦЕНКА ФИТОТОКСИЧНОСТИ БУРОВЫХ РАСТВОРОВ НА ПРИМЕРЕ ЗЛАКОВЫХ КУЛЬТУР ESTIMATION OF PHYTOTOXICITY OF DRILLING SOLUTIONS ON THE EXAMPLE OF CEREAL CROPS

**Е. В. Гаевая, Я. Э. Богайчук, С. С. Тарасова, Д. П. Друзь, Е. В. Захарова**  
E. V. Gaevaya, Ya. E. Bogaychuk, S. S. Tarasova, D. P. Druz, E. V. Zaharova

*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*  
*Научно-исследовательский проектный институт «Нефтегазпроект», г. Тюмень*

*Ключевые слова: буровой раствор; фитотоксичность; всхожесть; нефтепродукты; бентониты; злаковые культуры*  
*Key words: drilling mud; phytotoxicity; germination; petroleum products; bentonites; cereals*

Процесс строительства скважин сопровождается применением материалов и химических реагентов различной степени экологической опасности [1]. При проходке скважин используется буровой раствор, необходимый для удаления продуктов разрушения проходимых пород с забоя, охлаждения породоразрушающего инструмента, предупреждения и ликвидации осложнений вскрытия продуктивных пластов. Дополнительно применяется техническая вода для обмывки резьбовых соединений буровых труб, очистки сеток вибросит, а также при мойке оборудования и производственных площадок [2].

Буровой раствор является поликомпонентной смесью веществ. В состав бурового раствора входят глинопорошок бентонитовый модифицированный (ПБМА, ПБМВ) или палыгорскитовый (ППБ); сода каустическая (гидроокись натрия, едкий натр); низковязкая и высоковязкая полианионная целлюлоза (ПАЦ-Н, ПАЦ-В); низкомолекулярный (низковязкий) полиакриламид ПАА-Н; высокомолекулярный (высоковязкий) полиакриламид ПАА-В; понизитель вязкости; карбонат кальция (мраморная крошка); пеногаситель; органический разжижитель; биополимер; бактерицид; калий хлористый (*KCl*); органический ингибитор глин; модифицированный крахмал; натрий хлористый (*NaCl*); гипс; гидроокись кальция (известь); баритовый утяжелитель (сульфат бария). Компоненты буровых растворов относятся к III и IV классам опасности. Процентное соотношение материалов и химических реагентов может варьироваться в зависимости от метода бурения, пластового давления, происхождения пород-коллекторов. Плотность буровых растворов варьируется от 1,0 до 1,2 г/см<sup>3</sup> [3, 4].

Буровые растворы, применяемые в процессе бурения скважин, могут меняться при проходке интервала под каждую из обсадных колонн и иметь различные составы. Содержание воды варьируется от 71 до 87 %, содержание бентонитовых порошков, используемых в качестве увеличителей вязкости, — от 4 до 15 %, в оставшуюся часть входят химические реагенты, предназначенные для предотвращения процесса гидратации глинистых пород, улучшения реологических свойств, контроля и стабилизации щелочности, регуляции водоотдачи, кольматации и утяжеления буровых растворов, улучшения стабильности стенок скважины, гидрофобизации глин [5, 6].

Использование различных компонентов, входящих в состав бурового раствора, непосредственно влияет на свойства выбуренной породы, которая в процессе бурения преобразуется в буровой шлам.

Цель исследований — изучить физико-химические свойства и фитотоксичность буровых растворов, применяемых при бурении скважин.

Исследования проводились на базе лаборатории кафедры техносферной безопасности Тюменского индустриального университета в соответствии с гостированными методиками. Лабораторные исследования по определению энергии прорастания и всхожести семян осуществлялись в соответствии с ГОСТ 12038-84<sup>1</sup>. Анализ проб на содержание нефтепродуктов проводился с помощью анализатора жидкости «Флюорат-02-2М»<sup>2,3</sup>.

Определение *pH* среды бурового раствора проводилось в соответствии с ГОСТ 26423-85<sup>4</sup>.

В работе были рассмотрены три типа буровых растворов, применяемые в процессе бурения на одной нефтяной скважине, под каждую из обсадных колонн соответственно: кондуктор — полимерглинистый буровой раствор; эксплуатационная колонна — полимерглинистый ингибированный буровой раствор; хвостовик — буровой раствор на углеводородной основе.

Их характеристики представлены в таблице 1.

