

АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НЕФТЕГАЗОДОБЫЧИ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ ФРАКТАЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ

Гусманова А.Г., Гусманова О.М.

Мұнайсуғаз жүйесі үшін, реологиялық және сүзілу сұйықтардың құбырдағы және кеуекті ортадағы қозғалысында кеңінен қолданылатын фрактальды немесе скейлинг тұжырымы.

It is known, that increasing of current oil-output and final oil-output is connected with oil-output and final oil-output is connected with oil deposits development process control. The probability of early system condition diagnostic. (gas delivery, loss of displacement front stability, water flowing into oil zone) is more important.

Фрактальное и скейлинговое моделирование движения жидкости в трубах и пористых средах для нефтегазодобывающей системы

Проблемы моделирования, контроля и управления технологическими процессами нефтедобычи, связанными с движением структурированных неоднородных жидкостей со сложными неравновесными и нелинейными характеристиками рассмотрены в [1].

Следует отметить, что описание процессов нефтедобычи можно проводить не только на основе дифференциальных уравнений движения жидкостей и газов в пористых средах и трубах, поскольку такой подход не позволяет выявлять многие существенные свойства пласта и как всякие большие системы, объекты нефтегазодобычи требуют использования целой иерархии моделей (от дифференциальных до интегральных, от детерминированных до адаптивных), способных описывать не только различные уровни организации систем, но и взаимодействие между этими уровнями.

Наиболее важным результатом является экспериментальное подтверждение того, что системы нефтегазодобычи со сложной неупорядоченной структурой обнаруживают фрактальность пространственных и временных свойств.

Поэтому, можно считать, что в ряде случаев описание неоднородных пластов целесообразно в рамках фрактальной модели.

В [2] разработан способ диагностирования наличия крупномасштабных фрактальных структур по данным нестационарных исследований пласта, причем, при этом установлено повышение эффективности операций по обработке призабойной зоны, если перед их проведением диагностировалось наличие фрактальной структуры.

Фрактальными являются такие структуры, которые состоят из частей, в каком-то смысле, подобных друг другу [3].

При рассмотрении фрактальных объектов обычные количественные характеристики, такие как длина, площадь, масса и другие параметры оказываются неприемлемыми, в связи, с чем для таких объектов с неупорядоченной структурой можно использовать фрактальную размерность.

В соответствии известной топологической размерности D_T , которая может принимать только целочисленные значения, линия имеет размерность 1, плоскость – 2, пространство – 3, для сложных систем с неупорядоченной структурой введена фрактальная размерность D_H .

Величина этой размерности может быть определена на основе измерения длины кривой с помощью циркуля с изменяющимся раствором r , причем если число засечек $N(r)$, то длина кривой будет $L(r) = N(r) \cdot r$. В случае обычных гладких (регулярных) кривых при уменьшении r длина $L(r)$ стремится к конечному пределу истинной длине кривой L_0 .

В случае же фрактальной кривой, для определения размерности D_H можно воспользоваться следующей зависимостью [1]

$$N(r) = \frac{C}{r^{D_H}}. \quad (1)$$

Фрактальные размерности реальных объектов и процессов можно определить путем логарифмирования зависимости (1), которая может быть представлена в следующем виде

$$\ln N(r) = \ln C + D_H \ln 1/r. \quad (2)$$

Если в координатах $(\ln 1/r, \ln N(r))$ преобразованная кривая спрямляется, т.е. ложится на прямую линию, то по угловому коэффициенту определяется фрактальная размерность D_H . Если при преобразовании кривой точки в координатах $(\ln 1/r, \ln N(r))$ не ложатся на одну прямую, то исследуемый объект или процесс нельзя признать фрактальным.

В реальных процессах и объектах фрактальные структуры образуются за счет кластерообразования при агрегации отдельных частиц,

осадкообразования, неустойчивости фронта вытеснения из пористой среды одной жидкости другой, перемешивания жидкостей и т.д.

Важное значение имеют также, в условиях недостаточности промысловой информации, использование косвенных методов системного анализа промысловых данных, позволяющих с достаточной степенью надежности осуществлять диагностирование текущего состояния и прогнозирование технологических процессов нефтегазодобычи.

Как известно, пластовая система представляет собой сложную динамическую систему, состояние которой зависит от большого количества факторов, которые к тому же, вообще говоря, имеют случайную природу, что в свою очередь отражается на нелинейностях и неоднородностях происходящих в пласте процессов [4, 5].

Все это усугубляется реологическими свойствами извлекаемых высоковязкопластичных нефтей, к которым относятся нефти многих месторождений в различных регионах мира.

В таких условиях весьма важно использовать высокоэффективные методы обработки промысловой информации, полученной на основе замеров основных технологических показателей разработки месторождения.

