

## **МЕТОДОЛОГИЯ И МЕТОДЫ ПОСТРОЕНИЯ КАРТ ИЗОБАР КАК ОДНОГО ИЗ НАПРАВЛЕНИЙ РЕШЕНИЯ КОМПЛЕКСНОЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ЗАДАЧИ**

*Т.В. Пушкина, гл. специалист отдела интерпретации ГДИ,  
ООО «Газпромнефть-НТЦ»*

*Л.И. Стрюк, вед. специалист отдела интерпретации ГДИ,  
ООО «Газпромнефть-НТЦ»*

Построение карт изобар – один из старейших методов мониторинга за состоянием нефтяного объекта. Ему без малого 100 лет. Однако если, вы впервые начинаете строить карты поля пластового давления реального объекта, то столкнетесь с множеством вопросов и, перелистав массу литературы, найдете лишь отрывочные описания данного процесса и множество статей, которые будут критиковать этот метод за крайнюю субъективность и недостоверность, предлагая свои методики модельных расчетов.

На наш взгляд, основная проблема, которая вводит в заблуждение инженеров, заключается в самой постановке задачи. Всем известно, что карты изобар – это продукт формальной интерполяции значений пластовых давлений, замеренных за квартал и выгруженных из базы ГДИС, с добавлением их к массиву значений со «старыми» данными. Учитывая невысокий процент охвата замерами от фонда пробуренных скважин (5–40%), такие карты вряд ли имеют большую ценность, но переучивать людей, воспитанных на выполнении этой «классической» задачи довольно сложно.

Попробуем взглянуть на данную проблему иначе. Построение карт изобар относится к одному из направлений решения комплексной исследовательской задачи – задачи по изучению сложной динамической системы, которую представляет нефтяная залежь, и управлению ею.

Комплексные исследовательские задачи характеризуются тем, что они не содержат четко сформулированных условий и целей. Объектом деятельности решающего значения являются динамически изменяющиеся среды, содержащие большое число компонентов с неизвестны-

ми и неочевидными, «непрозрачными» структурами множественных связей. Эти связи организованы по принципу причинных сетей, а не отдельных цепей. В поведении и развитии комплексной динамической системы всегда есть доля неопределенности и непредсказуемости. Соответственно, процесс решения комплексной исследовательской задачи – многоступенчатая практическая и познавательная деятельность, направленная на преодоление большого числа заранее неизвестных препятствий между множественными нечеткими, динамически изменяемыми целями и условиями. Существуют два пути приближенного решения задачи: наблюдение за разнообразными исследовательскими воздействиями на систему и моделирование поведения системы. У каждого направления есть свои преимущества и свои принципиальные ограничения, но все они, конкурируя, взаимодействуя между собой и дополняя друг друга, приближают нас к цели.

Переформулируем теперь задачу создания карты изобар: необходимо конформно на условную поверхность описать поле пластового давления, сформировавшееся на дату начала построения карты в процессе эксплуатации скважин, и в результате его реакции на внешние воздействия (геолого-технологические мероприятия), используя результаты проведенных за период гидродинамических исследований скважин.

Поставленная задача является детерминистской по своей сути и методу построения цифровой карты, обязательным условием выполнения которой является системно-динамический подход. Решается задача поэтапно.

### **1 этап. Анализ сведений о месторождении, его разработке в сопоставлении с информацией по гидродинамическим исследованиям**

Цель этапа – смоделировать поле давления, установив причинно-следственные сети и определив особенности поведения пластового давления пласта.

### **2 этап. Подготовка исходных данных**

Включает в себя: изучение, оценку степени и области применения результатов ГДИС, их обобщение; интеграцию полученной информации для описания недостающих звеньев с целью воссоздания поля

давления как единой гидродинамической системы. Состоит из двух частей: анализа исходных данных и прогнозирования давлений на скважинах, не охваченных замерами.

