

Пути реализации нефтегазового и рудного потенциала Ханты-Мансийского автономного округа – Югры.

Ханты-Мансийск ИздатНаукаСервис 2008 т.1. ч.1 стр.225-237.

## НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПЕТРОФИЗИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ ПРИ ИНТЕРПРЕТАЦИИ СЛОЖНОПОСТРОЕННЫХ КОЛЛЕКТОРОВ В ТЕХНОЛОГИИ MODERN

*Б.Н. Еникеев (ЗАО «ПАНГЕЯ»)*

### *1. К методологии поддержки петрофизического обоснования интерпретации в технологии ModERn*

Известна точка зрения, согласно которой к числу недостатков существующей практики петрофизического обоснования в России относится ее во многом застывший нормативный характер.

При этом создается ситуация имитирования официально признанных решений, передовой опыт с трудом легитимизируется и перенимается с подозрением и, зачастую, оценивается по личности разработчика и его административному статусу.

Одной из причин подобного состояния дел является относительно малая распространенность в настоящее время средств поддержки работы с петрофизическими моделями и информационной поддержки подобных работ. Одной из попыток движения в направлении реализации подобных подходов является система программ ModERn и развиваемая технология работы с этими программами (элементы их описания можно найти в работах [1,2]). Однако сам этот подход может быть полнее осознан лишь при применении для его описания методологических установок и понятий, в определенной степени расширяющих понятия и термины, сходные по смыслу и неосознанно принимаемые в настоящее время по умолчанию.

В этой связи в данной публикации непосредственному описанию работы с ModERn и некоторых результатов подобной работы предшествует попытка разбора элементов методологии.

### *2. Об интерпретации (истолковании) данных каротажа и петрофизики*

С начала применения и развития методов каротажа при его использовании появился термин «**интерпретация**». В XIX веке в русском языке было четко определено более прозрачное и менее наукообразное понятие «**толкование**» (причем Эфрон и Брокгауз отдельно выделяют толкование на основе принципов или доктринальное, историческое, на основе практики, аналогичное, ограничительное и распространительное).

В современной практике словоупотребление термина «толкование» (истолкование) постепенно подменяется более часто употребляемым иноязычным термином «интерпретация». Этот термин часто и порой автоматически повторяют, нередко не обращая внимания на его глубинный смысл. Вместе с тем, словосочетания, указывающие на значимость интерпретации при обработке измерений каротажа, применяют как в России, так и за рубежом.

Простая проверка показывает, что понятие интерпретация каротажа («well log interpretation») не является случайным (Google дает 11 300 ссылок на 17-01-2008, причем, выбранное для сравнения словосочетание «Well Log Processing» дает всего 795 ссылок, а «well log formation evaluation» – 44 ссылки). Явное преобладание «интерпретации» над «обработкой» дает и РУНЕТ («интерпретация каротажа»/»обработка каротажа»-35/16 и «интерпретация ГИС»/»обработка ГИС»-177/81). Не менее интересно понятие переинтерпретация («переинтерпретация ГИС»/»переобработка ГИС» - 16/0, «well log reinterpretation»/»well log reprocessing» -10/1).

Как это часто бывает, бессознательное или автоматическое использование некоторого понятия нередко диктуется (почти по Фрейду) желательностью ухода от неприятных ассоциаций или следствий, обусловленных практикой его применения.

Вместе с тем, само понятие интерпретации в контексте задач интерпретации каротажа и характер отвечающих ему процедур расшифровываются крайне редко.

Наиболее обстоятельно в русскоязычной литературе, по-видимому, подходит к этому понятию В.З.Демьянков [3,4], который, между прочим, разъясняет и этимологию термина: «само понятие интерпретации гораздо более древнее, чем такое понимание «модели». Так, латинский термин *interpres* - ‘посредник, негодатор’ сам в свою очередь был мотивирован термином *pretium* ‘цена, уплачиваемая за что-либо’».

Не менее интересны и представления этого автора о процессах интерпретации в гуманитарном знании. Под **интерпретацией** им понимается одновременно когнитивный процесс и результат в установлении смысла анализируемого процесса или явления. При этом интерпретация включает презумпции, которые интерпретатор реконструирует на свой страх и риск, основываясь на своих знаниях.

По существу, автор рассматривает интерпретацию как привлечение личностных знаний (в нашем случае можно говорить, например, о различных формах настроенных или ненастроенных моделей и вероятностях их правдоподобия) к имеющимся фактам (в нашем случае – к измерениям).

В принципе, это определение не противоречит используемому автором рабочему определению **интерпретации геофизических данных как способа гармонизации данных и знаний.**

Такая формулировка, по сути, отвечает **оптимизационной технологии** и означает, что **под интерпретацией мы понимаем результат использования максимально непротиворечиво выбранной системы контекстно настроенных с учетом субъективных знаний на конкретные условия их применения моделей, соответствующих имеющимся данным (в том числе, ошибкам их измерений).**

Подобная технологизируемая формулировка задачи интерпретации позволяет выявить многие ее аспекты, часто пребывающие в тени (хотя, по сути, все они были заложены уже в монографиях В.Н.Дахнова, последовательно придерживавшегося линии научного плюрализма в петрофизике и интерпретации).

Так, в первую очередь, можно разделить подходы к интерпретации по виду и априорной обоснованности используемых знаний. Знания могут быть основаны на предшествующем опыте и различаться степенью их полноты (возможности охвата разных сторон явлений и адекватности по отношению к изучаемому), быть неполными, экстраполиро-

ванными, надежными, даже модными, отвечающими генеральному направлению развития петрофизики и интерпретации или периферийными.

