УДК 622.243.1

Д.А.ДЕРНОВ
Геолого-разведочный факультет,
аспирант кафедры технологии и техники бурения скважин
М.В.ЛУКЬЯНОВ
Геолого-разведочный факультет,
группа НБ-01

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОМЫВОЧНЫХ ЖИДКОСТЕЙ НА АКРИЛОВОЙ ОСНОВЕ

Изложены принципы применения математической статистики при разработке составов промывочных жидкостей. Показан один из примеров обработки данных программой Statgraphics и полученные результаты.

In clause the principles of applying of mathematical statistics are stated at mining structures of flush fluids. One of examples of data processing by the program Statgraphics and received after that results is rotined.

В настоящее время российский рынок химических реагентов перенасыщен импортной продукцией, что отрицательно сказывается на экономике предприятий и себестоимости строительства скважины. С целью обеспечения условий для полного или частичного импортозамещения реагентов, применяемых при бурении нефтяных и газовых скважин, на кафедре технологии и техники бурения скважин Санкт-Петербургского государственного горного института проводятся исследования промывочных жидкостей на основе акриловых полимеров группы «Комета-Метеор» (К-М) отечественного производства.

Реагенты этой группы отличаются низкой стоимостью и технологичностью применения. Они экологически безопасны, не подвергаются старению и термо- и механической деструкции в широком диапазоне температур и прилагаемых сдвиговых нагрузок. Малые концентрации введения реагента улучшают основные показатели малоглинистых промывочных жидкостей: снижают водоотдачу, суточный отстой, вязкость.

Реагент обладает малой адсорбционной способностью (до 10 мг/г) и низким уровнем коэффициента трения корки (< 0,04). В композиции с известными реагентами снижает поверхностное натяжение на границах раздела «фильтрат – нефть» до 4-8 дин/см, что способствует сохранению естественных фильтрационных свойств призабойной зоны пласта. Однако создание новых композиций (систем) промывочных жидкостей на основе этого полимера сопровождается проведением большого количества экспериментов с использованием редких, а порой и уникальных приборов. Объем исследований может быть сокращен за счет применения уже известных эмпирических зависимостей параметров промывочных жидкостей от их состава и условий получения. Способ получения этих зависимостей заключается в обработке и анализе большого массива экспериментальных и промысловых данных, что при современном уровне компьютерных технологий и наличии соответствующего программного обеспечения упрощается.

Так, использование программы Statgraphics компании «Statistical Graphics Corp.» позволяет сократить количество исследований, выполнить обработку их результатов и построение графических зависимостей по ограниченному количеству полученных экспериментально значений выбранных параметров.

Для работы с программой необходимо установить диапазоны рациональных кон-

центраций реагента и твердой фазы (глинопорошка), обеспечивающие необходимый для построения искомой зависимости уровень значений выбранного параметра. В процессе построения при помощи заданных концентраций на основе программы рассчитывается таблица для проведения последующего эксперимента. На основе анализа полученных табличных значений выполняется подбор концентраций реагентов для создания рабочей рецептуры промывочной жидкости.

В качестве примера представляются результаты анализа, выполненного на основе программы Statgraphics по одному из важнейших параметров промывочной жидкости – водоотдаче. Для этого в программе были заданы диапазоны концентрации: глинопорошка Черкасского месторождения от 3 до 10 % и реагента К-М от 0,05 до 1 %. Программой генерируется 10 экспериментов, один из которых является повторным и не проводится.

Экспериментальная проверка полученных расчетных концентраций глинопорошка и реагента выполнена стандартными методами в лабораторных условиях на заранее приготовленных образцах промывочных жидкостей. Получены следующие значения параметра водоотдачи при различных концентрациях:

Концентрация глины $C_{\text{глина}}$, %	Концентрация К-М $C_{\text{К-М}}$, %	Водоотдача B, см^3/30 мин
11	0,5	12,5
10	1	9
10	0,05	39,5
3	1	11,5
3	0,5	16
1,6	0,5	26
6,5	1,2	10,8
6,5	0,5	11
6,5	0,15	23

Чистота эксперимента оценивалась при помощи параметра квадрат коэффициента множественной корреляции R-squared, который оказался равным 93,67. Влияние концентрации исследуемого реагента на динамику изменения коэффициента водоотдачи определялось по уровню значимости p-value, который оказался равным 0,0030, что говорит о преимущественном влиянии на уровень коэффициента водоотдачи реагента К-М.

