

## О закономерностях извлечения маловязкой нефти из средне- и высокопроницаемых коллекторов-залежей

*Ливинцев П.Н., Бургиба А.А.*

*Северо-Кавказский федеральный университет, г. Ставрополь, Россия*

*Излагается выявленная на основе результатов эксплуатации 47 месторождений зависимость нефтеотдачи от проницаемости и расчлененности коллекторов.*

На основе фактического материала эксплуатации 47 залежей, разрабатываемых длительное время с заводнением, в статье [1] оценивался прирост коэффициента извлечения нефти (КИН) в зависимости от степени их промывки. Критерием оценки принимался достигаемый КИН при одинаковой степени промывки:

$$\text{КИН} = f(\tau), \quad \tau = \sum Q_{\text{ж}}^{\text{пл.у}} / \text{НГЗ}_{\text{пл.у}},$$

где  $\tau$  – кратность промывки залежей,  $\sum Q_{\text{ж}}^{\text{пл.у}}$  – накопленный отбор жидкости (в пластовых условиях);  $\text{НГЗ}_{\text{пл.у}}$  – начальные геологические запасы нефти.

Достижение накопленного отбора жидкости, равного одному, бывшему нефтенасыщенным до начала разработки, поровому объему месторождения, является определенным рубежом в разработке. При этом величина коэффициента извлечения нефти (обозначаемого как КИН-1) зависит как от природных факторов, так и от эффективности системы разработки (размещение и плотность сети скважин, система воздействия, системы регулирования).

Кратность промывки пласта  $\tau$  величина относительная. Она удобна, поскольку применима при анализе как небольших залежей так и крупных месторождений. На рисунке в статье [1] показана зависимость КИН от кратности промывки  $\tau$  по 47 основным месторождениям Татарстана и Башкортостана, Самарской и Волгоградской областей, Западной Сибири и некоторым месторождениям других регионов. Кривые большинства объектов разработки на этом рисунке располагаются в виде веера и имеют подобный характер изменения коэффициента извлечения нефти (КИН) от накопленного отбора жидкости. По мере увеличения накопленного отбора жидкости из пластов кривые отклоняются вправо от прямой, касательной к ним в начале координат и доведенной до точки,

соответствующей отбору количества жидкости, равному величине начальных геологических запасов нефти.

Нефтегазоносные пласты являются прерывистыми неоднородными телами. Количественное влияние их характеристик на извлечение нефти эффективно определяется вероятностно статистическими методами. При достаточно большом количестве случайных величин их случайный характер ослабевает, а распределение описывается нормальным распределением (Гаусса). Плотность нормального распределения случайной величины показана на рисунке 1.

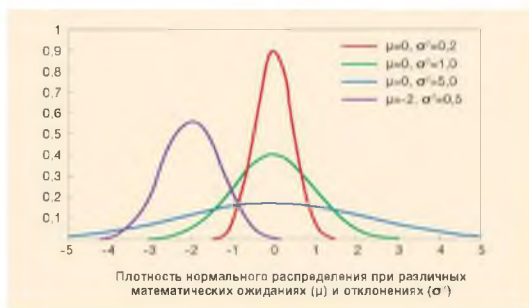


Рисунок 1. Плотность нормального распределения случайной величины

Для определения зависимостей величины извлечения нефти от природных факторов нами проранжированы *реальные достигнутые значения* показателей КИН-1 47 объектов таблицы из статьи [1] (при отборе количества жидкости, равном начальным геологическим запасам нефти залежей). При этом выбрано 4 одинаковых интервала (нефтеотдачи) значений КИН-1: в первом 0,30 – 0,39, во втором 0,40 – 0,49, в третьем 0,50 – 0,59, и в четвертом 0,60 – 0,70. Для этих интервалов вычислены средние значения значений КИН-1 и факторов месторождений (таблица 1).

Таблица 1

Средние значения КИН-1 и показателей факторов 47 залежей

| Номера интервалов по КИН-1 | Кол-во объектов | Нефтеотдача, КИН-1 | Проницаемость залежей, мкм <sup>2</sup> | Расчлененность залежей, $K_p$ | Коэффициент нерасчлененности (связанности), равный $1/K_p$ |
|----------------------------|-----------------|--------------------|---|-------------------------------|--|
| 1                          | 5(10,6%)        | 0,36               | 0,27                                    | 6,1                           | 0,16   |
| 2                          | 21(44,7%)       | 0,45               | 0,48                                    | 4,1                           | 0,24   |
| 3                          | 15(31,9%)       | 0,54               | 0,51                                    | 3,0                           | 0,33   |
| 4                          | 6(12,8%)        | 0,63               | 1,10                                    | 2,2                           | 0,46   |

В таблице 1 использовано новое понятие – коэффициент нерасчлененности (связанности) объекта разработки, который равен отношению единицы к количеству пропластков в объекте разработки (залежи). Его величина близка к 0 при большом числе пропласткови возрастает до 1 при единственном продуктивном пласте без пропластков.

Значения вязкостей нефти, находившихся в 47 рассматриваемых залежах, не только малы (до 6мПа·с), но и средние величины в интервалах оказались вблизи 2 мПа·с. Потому зависимость КИН-1 от вязкости и от величины, равной отношению проницаемости пластов к вязкостям нефти не проявилась в однозначном виде. По данным таблицы 1 построены графики функций  $y=f(x)$ , где  $y$  – среднее значение интервала КИН-1;  $x$  – среднее значение соответствующего интервала фактора.