Таблица 1

Характеристика буровых растворов

Наименование параметра	Единица измерения	Раствор		
		полимерглинистый	полимерглинистый ингибированный	на углеводородной основе
Плотность раствора	г/см <sup>3</sup>	1,14	1,14	1,06
Условная вязкость	с	39,0	43,0	44,0
Фильтрация	мл/30 мин	7,5	5,6	3,9
<i>pH</i>	ед.	8,0	8,0	11,0
Жесткость по Ca <sup>2+</sup>	мг/л	80,0	80,0	80,0
Содержание твердой фазы	%	10,0	8,0	6,0

Максимальное значение реакции *pH* среды изучаемых типов буровых растворов, наблюдалось у раствора на углеводородной основе и составило 11,0 ед. Плотность растворов варьировалась от 1,06 до 1,14 г/см<sup>3</sup>, условная вязкость — 39–44 с, содержание твердой фазы — 6–10 %. В связи с тем, что при увеличении глубины бурения плотность проходимых пород увеличивается, используется буровой раствор с большей вязкостью, меньшей плотностью и содержанием твердой фазы (бентониты).

Для определения фитотоксичности буровых растворов использовали следующие культуры-фитомелиоранты: мятлик луговой, кострец безостый, овсяница красная и овсяница луговая.

Результаты оценки качественных характеристик посевного материала представлены в таблицах 2 и 3.

<sup>1</sup> ГОСТ 12038-84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. — Введ. 1986-07-01. — М.: Стандартинформ, 1984. — 47 с.

<sup>2</sup> ПНД Ф 16.1:2.21-98. Количественный химический анализ почв. Методика выполнения измерений массовой доли нефтепродуктов в пробах почв и грунтов флуориметрическим методом с использованием анализатора жидкости «Флюорат-02».

<sup>3</sup> ПНД Ф 14.1:2:4.187-02. Количественный химический анализ вод. Методика измерений массовой концентрации формальдегида в пробах природных, питьевых и сточных вод на анализаторе жидкости «Флюорат-02».

<sup>4</sup> ГОСТ 26423-85. Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, *pH* и плотно-остатка водной вытяжки. — Введ. 1986-07-01. — М.: Стандартинформ, 2011. — 7 с.

Результаты энергии прорастания культур-фитомелиорантов, %

Наименование	Культура			
	мятлик луговой	коострец безостый	овсяница красная	овсяница луговая
К.В. (дис. вода)	94 ± 1,9	96 ± 2,0	96 ± 2,0	94 ± 1,9
Полимерглинистый раствор	72 ± 1,4	30 ± 0,6	70 ± 1,4	70 ± 1,4
Полимерглинистый ингибированный раствор	50 ± 1,0	36 ± 0,7	38 ± 0,8	38 ± 0,8
Раствор на углеводородной основе	0	0	0	0

При определении энергии прорастания культур-фитомелиорантов на разных типах буровых растворов было выявлено, что при применении бурового раствора на углеводородной основе энергия прорастания равна нулю на всех культурах.

Исследования на полимерглинистом растворе показали, что наибольшие значения прорастания наблюдались у мятлика лугового и составили 72 %.

При исследовании полимерглинистого ингибированного раствора наиболее устойчив к токсическому воздействию был мятлик луговой, его энергия прорастания составила 50 %, значения энергии прорастания коостреца безостого, овсяницы красной и овсяницы луговой составили от 36 до 38 %.

Таблица 3

Результаты всхожести культур-фитомелиорантов, %

Наименование	Культура			
	мятлик луговой	коострец безостый	овсяница красная	овсяница луговая
К.В. (дис. вода)	96 ± 1,9	96 ± 1,9	96 ± 1,9	96 ± 1,9
Полимерглинистый раствор	82 ± 1,6	48 ± 0,9	78 ± 1,6	94 ± 1,9
Полимерглинистый ингибированный раствор	84 ± 1,7	52 ± 1,0	76 ± 1,5	86 ± 1,7
Раствор на углеводородной основе	0	0	0	0

При определении всхожести культур-фитомелиорантов на разных типах буровых растворов было выявлено следующее: при применении бурового раствора на углеводородной основе всхожесть равна нулю на всех культурах.

При определении энергии прорастания на полимерглинистом растворе было выявлено, что наибольшая всхожесть наблюдалась у овсяницы луговой — 94 %, мятлика лугового — 82 % и овсяницы красной — 78 %. Наименьшая всхожесть у коостреца безостого — 48 %.