Вместе с тем используемые на сегодняшний день методы обработки промысловой информации не всегда адекватно отражают реальные процессы, происходящие в пластовой системе. Причем, в условиях разработки многопластовых нефтяных месторождений, когда в один эксплуатационный объект включается несколько пластов, проведение замеров по отдельным горизонтам не всегда удастся провести прямыми исследованиями.

К такому роду многопластовых залежей с высоковязкопластичными нефтями можно отнести большинство нефтяных месторождений Республики Казахстан, из которых, как было отмечено выше, наиболее характерной можно считать месторождение Жетыбай.

Анализ временных рядов для динамики изменения различных технологических показателей разработки реальных многопластовых месторождений показывает, что в неоднородных структурах можно выделить группы элементов, свойственные системам с фрактальной структурой.

Степень неоднородности таких систем можно оценить по показателю фрактальной размерности Хаусдорфа [2, 3, 4, 5].

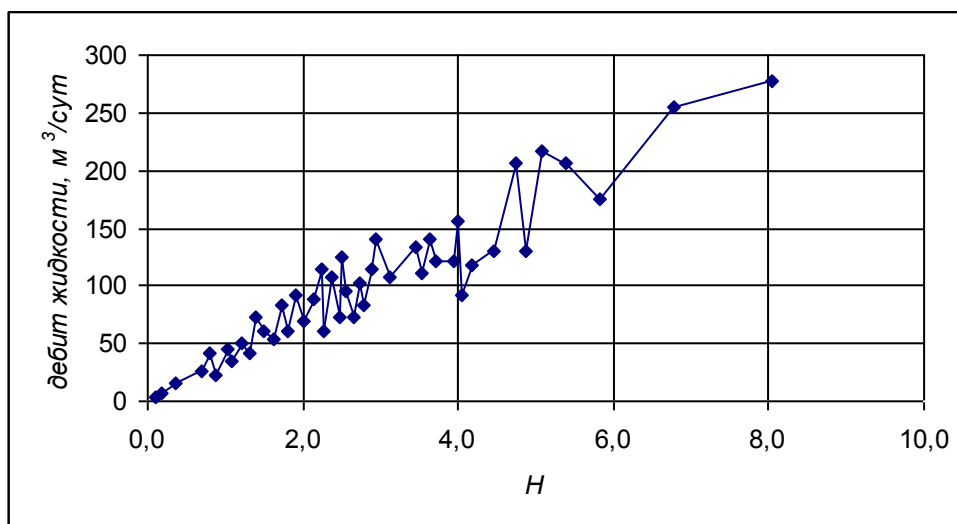
С учетом вышеизложенного, ниже делается попытка применения фрактального подхода к анализу основных технологических показателей разработки многопластовой залежи на примере месторождения Жетыбай.

На основе промысловых данных [6] были построены графические зависимости между дебитом скважины по жидкости $q_{ж}$ и соотношениями параметров $h \cdot \Delta P / \mu_{\phi}$, $k \cdot h \cdot \Delta P / \mu_{\phi}$ и депрессии ΔP (h – эффективная нефтенасыщенная толщина; μ_{ϕ} – фиктивная вязкость; k – коэффициент проницаемости), а также между коэффициентом проницаемости и эффективными толщинами по различным горизонтам, для иллюстрации которых на рисунке 1а представлена характерная кривая $q_{ж} - K_{пр} \cdot h \cdot \Delta P / \mu_{\phi}$ по данным месторождения Жетыбай.

По исходным точкам для каждой отдельно взятой зависимости по методике оценки фрактальной размерности в соответствии зависимости (1), были построены точки в логарифмических координатах ($\ln 1/r$ $\ln N(r)$), где r – длина отдельного звена соответствующей ломаной кривой, а $N(r)$ – число отрезков длиной r , покрывающих всю ломаную.

Характерный результат обработки, приведенной на рисунке 1а кривой $q_{ж} - K_{пр} \cdot h \cdot \Delta P / \mu_{\phi}$, по зависимости (2), представлен на рисунках 1б.

а)



б)