### *3. Петрофизические онтологии*

Из предыдущего раздела может создаться абсолютно неверное впечатление, что высокий статус петрофизических знаний может быть правомерно присвоен вольному порождению, возникающему в итоге «смутности испытываемых ощущений» проверяемому на маленькой частной выборке, подобранной путем отсеивания из нее всего, что этому совместно плоду самонадеянной неукротимой энергии и столь же непросвещенной фантазии противоречит.

Проблема здесь в том, что подобных «знаний» можно при известной доле самоуверенности и некритичности нарисовать достаточно много, но гарантии их применимости как в уже известной, так и в (тем более!) новых ситуациях, отсутствуют.

Полноценные знания, как и их частный вид - модель (подробнее - в следующем разделе), могут быть даже шаржем на изучаемый объект, но шаржем, отражающим его важнейшие (в плане, диктуемом целью исследования) особенности и правила работы.

В этой связи, в петрофизике, как и в других областях знания, должны существовать и существуют (у продвинутой части петрофизического сообщества, которая продолжает активно печататься в трудах SCA и SPE) продуманные представления о предмете исследований, основанные на объективных фактах (таких, как данные о стереологии горных пород), современных представлениях о физико-химических закономерностях, протекающих в горных породах процессов, и истории изучения этих вопросов. Уместно, в зависимости от полноты этих знаний и уровня их эмпирического обоснования, говорить о **модельных знаниях**, отдельно отражая рейтинг доверия к ним в определенных контекстуальных условиях. С другой стороны, существуют также практические приемы работы, которые можно назвать эмпирическими знаниями, которые нередко неплохо подтверждаются опытом, но не имеют (или пока не имеют) теоретического обоснования. Будем в этом случае говорить об **эмпирических знаниях**. Уровень доверия к ним также может варьировать в зависимости от контекста и опыта их применения. Конечно, имеются и распространены также и промежуточные виды знаний, а крайние его типы имеют разную глубину проработки и устойчивости. Однако, невзирая на своеобразие обеих форм, существуют элементы формального сходства пожеланий к организации этих знаний.

Не претендуя здесь на охват этой проблематики в целом, приведем только наиболее значимое для него понятие – **онтологию** (в узком смысле инженерии знаний), которое принято практически всеми исследователями в этой области. Под **онтологиями** обычно подразумевается способ формализации априорной информации в виде, удобном и естественном для технологий работ с ними и для пользователей.

В состав онтологий обычно включается задача осмысления области, представляющей интерес (в том числе, понятия (концепции или схемы), соотношения, атрибуты, ограничения, объекты, значения, условия применимости и правила спецификации значений этих условий). В классических работах по теме [11-13] были введены пять требований к онтологиям (критериев конструирования для онтологий), включающих в себя: ясность, когерентность, расширяемость, реализуемость, гибкость. Уточним эти понятия-критерии.

1). **Ясность**: онтология должна действительно сообщить предназначенное значение определенных условий. Определения должны быть целевыми, не зависящими от организационного, социального, измерительного или вычислительного контекста. Формализм - способ движения к этому идеалу. Требуется везде, где возможно, выписывать определения и отношения в рациональных формах (логических аксиомах), задокументированных на естественном языке.

2). **Когерентность**: онтология должна быть когерентная: то есть логические выводы и следствия должны быть совместимым с определениями. По крайней мере, аксиомы определения должны быть логически непротиворечивы.

3). **Расширяемость**: онтология должна быть разработана так, чтобы иметь возможность вводить новые условия и понятия для заранее не предусмотренных специализированных случаев использования, основываясь на уже существующем словаре, способом, который не требует изменения уже имеющихся определений.

4). **Реализуемость**. Осмысление должно быть определено на требуемом уровне знания единообразно так, чтобы выбор представления был максимально естественным для записи или реализации пользователями, работающими в различных системах представления знаний.

5). **Гибкость**. Минимальное онтологическое обязательство: онтология должна требовать настолько мало ограничений возможностей относительно вида мира, являющегося моделируемым, насколько это возможно, позволяя свободно, гибко и ситуативно совершенствоваться и углублять онтологии по мере необходимости.

#### *4. О петрофизических моделях и фильтрах моделей*

Одним из направлений в современном подходе к комплексированию знаний при интерпретации данных каротажа является применение **систем петрофизических моделей**.

Можно спорить о пересечении понятий петрофизической онтологии и петрофизических моделей. Автор предпочитает рассматривать понятие петрофизической модели как понятие, предъявляющее гораздо более жесткий перечень требований, чем петрофизической онтологии.

Для простоты не будем подробно останавливаться на понятии система и возможных особенностях **системы моделей**. Зафиксируем лишь, что **система петрофизических моделей** включает в себя совокупность моделей, выраженных в едином наборе понятий, обладает свойством эмерджентности и предполагает возможность совместного использования этих моделей.

Ниже мы подробнее остановимся на понятии **библиотеки петрофизических моделей**, которое может быть шире конкретной системы петрофизических моделей, включает в себя совокупность таких систем.

По сути, именно на уровне библиотек моделей могут быть построены разнообразные метрики, отражающие сравнительные характеристики систем моделей, о которых мы говорили выше. Но детальнее этот вопрос может быть разработан на уровне отдельных петрофизических моделей.

С начала 60-х годов, говоря о петрофизических взаимосвязях (как о форме знаний), стали употреблять термин «**модель**» и говорить о «**моделировании**». Понятие «**модель**» (как не претендующее на абсолютную истину) хорошо сопрягается с понятием «**интер-**

**претация».** Подчеркнем, что множественность интерпретаций, естественно, порождается множественностью петрофизических моделей и их атрибутов (констант, условий применимости, рейтингов в этих условиях).