Определение уровня водоотдачи с другими концентрациями реагента и глинопорошка программой выполняется по следующей формуле:

$$B = 63{,}5874 - 6{,}53633C_{\text{глина}} - 87{,}2783C_{\text{К–М}} +$$

$$+ 0{,}423391C^2_{\text{глина}} + 0{,}285693C_{\text{глина}}C_{\text{К–М}} +$$

$$+ 51{,}6294C^2_{\text{К-М}}.$$

Для данной программы и данных условий (наличие двух компонентов) наиболее полным оказалось описание динамики изменения коэффициента водоотдачи в заданном диапазоне концентраций посредством квадратичного уравнения. Используя это уравнение, программа сверяет экспериментальные и расчетные значения коэффициента водоотдачи и выполняет оценку сходимости полученных результатов:

Наблюдаемая водоотдача (получена экспериментально) B, см^3/30 мин	Предсказанная водоотдача (получена расчетно с помощью уравнения регрессии) B', см^3/30 мин
12,5	15,324
9	7,771
39,5	36,471
11,5	12,997
16	17,486
26	23,710
10,8	10,830
11	9,186
23	27,338

Все результаты попадают в доверительный интервал, который составляет 95 %.

Кроме аналитических расчетов программа позволяет выполнять комплекс графических построений, наглядно иллюстрирующих полученные результаты. Так, на рис.1 показан уровень значимости компонентов для каждого члена квадратичного уравнения. Максимальное значение имеет реагент К-М.

Определение необходимой концентрации компонентов для получения заданного

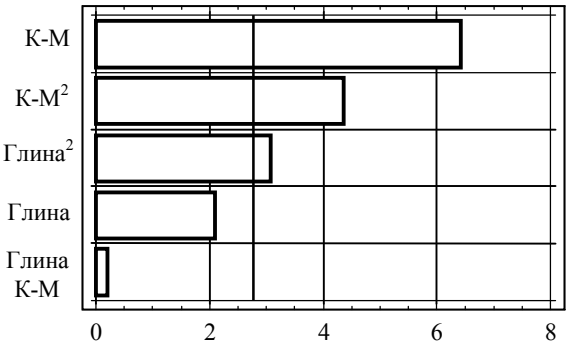


Рис.1. Стандартизированная карта Парето

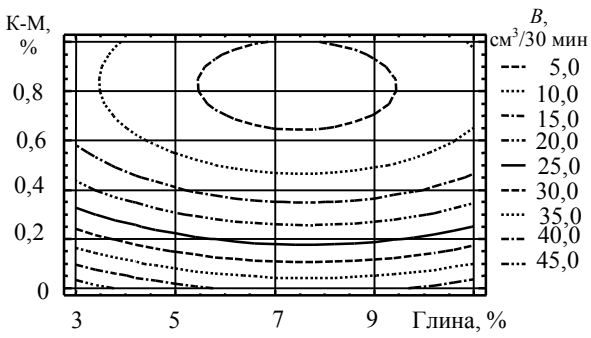


Рис.2. Контуры оцененной поверхности отклика

уровня коэффициента водоотдачи может быть выполнено по графику контура оцененной поверхности отклика. Искомая концентрация находится на пересечении изолиний и линий сноса на оси координат. Чтобы получить необходимую водоотдачу, можно воспользоваться изолиниями, представленными на рис.2.

Таким образом, благодаря использованию программы можно не только сократить время исследований и количество экспериментов, но и получить аналитическую и графическую зависимости, которые можно применить для расчета необходимой концентрации компонентов промывочной жидкости с заданными параметрами без проведения дополнительных экспериментов. При этом сравнение экспериментальных и расчетных величин показывает адекватность моделей и дает возможность практического использования программы без снижения точности эксперимента.

Научный руководитель д.т.н. проф. *Ю.А.Нифонтов*