При исследовании полимерглинистого ингибированного раствора наиболее устойчивы к токсиче-

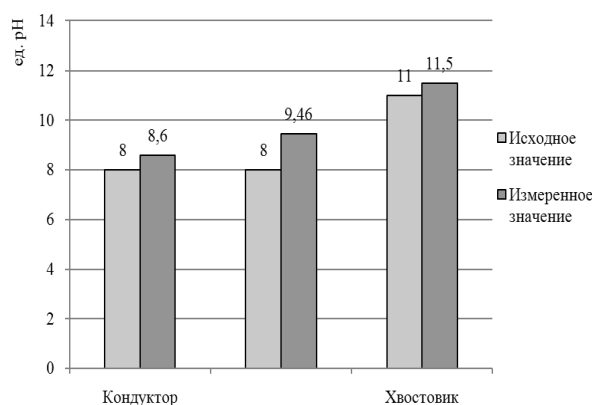


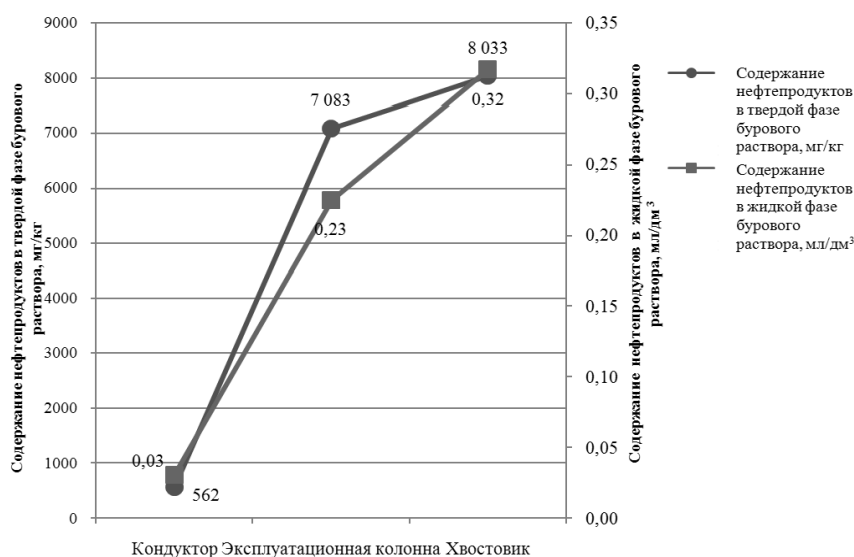
Рис. 1. Результаты определения реакции среды бурового раствора

скому воздействию оказались мятлик луговой, его всхожесть составила 84 %, и овсяница луговая — 86 %. Наименьшее значение наблюдалось у коостреца безостого — 52 %.

Результаты исследований реакции среды разных типов буровых растворов представлены на рисунке 1.

Результаты исследований реакции среды буровых растворов показали, что исходные значения ниже полученных показателей, что свидетельствует о том, что химические реагенты, входящие в состав буровых растворов, продолжают реагировать, тем самым повышая щелочность.

В ходе исследований было произведено разделение бурового раствора на две фазы: жидкую и твердую — бентониты. Результаты определения нефтепродуктов в твердой и жидкой фазах буровых растворов представлены на рисунке 2.



*Рис. 2. Результаты исследований нефтепродуктов в твердой и жидкой фазах буровых растворов*

При бурении кондуктора был использован полимерглинистый буровой раствор на водной основе, в процессе изучения содержания нефтепродуктов было установлено, что в жидкой фазе содержание составило 0,03 мл/дм<sup>3</sup>, в твердой фазе — 561,7 мг/кг. При проходке эксплуатационной колонны применялся полимерглинистый ингибированный буровой раствор, содержание в жидкой фазе нефтепродуктов составило 0,25 мл/дм<sup>3</sup>, в твердой — 7 083,3 мг/кг. В процессе бурения хвостовика использовался буровой раствор на углеводородной основе, содержание нефтепродуктов в жидкой и твердой фазах составило 0,32 мл/дм<sup>3</sup> и 8 033,3 мг/кг соответственно.

Полученные данные могут свидетельствовать о том, что твердая фаза абсорбирует нефтепродукты, так как она представлена коллоидной фракцией, имеющей высокую поглотительную способность.

Таким образом, результаты исследований показали, что буровые растворы представляют сложную многокомпонентную дисперсную систему суспензионных, эмульсионных и аэрированных жидкостей, применяемых для промывки скважин в процессе бурения.

С увеличением глубины бурения используется буровой раствор с большей вязкостью, меньшей плотностью и содержанием твердой фазы (бентониты), это свя-

зано с тем, что выбуренная порода с более глубоких горизонтов имеет большую плотность.

Применение различных реагентов, используемых в процессе приготовления растворов в качестве коагулянта, утяжелителя, антисептика, ингибитора, пеногасителя, антивспенивателя, гидрофобизатора (CalciumCarbonate, CausticSoda, ИКВАС, SB STARCN и др.), влияет на реакцию среды буровых растворов. Исследования показали, что исходные и измеренные значения *pH* указывали на щелочную реакцию среды.