- Здесь и далее под **петрофизической моделью** будем понимать совокупность [2,5,6]:
- образно-наглядных представлений о горных породах, которые модель отражает (онтолого-стереологическую схему);
  - описываемых моделированием процессов и явлений, а также базовых факторов и соотношений, их определяющих;
  - формализованных способов, отражающих аналитические или числовые методы расчета этих явлений или процессов (прямые модели);
  - ограничений на условия применимости прямых моделей;
  - приемов их использования;
  - эмпирических оценок их точности в тех или иных условиях;
  - оценок их применимости или теоретических рейтингов в тех или иных условиях;
  - объяснений, увязывающих эти способы и приемы с достижениями современного знания.

Приведенный перечень требований к модели предъявляет требования существенно более высокие, чем бытующие в настоящее время, хотя, в той или иной форме, многие из указанных требований к моделям могут быть выявлены в уже существующей практике. В приведенном определении как модель нами рассматривается, по сути, не столько как некоторая чисто эмпирическая взаимосвязь (как это нередко бывает). Мы включаем в понятие модели еще и совокупность сведений о ее применимости, причем, уже не только эмпирической (для вполне конкретных условиях), но и для ситуаций, в которых опыт эмпирические применения отсутствуют.

В зависимости от полноты и адекватности, сопровождающей некую предназначенную для использования в петрофизике конструкцию, естественно судить о ее близости к модели, неполной модели или к мифу.

Петрофизическая модель может быть востребована как инструмент для проведения анализа и предсказания поведения реального моделируемого объекта. Петрофизическая модель, как и всякая другая модель, может являться заменителем реального петрофизического объекта, реального явления (например, изменения свойств пород по мере их погружения), процесса (например, процесса определения проницаемости в ходе нестационарной фильтрации).

Упомянем известные преимущества работы с моделью – заменителем по сравнению с данными эксперимента, получаемыми при изучении реальных объектов и процессов:

1) в модели можно устанавливать точные соотношения между характеристиками объектов и процессов и преобразовывать их (характеристики) математически; в реальных условиях эти соотношения выполняются лишь приближенно;

2) с помощью модели удастся выделить существенные характеристики исследуемого явления и отбросить многие несущественные, запутывающие переменные;

3) модель позволяет прогнозировать поведение объекта или протекание процесса в области, где не имеется экспериментальных данных;

4) применяя различные модели, можно уменьшить множество конкурирующих гипотез относительно поведения плохо организованной системы в изучаемых условиях.

Хотя корректное моделирование не является мысленным пируэтом, не отягощенным знанием предметной специфики, а подчинено определенным правилам, оно часто, ввиду сложности объекта изучения, напоминает не портрет, а шарж изучаемого явления, может быть произведено не единственным образом и поэтому результаты его могут существенно различаться для разных моделей.

К каким же и сколь далеко идущим перспективам приводят нас понятия о множественности систем моделей и множественности интерпретаций?

Самой очевидной из них представляется отказ от «тоталитарного дискурса» с характерными для него и привычно сочетаемыми особенностями:

- преувеличение надуманной абстракции и квазинаукообразия;
- некомпетентность в области истории вопроса и действующих факторов;
- претензии на абсолютную истину.

**Первым следствием** такого отказа является необходимость анализа принципов выбора моделей и самих моделей, поскольку желаемая информация о них (в частности, перечисленная выше) зачастую и, как правило, отсутствует.

**Вторым следствием** является развенчание нередко широко тиражируемых мифов, порождаемых уютным самообманом (обычно не отличимым по печальным последствиям их воспринявших от прямого обмана) создателей и распространителей таких мифов.

Могут ли бытовать в геофизическом сообществе и успешно в нем тиражироваться «мутные онтологии» и «плохие модели» или «мифы»? Конечно, могут, и этот вопрос уже неоднократно затрагивался [6]. Мифы появляются там, где продуманный труд, ориентированный на создание и использование рационализированных моделей, подменяется его суррогатом. В экономике существует известный закон вытеснения полноценных («хороших») денег суррогатами (например, с меньшим весом монет и бумагами, заменяющими драгметалл). Закон этот частично применим и к моделям. Там, где нередко серьезный и часто не самый простой труд по синтезу, выбору, осмыслению модели, подбору ее параметров и обоснованию может быть подменен без серьезного оппонирования сообщества (в котором эта модель используется как средство работы) имитацией этого труда – такое будет происходить. В принципе, проблема популярности неполноценных онтологий и моделей может быть обусловлена теми же причинами, что и популярность заблуждений (от примет и астрологии до изыска внутренних и внешних врагов), т.е. уютной концептуализацией невежества и удобством применения для достижения субъективно значимых целей.

Понятно, что роль «санитара леса» не самая уютная, но если сообщество по каким-то причинам не готово самозащищаться в своих оценках происходящего или в редакционной политике, функции эти приходится брать на себя частным лицам.

### *5. Особенности некоторых мифологизированных моделей на примерах*

Проиллюстрируем две (с точки зрения автора, не самые качественные) модели, из числа недавно опубликованных. Характерной чертой первой является отсутствие полноценной прорисовки применяемых онтологий, а характерной чертой второй - подмена заявленной онтологии на заведомо упрощенную.

**Первая из моделей** [7] представляет собой классический пример перекрашивания давно известных соотношений в новые пышно-заумные одежды.

В петрофизике давно известно наличие связи содержания связанной воды с пористостью и глинистостью или с относительной глинистостью.

