

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВЗАИМОСВЯЗИ НЕКОТОРЫХ СВОЙСТВ НЕФТИ

Г. Г. БЛАГОПОЛУЧНАЯ, Н. М. СМОЛЬЯНИНОВА, А. Ф. ФЕДОРОВ

(Представлена научно-методическим семинаром органических кафедр
химико-технологического факультета)

Расширение области применения нефти как сырья для нефтехимии и производства широкого ассортимента топлив и масел приводит к увеличению числа показателей, используемых при оценке качества нефти и служащих основой для проектирования технологических процессов. Это связано с проведением большого количества длительных, трудоемких, дорогостоящих исследований. Необходимо более полное описание свойств нефти уже при разведке нефтяных месторождений применительно к различным направлениям ее использования. Однако введение в комплекс анализов нефти большого числа показателей приводит к чрезмерному усложнению и удорожанию разведочных, научно-исследовательских работ, а также к увеличению сроков их проведения.

В данной работе сделана попытка с помощью методов математической статистики исследовать взаимосвязи между некоторыми свойствами нефти и выбрать сравнительно небольшой комплекс показателей, с помощью которых с достаточной для практических целей точностью можно характеризовать нефть как сырье основных направлений ее использования.

Главной трудностью при количественном исследовании показателей свойств нефти является сложное одновременное влияние большого количества факторов, не поддающихся контролю. Такой процесс с точки зрения математики можно рассматривать как случайный и оценивать с позиций вероятностно-статистических теорий. Поставленная задача решается с помощью корреляционного и регрессионного анализов экспериментальных данных [3].

В данной работе сделана попытка исследования линейных корреляционных зависимостей между десятью основными физико-химическими характеристиками нефтей: удельным весом (d_4^{20}), молекулярной массой (M), вязкостью (γ_{20}), коксуемостью (K), температурой застывания нефти ($T_{заст.}$), содержанием общей серы ($S_{общ.}$), парафина (Π), смолисто-асфальтовых веществ ($СА$), выходом фракций до 200, 300°C.

Исходными данными для установления формы и тесноты связи между указанными показателями физико-химической характеристики нефти служили материалы исследований восточных нефтей, заимствованные из [1, 2], и данные анализов томских нефтей, полученные в лаборатории по комплексному использованию торфа ТПИ. При обработке результатов лабораторных анализов делали допущения, что изменения характеристик нефти, как и у большинства других биологических объек-

тов (считаем нефть биологическим объектом, так как являемся сторонниками теории органического происхождения нефти), и при достаточно большой выборке исходных данных [3] следуют нормальному распределению. Для того, чтобы проверить это допущение, т. е. можно ли считать, что отступление фактических частот от таких, которые следуют закону нормального распределения, произошли от случайных величин, вычислялись теоретические нормальные для основных показателей.

Проверка исходных данных по критерию Пирсона [4] дала удовлетворительные результаты. При статистическом анализе свойств нефти вычислялись их средние, среднеквадратические отклонения, коэффициенты парной, частной и множественной корреляции, коэффициенты регрессии, их среднеквадратические отклонения на ЭЦВМ «Мир-1». Наличие, теснота и направление связи между показателями физико-химической характеристики нефти устанавливались по величине и знаку коэффициентов корреляции [5], матрица которых представлена в табл. 1.

При помощи функции

$$Z = \frac{1}{2} \ln \cdot \frac{1+r}{1-r}, \quad (4)$$

предложенной Фишером, определяли, при каком объеме выборки коэффициент корреляции определенной величины будет достоверен по требуемому порогу вероятности безошибочных прогнозов [4, табл. XII]. Уравнения прямолинейной регрессии составлялись для тех характеристик, для которых получались значимые, достаточно характеризующие линейную связь, коэффициенты парной корреляции ($r > 0,5$) табл. 1.