При исследовании концентрации нефтепродуктов максимальное содержание было выявлено в растворе на углеводородной основе, при этом содержание нефтепродуктов в твердой фазе составило 8 033,3 мг/кг, в жидкой — 0,32 мл/дм<sup>3</sup>.

При определении всхожести культур-фитомелиорантов на разных типах буровых растворов было выявлено следующее: при применении бурового раствора на углеводородной основе всхожесть равна нулю, что свидетельствует о высоком токсическом воздействии. Наиболее устойчивыми к воздействию полимерглинистого и полимерглинистого ингибированных растворов оказались мятлик луговой и овсяница луговая, наименее устойчивыми — овсяница красная и костреч безостый.

При определении энергии прорастания культур-фитомелиорантов на разных типах буровых растворов было выявлено следующее: при применении бурового раствора на углеводородной основе энергия прорастания равна нулю, что свидетельствует о высоком токсическом воздействии. Наиболее устойчивыми к воздействию полимерглинистого и полимерглинистого ингибированных растворов оказались мятлик луговой, овсяница красная и овсяница луговая, наименее устойчивым — костреч безостый.

#### **Библиографический список**

1. Ягофарова Г. Г., Барахнина В. Б. Утилизация экологически опасных буровых отходов // Нефтегазовое дело. – 2006. – № 2. – С. 48–61.
2. Нефть и здоровье / Карамова Л. М. [и др.]; под ред. Л. М. Карамовой; Уфимский науч.-исслед. институт медицины труда и экологии человека. – Уфа: УфНИИМТИЭЧ, 1993. – Ч. 1 – 405 с.
3. Балаба В. И., Колесов А. И., Коновалов Е. А. Проблемы экологической безопасности использования веществ и материалов в бурении // Серия. Охрана человека и окружающей среды в газовой промышленности. – М.: ИРЦ Газпром, 2001. – С. 32.
4. Федорин Л. В., Шевчук Н. П., Хмарин Л. К. Об опасности отходов бурения скважин // Нефтяное хозяйство. – 2000. – № 3. – С. 70–71.
5. Белов П. С., Голубева И. А., Низова С. А. Экология производства химических продуктов из углеводородов нефти и газа. Учеб. для вузов. – М.: Химия, 1991. – 256 с.
6. Рядинский, В. Ю., Соромотин А. В., Денко Ю. В. Состав и свойства буровых отходов Западной Сибири // Вестник Тюменского государственного университета. Социально-экономические и правовые исследования. – 2004. – № 3. – С. 51–55.

#### **Сведения об авторах**

**Гаевая Елена Викторовна**, к. б. н., доцент кафедры техносферной безопасности, Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, тел. 8(3452)283753, e-mail: ele-gaevaya@yandex.ru

**Богачук Ярослав Эдуардович**, к. т. н., заместитель генерального директора «НИПИ «Нефтегазпроект», г. Тюмень, тел. 89827728899, e-mail: bogaychukye@nipingp.ru

**Тарасова Светлана Сергеевна**, ассистент кафедры техносферной безопасности, Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, тел. 89829350891, e-mail: tarasovasvetlana92@yandex.ru

**Друзь Денис Петрович**, студент кафедры техносферной безопасности, Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, тел. 89504864308, e-mail: DruzDen@gmail.com

**Захарова Елена Викторовна**, к. б. н., доцент кафедры техносферной безопасности, Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, тел. 8(3452)283956, e-mail: elea72.78@mail.ru

#### **Information about the authors**

**Gaevaya E. V.**, Candidate of Biology, Associate Professor at the Department of Technosphere Safety, Industrial University of Tyumen, phone: 8(3452)283753, e-mail: ele-gaevaya@yandex.ru

**Bogaychuk Ya. E.**, Candidate of Engineering, Deputy General Director of the «Scientific Research and Design Institute «Neftegazproekt», Tyumen, phone: 89827728899, e-mail: bogaychukye@nipingp.ru

**Tarasova S. S.**, Assistant at the Department of Technosphere Safety, Industrial University of Tyumen, phone: 89829350891, e-mail: tarasovasvetlana92@yandex.ru

**Druz D. P.**, Student at the Department of Technosphere Safety, Industrial University of Tyumen, phone: 89504864308, e-mail: DruzDen@gmail.com

**Zaharova E. V.**, Candidate of Biology, Associate Professor at the Department of Technosphere Safety, Industrial University of Tyumen, phone: 8(3452)283956, e-mail: elena72.78@mail.ru