Первый вид связи в виде (1) известен со времен классической работы [16] и подробно анализировался, например, в [5].

$$K_{вс} = a_1 + a_2 / K_p + a_3 * K_{гл} / K_p, \quad (1)$$

где  $K_{вс}$ ,  $K_p$ ,  $K_{гл}$  – содержания связанной воды, пористость и глинистость

Второй вид связи (2) был предложен Б.Ю.Вендельштейном (развитие идей, выдвинутых им в его кандидатской диссертации).

$$K_{вс} = a_1 + a_2 * K_{гл} / (K_p + K_{гл}). \quad (2)$$

Обе модели при современном уровне вычислительной техники могут быть обобщены путем введения показателя степени во всех членах правой части уравнения, кроме бессмысленного введения такой степени у свободного члена. Важно отметить, что обе модели имеют свои онтологические картины, основанные на представлениях горных пород в виде укладки частиц или решетки капилляров [5].

Каждая из моделей может быть упрощена заданием фиксированного значения коэффициента глинистости, что превращает семейство точек, продифференцированных по  $K_{гл}$  (или  $K_{гл} / K_p$ ), в одну кривую, зависящую только от пористости и констант.

Что еще можно сказать в дополнение к этим моделям?

Очевидно, можно дать иную онтологическую логико-профессиональную интерпретацию (по сравнению, скажем, с [5]) и ограничить область применения пороговыми значениями по пористости и глинистости.

Надо ли вводить для этого столь же звучные, сколь нуждающиеся в отсутствующей в настоящее время расшифровке понятия, как «**петрофизический инвариант**» и еще четыре коэффициента, сводящихся к набору  $a_1$ - $a_3$ ?

Конечно, унификация записи и применение продуманной системы обозначений также может быть предметом публикации, однако признаки удобства предлагаемой системы обозначений обнаружить не удалось.

Остается впечатление сложной природы тайных личных пристрастий авторов к не-унифицированным греческим обозначениям (включающим  $\mu$ ,  $\gamma$ ,  $\psi$  и  $M$ ), но анализировать их, по мнению автора данной статьи, должен скорее психоаналитик, чем читатели геофизических изданий. Между тем подобные упражнения занимают не одну публикацию в серии, из которой вполне достаточно упомянуть [7]. Печально, но сколько времени и сил (не говоря уже о бумаге и транспортировке изданий!) могло бы быть сэкономлено, если бы авторы [7] не поленились вспомнить очевидное требование из числа перечисленных выше в качестве спецификаций к моделям – ссылаться на предшественников.

**Вторая из моделей** [8,9] представляет собой не менее типичный пример нежелания или неумения знакомиться с историей вопроса, хотя результат задрапирован заметно основательнее.

В рамках этой модели предлагается рассматривать пористую среду как совокупность капилляров разного размера, соединенных по схеме кубической решетки (рис. 1).

Как с целью последующего анализа заблуждений в [6], так и по причине самостоятельной ценности подобного экскурса в современных условиях, придется этот пробел авторов частично восполнить (в несколько ином ракурсе, но в большем объеме материалы можно найти в [10]). Речь пойдет о важных для ряда разделов петрофизики темах (расчета сопротивления, капилляриметрии, проницаемости, ядерно-магнитного резонанса для решетки капилляров).

Наиболее известная здесь тема – расчет проводимости такой решетки.

Проблема расчета проводимости или проницаемости микронеоднородной среды связана с тем, что подобный расчет требует учета многочастичного взаимодействия микронеоднородностей. В принципе, нередко в микронеоднородной среде характер распределения неоднородностей может быть оценен (в частности для регулярных упаковок эллипсоидов или регулярных решеток), но точный аналитический расчет и в этом случае не является простым.

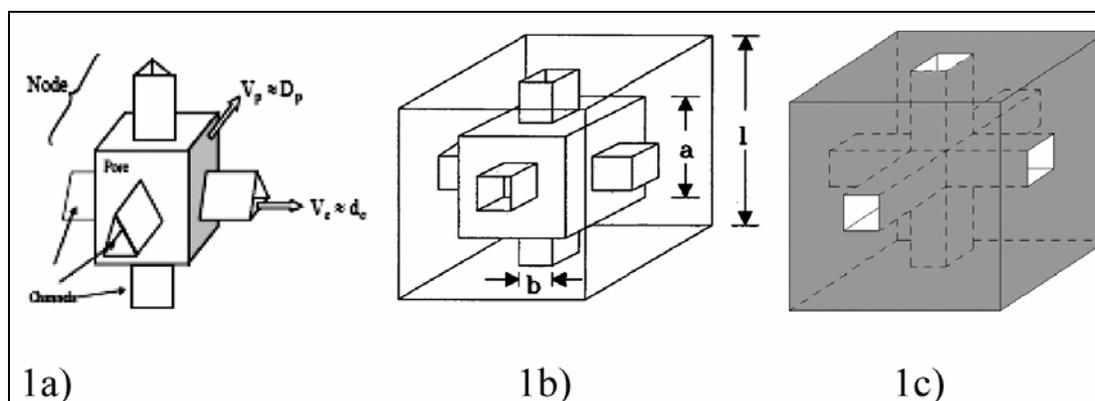


Рис 1. Онтологическая схема ячейки модели горных пород Larosh (1998), Ioannidis (2000) – [14], Мурцовкина (2002) - [8].