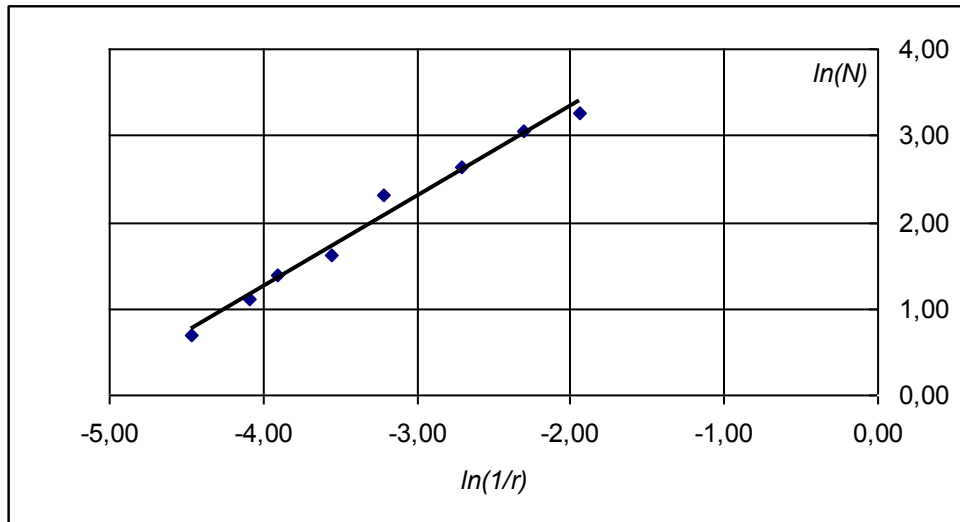


Рис. – Исходные промысловые данные и результаты обработки данных по месторождению Жетыбай

- а) Зависимость дебита скважин по жидкости от соотношения параметров $H = K_{пр} \cdot h \cdot \Delta P / \mu_{\phi}$;
- б) Результаты спрямления для определения фрактальной размерности (D_H)

Затем по углу наклона прямой, вдоль которой ложатся вновь построенные точки, оценивалась Хаусдорфа размерность (D_H) для каждой рассматриваемой зависимости. Полученные значения фрактальной размерности сведены в таблицу.

Анализ полученных значений фрактальной размерности, представленных в таблице, показывает, что характеристика $q_{ж} - K_{пр} \cdot h \cdot \Delta P / \mu_{\phi}$ имеет наиболее ярко выраженный фрактальный характер ($D_H = 1,50$).

Таблица – Расчетные значения фрактальной размерности на основе промысловой информации по месторождению Жетыбай (Казахстан)

Зависимости	Хаусдорфа размерность

	(D_H)
$q_{ж} - \Delta P$ VIII горизонт	1,20
$q_{ж} - \Delta P$ X горизонт	1,44
$q_{ж} - \Delta P$ XII горизонт	1,60
$K_{пр} - h$ VIII горизонт	1,13
$K_{пр} - h$ X горизонт	1,25
$q_{ж} - h \cdot \Delta P / \mu_{ф}$	1,28
$q_{ж} - K_{пр} \cdot h \cdot \Delta P / \mu_{ф}$	1,50

По всей видимости, это можно объяснить тем, что коэффициент проницаемости ($K_{пр}$) по сравнению с депрессией давления (ΔP), эффективной толщиной пласта (h) и фиктивной вязкостью ($\mu_{ф}$) оказывает более сильное влияние на неоднородные процессы, происходящие в пластовой системе.

Вместе с тем, из сравнительного анализа зависимостей дебита жидкости от депрессии давления ($q_{ж} - \Delta P$) видно, что значения фрактальных размерностей меняются по различным горизонтам.

Так по VIII горизонту значение размерности Хаусдорфа (D_H) составило 1,20, по X горизонту – 1,44, а по XII горизонту – 1,60. Различные значения фрактальной размерности по различным горизонтам получены также для зависимости $K_{пр} - h$ (по VIII горизонту $D_H = 1,13$; по X горизонту $D_H = 1,25$).

При наличии промысловой информации по различным горизонтам, охватывающей различные годы эксплуатации месторождения можно исследовать динамику изменения фрактальной размерности для всех рассматриваемых зависимостей и связать это с реальными процессами, протекающими в пластовой системе.

На основании полученных закономерностей представляется возможным выходить на диагностирование состояния пластовой системы по

характеру изменения фрактальной размерности временных рядов для основных технологических показателей эксплуатации месторождения.

Литература:

1. Мирзаджанзаде А.Х., Хасанов М.М., Бахтизин Р.Н. Этюды о моделировании сложных систем нефтдобычи. – Уфа: Гилем, 1999, 464 с.
2. Николис Г., Пригожин И. Познание сложного. – М.: Мир, 1990, 342 с.
3. Федер Е. Фракталы. – М.: Мир, 1991, 260с.
4. Саттаров Р.М., Гусманова А.Г., Исмаилов Р.А., Бабашев В.Н., Каплан С.Л. Анализ основных технологических показателей разработки многопластовых месторождений на основе фрактальных характеристик. Научные Труды НИИ «Геотехнологических Проблем Нефти, Газа и Химия. Т. IX – Баку, 2008, с. 188 – 198.
5. Саттаров Р.М., Гусманова А.Г., Исмаилов Р.А., Бабашев В.Н., Каплан С.Л. Фрактальный анализ основных технологических показателей разработки многопластовых нефтяных месторождений. Материалы международного научно – практической конференции ХазарНефтГазЯтаг – 2008, Баку, 4-6 ноября 2008 г.
6. Айткулов А.У. Повышение эффективности процесса регулирования разработки нефтяных месторождений. – М: ВНИИОЭНГ, 2000, 272 с.