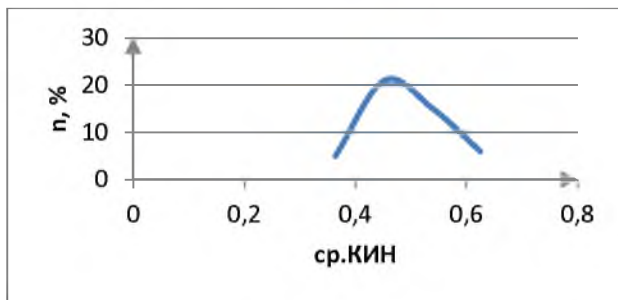


Рисунок 2. Зависимость между величиной КИН-1 в интервалах таблицы 1 и количеством разрабатываемых месторождений

Сравнивая рисунок 1 с рисунком 2 видим, что в соответствии с таблицей 1 распределение случайной величины КИН-1 47 нефтяных залежей (объектов разработки) подобно часто встречающемуся нормальному распределению. Поданным таблицы 1 и рисунка 2 можно сказать, что при извлечении маловязкой нефти (до 6 мПа·с) из средне и высокопроницаемых 47 залежей, когда накопленный отбор жидкости (нефти и воды) достиг величины, равной начальным геологическим запасам нефти:

1) на 5 (10,6%) залежах отбор проведен при минимальной средней нефтеотдаче–КИН-1 равнялся 0,36и на 6 (12,8%) залежах при наибольшей средней нефтеотдаче 0,63;

2) на преобладающем количестве – на 36 (76,6%) залежах отбор проведен при средней нефтеотдаче 0,48 – 0,51;

3) средняя нефтеотдача 47 объектов разработки составила 0,49 (почти 50 процентов).

Проницаемость проанализированных здесь 47 нефтяных залежей действительно находилась в интервале от средней величины 0,3 до высокой 1,1 мкм<sup>2</sup>. При таком возрастании проницаемости нефтеотдача (значение КИН-1) последовательно увеличивалась от 0,36 до 0,63, то есть почти в 2 раза (таблица 1, рисунок 3).

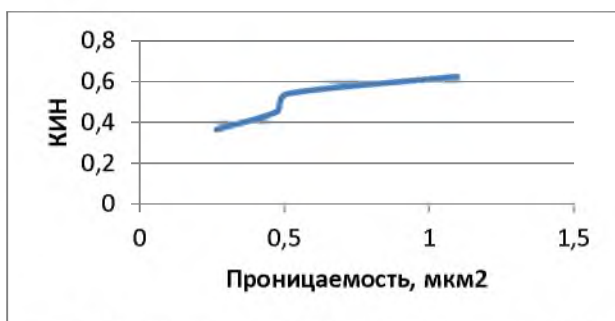


Рисунок 3. Возрастание нефтеотдачи (величины КИН – 1) в зависимости от увеличения проницаемостей 47 залежей

Уменьшился КИН – 1 (рисунок 4) при возрастании расчлененности почти в 3 раза (от 6 до 2).

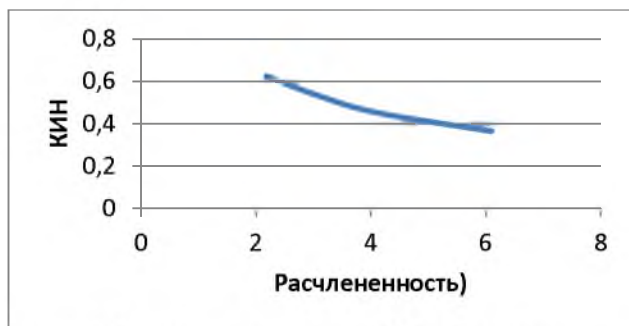


Рисунок 4. Уменьшение величины КИН – 1 при возрастании расчлененности 47 объектов разработки (залежей)

Показательно возрастание нефтеотдачи (и удобно для истолкования) при увеличении коэффициента нерасчлененности (связанности) залежи, представленное на рисунке 5

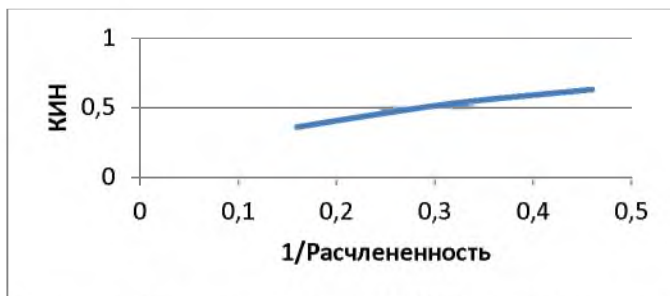


Рисунок 5. Возрастание величины  $KИИ - 1$  при увеличении коэффициента нерасчлененности (связанности) залежи

Уменьшить негативное влияние на нефтеодачу расчлененности пластов возможно разукрупнением объектов разработки при отборе нефти и закачивании воды в пласты, методами одновременно-раздельной эксплуатации.

#### Список литературы

1. Базив В.Ф. Об отборе жидкости при разработке нефтяных месторождений // Нефтяное хозяйство. – 2007. – № 9. – С. 116–121.

### Теоретические основы исследования проблемы инновационной инженерной деятельности

*Линенко О.А.*

*Северо-Кавказский федеральный университет, г. Ставрополь, Россия*

*Высшая инженерная школа рассматривается как субъект образовательного пространства России и особый социальный институт. Исследуется категория «инженерная деятельность» и дается профессионально-психологический портрет личности инженера-природопользователя.*

Глобальные проблемы XXI века – истощение мировых природных ресурсов, энергетический кризис, ухудшение экологической обстановки на планете порождены возрастающими масштабными воздействиями деятельности человека на окружающий мир. Справиться с этими проблемами и достойно встретить будущее в значительной степени зависит от инженеров, от их профессионализма и глубокого понимания происходящих процессов. В свою очередь уровень подготовки инженеров определяется качеством национальной системы образования, тем, какие новые отношения