Для случайных по размеру и случайно соединенных капилляров расчет проводимости означает несводимость задачи к свойствам одного капилляра, т.е. необходимость учета их взаимодействия (включающего в себя циклы по соседним, а иногда, в случае больших неоднородностей размеров, и удаленным капиллярам). Если неоднородности ничтожно малы – проводимость одного усредненного капилляра близка к проводимости решетки в целом, а эта задача напоминает те, которые были предметом интереса петрофизиков в 50-е годы прошлого века.

Однако, чем более неоднородна по соотношению размеров капилляров и характеру их распределения и соединения в пространстве среда, тем сильнее выражена необходимость учета подобного взаимодействия. Поскольку точный аналитический расчет в случае больших неоднородностей невозможен, применяются различные упрощающие схемы (по сути, и Slichter, и Carman применяли схему трубок тока). Дальнейший спрос практики на решение подобных задач обусловил определенный прогресс в этой области. Как минимум, со времен издания классической книги А.Е.Шейдеггера (1956) известно, три типа моделей порового пространства (модели параллельных капилляров, модели последовательных ка-

пилляров или серийные, модели пересекающихся решеток капилляров). Впоследствии были предложены варианты ветвящихся моделей и фрактальных моделей.

Удобство модели параллельных капилляров и моделей последовательных капилляров достаточно очевидно – они строго и легко рассчитываются по законам Киркгофа и приводят к соотношениям (3).

$$X = \sum V_i * X_i \quad (1) \text{ и } X = (\sum V_i * X_i^{-1})^{-1} \quad (3)$$

где (здесь и далее)  $V_i$  – объемные содержания  $i$ -й компоненты,  $X_i$  – ее проводимость, а  $X$  – проводимость системы в целом.

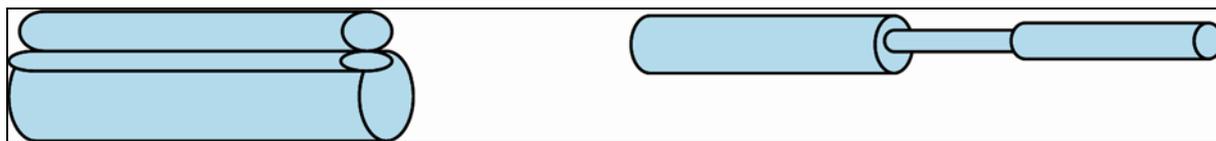


Рис. 2. Модели параллельного и последовательного соединения капилляров

Известна и другая их особенность. Если все капилляры разного размера будут включены параллельно, то проводимость наиболее крупных из них никогда не будет лимитироваться мелкими, и итоговая проводимость системы будет определяться, в первую очередь, более крупными поровыми каналами. Если же все капилляры разного размера будут включены последовательно, то проводимость по ним станет лимитироваться более тонкими капиллярами, и итоговая проводимость системы будет определяться, в первую очередь, именно наиболее мелкими поровыми каналами.

В 70-е годы было предложено применять для расчета регулярных решеток неявное уравнение самосогласования (4), включающее в себя координационное число  $Z$  (число капилляров, исходящих из одного узла).

$$\sum (X_i - X) * V_i / (X_i - (Z/2 - 1) * X) = 0. \quad (4)$$

Легко показать, что при  $Z=2$  уравнение (3) вырождается в серийную модель (2), а при большом  $Z$  (стремящемся к бесконечности) – в модель параллельных капилляров (1).

Нетрудно увидеть из сравнения уравнения (4) с аналогичным по виду обобщением уравнением Bruggeman'a для укладок эллипсоидов, координационное число  $Z$  играет для задачи на решетках роль, математически эквивалентную роли деполаризующего фактора, отражающего характер деформирования внешнего поля эллипсоидальными включениями [5,10].

Можно показать также, что решения уравнения (4) монотонно растут с ростом  $Z$ , что физически понятно, поскольку уменьшение  $Z$  можно формально считать эквивалентным разрыву связей между капиллярами введением изолятора. Экспериментальными работами Ирвинга Фэтта на аналоговых двумерных решетках была показана важность координационного числа, по сути, предопределяющего степень влияния неоднородностей по размеру. В этом кратком обзоре мы не затронули еще двух направлений петрофизического моделирования на решетках – фрактального моделирования и секционных моделей (направление, вначале развитое и чаще всего применяемое в почвоведении и гидрогеологии [5]).

Теперь в нашем распоряжении достаточно информации для того, чтобы определить место «модели Мурцовкина» и его последователей в общей схеме моделирования решеток капилляров и ограничения этой модели. По сути, в этой модели при формальной отсылке к онтологической схеме с пересекающимися капиллярами использована расчетная схема, отвечающая их последовательному соединению. Эксперимент показывает, что в условиях, характерных для наиболее часто встречаемых в практической интерпретации горных пород, координационное число не только не равно 2, но варьирует, достигает значений 14-18, а иногда и больше [15]. Еще менее перспективными в настоящее время представляются попытки угадать универсальную параметрическую плотность распределения пор по радиусу, поскольку опыт показывает их огромное разнообразие.

#### *6. Об архитектуре организации библиотеки взаимосвязей в ModERn и ее развитии*

К настоящему времени петрофизика еще не пришла к согласованной унификации способов представления моделей, фиксации информации о них в виде паспортов и к разработке средств конвертации подобной информации, хотя уже в первой компьютеризированной библиотеке уравнений (разработанной автором в далеком 1972 году), попытки упрощенной унификации записи уравнений были сделаны.

В рамках системы ModERn используется запись уравнений, позволяющая фиксировать вид моделей, диапазоны изменения коэффициентов, условия для выборки, по которой модель настраивается, критерии невязки для настройки коэффициентов, персонализированную оценку рейтинга модели. Указанные параметры записи моделей могут уточняться интерактивно. Подбор коэффициентов может осуществляться по выборке данных комбинированным методом поисковой оптимизации [1,5].