Таблица 1

Матрица коэффициентов корреляции

Параметры	d_4^{20}	v_{20}	$S_{\text{общ}}$	$T_{\text{заст}}$	К	П	М	$b_{200}^{\circ\text{C}}$	$B_{300}^{\circ\text{C}}$	СА
d_4^{20}	1	0,6	0,26	0,07	0,82	-0,22	0,86	-0,45	-0,5	0,82
v_{20}	0,6	1	0,16	0,11	0,3	-0,14	0,73	-0,29	-0,31	0,35
$S_{\text{общ}}$	0,26	0,157	1	0,13	+0,08	0,17	0,27	-0,4	-0,2	0,82
$T_{\text{заст}}$	0,07	0,11	-0,13	1	0,3	+0,6	0,13	-0,02	-0,04	-0,1
К	0,82	0,3	+0,84	0,3	1	0,2	0,59	-0,36	-0,15	0,94
П	-0,22	-0,14	0,17	0,6	0,2	1	0,14	0,07	-0,11	0,04
М	0,86	0,83	0,27	0,13	0,59	0,14	1	-0,55	-0,45	0,26
$B_{200}^{\circ\text{C}}$	-0,45	-0,29	-0,4	-0,02	0,25	0,07	-0,55	1	0,37	0,076
$B_{300}^{\circ\text{C}}$	-0,5	-0,31	-0,2	-0,04	-0,15	-0,11	-0,45	0,37	1	0,142
СА	0,82	0,35	0,82	-0,1	0,91	0,04	0,26	0,076	0,142	1

Известно, что с увеличением удельного веса нефти увеличивается ее молекулярная масса, содержание в ней смолисто-асфальтовых веществ и коксумость [6, 7]. Температура застывания нефти определяется в основном содержанием в ней парафина [6, 7]. В настоящей работе делается попытка представить эти зависимости аналитически.

На основании анализа матрицы коэффициентов корреляции, сложности, точности методов определения показателей физико-химической характеристики нефти выбраны аргументы регрессионных уравнений для вычисления молекулярной массы, содержания смолисто-асфальтовых веществ и парафина. Расчет коэффициентов уравнения регрессии и анализ полученных уравнений связи (приложение) проводились с помощью множественного корреляционного анализа [5] на ЭЦВМ

УРАВНЕНИЕ ЛИНЕЙНОЙ РЕГРЕССИИ

I. Определение молекулярной массы (М) нефти:

$$1) M = -923 + 1352,85d_4^{20} + 5,3K;$$

$$W = 0,88; Gd_4^{20} = 161,868;$$

$$R_{M_d}, K = 0,7; G_K = 2,041;$$

$$R_{M_K}, d_4^{20} = 0,3; N = 74.$$

$$2) M = -1169,33 + 1661,46d_4^{20};$$

$$Gd_4^{20} = 114,442; N = 74.$$

II. Определение содержания парафина (П) в нефти:

$$П = 4,95 + 0,69 T_{заст};$$

$$G_{T_{заст}} = 0,0101; N = 130.$$

III. Определение смолисто-асфальтовых веществ в нефти (СА):

$$1) СА = -27,96 + 36,5d_4 + 2,4K;$$

$$W = 0,935; Gd_4^{20} = 13,805;$$

$$R_{САd_4^2} K = 0,3; G_K = 0,207;$$

$$R_{САK}, d_4^{20} = 0,78; N = 89.$$

$$2) СА = 1,29 + 2,56k + 1,55 S_{общ};$$

$$W = 0,92; G_K = 0,228;$$

$$R_{САK}, S_{общ} = 0,73; GS_{общ} = 0,536;$$

$$R_{СА}, S_{общ} K = 0,3; N = 112;$$

$$3) СА = 4,4 + 2,3k - 0,005M;$$

$$W = 0,68; G_K = 0,277;$$

$$R_{САK}, M = 0,65; GM = 0,0105;$$

$$R_{САM}, K = -0,49; N = 100.$$

$$4) СА = 1,16 + 3k;$$

$$G_K = 0,127;$$

$$N = 112,$$

где

N — объем выборки;

W — коэффициент множественной корреляции;

R — коэффициент частной корреляции;

G — среднее квадратическое отклонение коэффициентов регрессии.

«Мир-1». Проверка составленных уравнений прямолинейной регрессии по критерию Рао [8] и на образцах нефти, данные которых не входили в расчеты, дала удовлетворительные результаты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Новые нефти восточных районов СССР. Справочная книга. Под редакцией С. Н. Павловой и З. В. Дриацкой. М., «Химия», 1967.
2. Нефти восточных районов СССР. Справочная книга. Под редакцией С. Н. Павловой и З. В. Дриацкой. М., «Химия», 1962.
3. Айвазян С. А. Статистические исследования зависимостей. М., «Металлургия», 1968.
4. Плохинский Н. А. Биометрия. Новосибирск, изд-во НГУ, 1970.
5. Силич В. А., Шепелина М. М. Сб. «Кибернетика и ВУЗ», 4, 164, Томск, изд-во ТГУ, 1971.
6. Рыбак Б. М. Анализ нефти и нефтепродуктов. М., Гостоптехиздат, 1962.
7. Наметкин С. С. Химия нефти. М., изд-во АН СССР, 1955.
8. Рао С. Р. Линейные статистические методы и их применение. М., «Наука», 1968.