Унифицированная запись может служить не просто фактом биографии очередного пользователя, а отражает опыт развития петрофизики и является частью средства накопления и обобщения наиболее прогрессивного опыта. Уместно привести пример использования одной из моделей для отложений неокома и юры по десяти разным месторождениям Западной Сибири. В разнородной выборке были представлены данные по пористости ( $K_p$ ), глинистости ( $K_{гл}$ ), карбонатности (Скарб), глубине залегания  $Z_{абс}$  и проницаемости по газу -  $K_{пр}$ . Как интересный частный результат приведем сопоставление оценок проницаемости в уравнениях (5) и (6)

$$LgK_{пр} = a1 * K_p^{a2} \quad (5)$$

$$LgK_{пр} = a1 * (K_p * (1 - a2 * K_{гл} / (K_{гл} + K_p)))^{a3} + a4 * Z_{абс} \quad (6)$$

В уравнении (5) коэффициент корреляции равен 0.557, а в уравнении (6) – 0.710.

#### *7. Об архитектуре организации библиотеки эмпирических полигонов и средств работы с ней в системе ModERn*

Альтернативным использованию петрофизических моделей вариантом интерпретации является применение эмпирических обобщений. Часто эмпирические отношения или

взаимосвязи строятся путем выделения в пространстве областей, которым приписываются некоторые атрибуты. Важнейшим приемом работы при этом является интерактивная техника применения Z-плотов для выделения литотипов и оценки констант взаимосвязей. Такая техника начала развиваться еще на вычислительных платформах с алфавитно-цифровыми дисплеями. Принципиальной трудностью при таких формах работы является сохранение знаний и их сравнение. Если уравнения, неравенства, центры кластеров представляют удобный рационально-алгебраический инструмент, то оперирование с визуальными образами автоматизируется в практике петрофизики реже.

Вместе с тем, такая форма деятельности в наши дни превращаются в неотъемлемую часть работы петрофизиков (в том числе, работы, связанной с сопряжением петрофизических и литологических знаний путем учета получаемых по гранулометрии генетических диаграмм, а также знаний петрофизиков и разработчиков путем учета результатов обработки капилляриметрии), поэтому крайне важна ее технологическая поддержка. Подобная технологическая поддержка средств и способов адекватной формализации, сохранения, повторного использования и обобщения знаний, к сожалению, практически отсутствует в существующих системах петрофизического обеспечения и интерпретации (хотя прямые аналогии с методологией размытых множеств представляются очевидными). В этой связи в рамках ModERn продумана и реализована практически не имеющая аналогов техника работы со многими полигонами, позволяющая осуществлять подобную интерактивную деятельность, присваивать по сложным условиям (определяемым пересечениями полигонов) числовые индексы, цвета, имена, сохранять полигоны, полученные по разным массивам данных, и, в случае необходимости, сопрягать информацию о полигонах с оптимизационной инверсией. В системе ModERn имеются оригинальные средства не только построения и запоминания полигонов, но и управления ими, включающие их выбор или исключение полигонов, построенных по результатам текущей или предшествующей работы, с теми же осями абсцисс и ординат (полигоны автоматически перестраиваются под изменение масштаба). Использование подобных приемов работы является существенным подспорьем при применении сравнительных исследований разных массивов данных.

Примеры экрана для выполнения подобной работы приведены на рис 3.

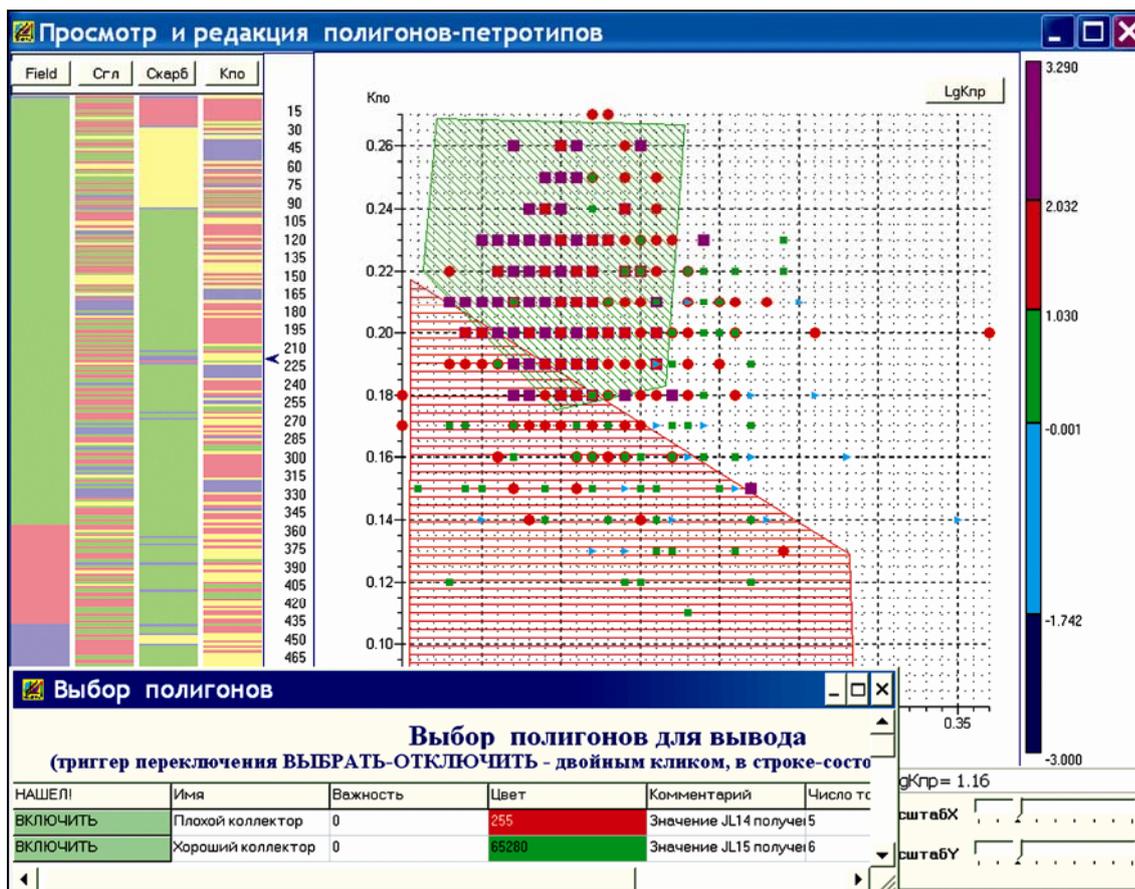


Рис 3. Пример работы ModERn с несколькими полигонами

### 8. Методы многомерной визуализации в ModERn

Важным элементом петрофизики и интерпретации является многомерный анализ данных. Даже усовершенствованная техника работы с Z-плотами, основанная на применении полигонов, позволяет лишь соотносить данные по двум одинаковым переменным с различной третьей (Z-переменной). В этой связи в состав ModERn входят обобщающие технологию работы с Z-плотами средства, включающие работу с разными способами представления многомерных данных (начиная от звездных диаграмм и заканчивая «лицами Чернова»). Другим способом вывода являются уже становящиеся традиционными матричные плотности. Пример такого плота по выборке, для которой получались приведенные выше уравнения для проницаемости, приведен на рис 4.

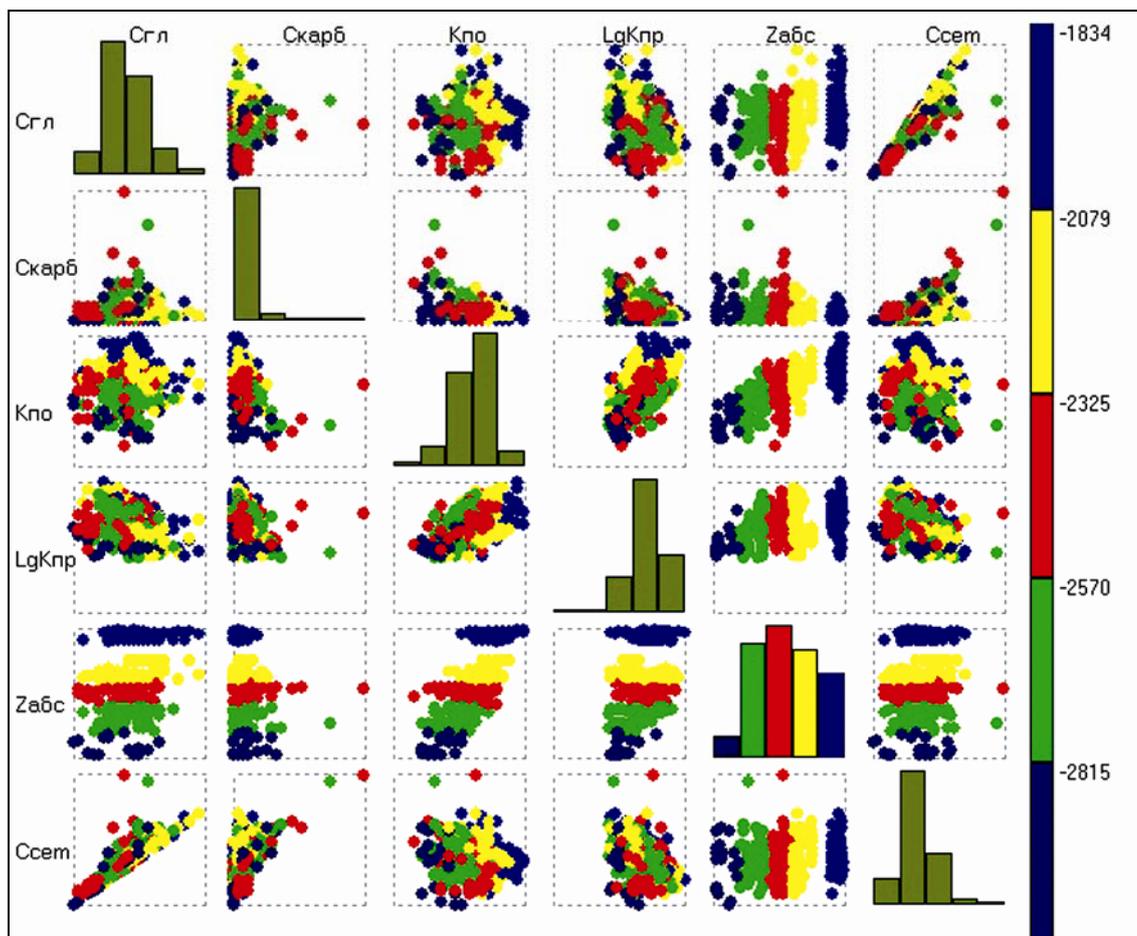


Рис. 4. Матричный плот взаимосвязи ФЕС по тестовой выборке пластов неокома и юры Западной Сибири

### Выводы

Развитие технологии, ориентированной на поддержку, обобщение и пополнение петрофизических знаний и включающей в себя как достаточно продвинутые статистические методы, так и специализированные петрофизические модели, необходимо приводит к пересмотру и уточнению методологии деятельности, выявляет и унифицирует новые приемы работ, отражающие как требования практики, так и возможности современного программного обеспечения. Возможно, не все аспекты проблематики, связанные с особенностями приведенных технологических решений, покажутся естественными и бесспорными, но поиск прогрессивных путей, расширяющих возможности поддержки петрофизического обоснования, необходим. В заключение целесообразно упомянуть о возможных издержках восприятия данной публикации ввиду ее значительного крена в сторону методологии работ. Такой крен способен создать ложное представление о чисто абстрактно-теоретических достоинствах технологии ModERn, практически не затрагивая те полезные возможности и сервис, которые предопределили выбор этой технологии десятками пользователей.

Автор считает, что методолого-проблемная ориентация статьи для этих и будущих пользователей и, в меньшей мере, для специалистов, работающих с другими программами, состоит в дополнительной фиксации значимости сочетания глубины теоретического знания и возможностей прикладного инструментария, на что разработка ModERn была и

остаётся ориентированной. Понимание этого – необходимое условие как для профессионального роста, так и для получения практически важных для отрасли результатов.

#### ЛИТЕРАТУРА

Еникеев Б.Н. Идеология и некоторые вопросы реализации программного комплекса ModERn , предназначенного для петрофизического обоснования методик интерпретации //Пути реализации нефтегазового потенциала ХМАО/ Материалы девятой научно-практической конференции.- Ханты-Мансийск.- 2006.-Т.2.-С. 187-195.  
[http://www.petrogloss.narod.ru/Enikeev\\_HMAO-2005.pdf](http://www.petrogloss.narod.ru/Enikeev_HMAO-2005.pdf)

Вендельштейн Б. Ю., Еникеев Б. Н. Некоторые особенности методологии построения, оформления и использования петрофизического знания и возможные пути его совершенствования.- Геофизика. Спецвыпуск “10 лет ПАНГЕЕ”. 2004.- С.65-73.  
<http://petrogloss.narod.ru/geoph10p.htm>

Демьянков В.З. Интерпретация, понимание и лингвистические аспекты их моделирования на ЭВМ. – М.: Изд-во Моск. ун-та.- 1989.- 172 с.  
<http://www.infolex.ru/Int20.html>

Демьянков В.З. Интерпретация политического дискурса в СМИ // Язык СМИ как объект междисциплинарного исследования: Учебное пособие / Отв. ред. М.Н. Володина. -М.: Изд-во МГУ.- 2003. -С.116-133. [http://www.infolex.ru/SMI1.htm#\\_ch3](http://www.infolex.ru/SMI1.htm#_ch3)

Элланский М.М., Еникеев Б.Н. Использование многомерных связей в нефтегазовой геологии. - М.: Недра.- 1991.

Еникеев Б.Н. Об истоках заблуждений в геолого-математических построениях//Математические методы анализа цикличности в геологии -М.: Московский Государственный Открытый Университет.- 1992.- С.76-86.  
<http://pst.h1.ru/Mistake1992.htm>

Кожевников Д.А., Коваленко К.В. Моделирование гранулярных коллекторов на основе петрофизической инвариантности.- Каротажник.- Вып.8 (161).-2007.-С.66-85.

Мурцовкин В.А. Модель для расчета характеристик пористой среды.-Коллоидный журнал.- 2002.- Т. 64.- №3.

Сапожников В.М., Манзин И.И. Стохастическая модель коллектора с круглоцилиндрическими капиллярами. – Каротажник.-Вып. 8 (161).- 2007.- С.127-138.

Еникеев Б.Н. Математические методы расчета эффективных физических свойств горных пород (модель решетки капилляров) // Исследования и разработки в области нефтяной геофизики в странах - членах СЭВ.-Т.2.-Москва.-1988.-С.308-316.  
[http://mmell.narod.ru/Enikeev\\_SEV-2a.pdf](http://mmell.narod.ru/Enikeev_SEV-2a.pdf)

Chandrasekaran B., Josephson J. R., Benjamins V. R. [1998] The Ontology of Tasks and Methods, Submitted to KAW'98, Banff, Canada, April.

Gruber T. R. [1991] The role of common ontology in achieving sharable, reusable knowledge bases. In J. A. Allen, R.Fikes, and E. Sandewell, editors, Principles of Knowledge Representation and Reasoning -- Proceedings of the Second International Conference, pages 601-602. Morgan Kaufmann.

Guarino, N., Poli. R. [1995] The role of ontology in the information technology. International Journal of Human-Computer Studies, 43(5/6):623--965. Special issue on ontology.

**Ioannidis M.A. , Chatzis I. A Dual-Network Model of Pore Structure for Vuggy Carbonates. SCA-2000 pp.1-12.**

**Arns J. Y., Sheppard A. P., Arns C. H., Knackstedt1 M. A.,Yelkhovsky1 A., Pinczewski1 W.V. Pore-level validation of representative pore networks obtained from micro-ct images. SCA-2007-15 pp.1-12.**

**Poupon, A., Clavier, C., Durmanoir, J., Gaymard, R., and Misk, A., «Log Analysis of Sand-Shale Sequences - A Systematic Approach» Journal of Petroleum Technology, July 1970.**

**Взято с сайта:**

**<http://petrogloss.narod.ru>**

**Обсудить можно на петрофизическом форуме:**

**<http://petrophysics.borda.ru>**