Многолетний опыт работы показывает, что формальная выгрузка значений пластовых давлений из базы ГДИС может привести к серьезным ошибкам, что связано со многими факторами. Поэтому необходимо изучать как каждое исследование, так и их совокупность. Приведу примеры (рис. 1 и рис. 2):

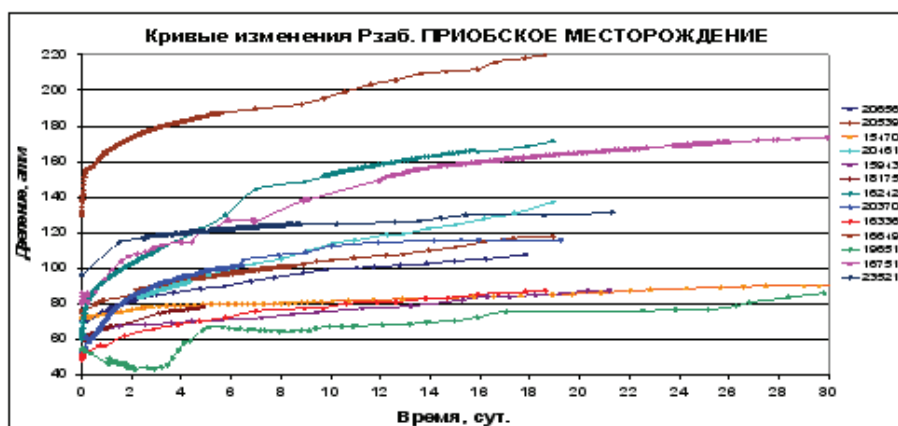


Рис. 1. Кривые восстановления давления по скважинам Приобского месторождения, пласт АС10 (западная часть – глубоководные отложения)

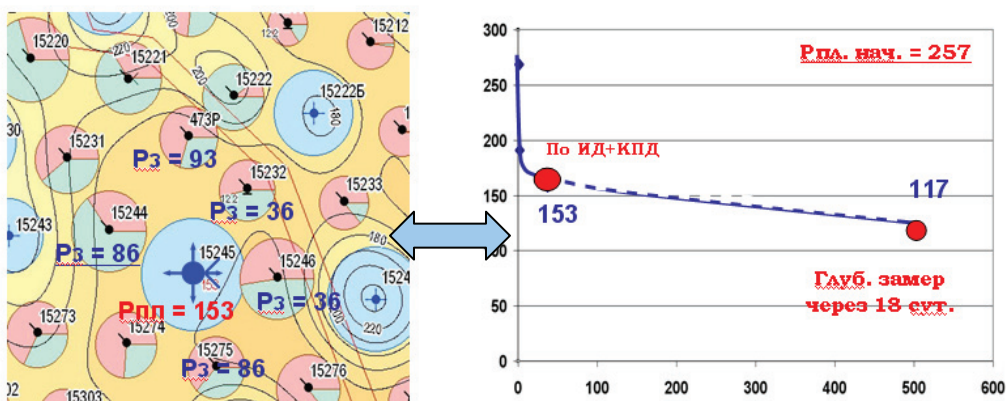


Рис. 2. Результаты замеров пластового давления в нагнетательной скважине 15245 Приобского месторождения, пласт АС10 (север основной залежи – шельфовые отложения)

На рис. 1 представлены кривые восстановления давления в добывающих скважинах низкопроницаемой части пласта АС10 Приобского месторождения. Несмотря на значительное время исследования, период стабилизации давления так и не наступил, что привело к неоднозначности интерпретаций по определению пластового давления разными инженерами. При построении карты изобар значения пластовых давлений были скорректированы, исходя из предположения, что время для определения пластового давления должно быть приблизительно одинаковым для скважин с похожим характером поведения, расположенных в одной зоне. На рис. 2 ситуация иная. Через 18 суток после остановки нагнетательной скважины 15245 Приобского месторождения пласт АС10 был выполнен глубинный замер – 117 атм., который указал на интерференцию между скважинами, а также на то, что пласт не является низкопроницаемым и для его исследования необходимо меньшее время, что и показала, выполненная впоследствии, интерпретация КПД. Сравнивая рис. 1 и 2, мы видим совершенно разные по фильтрационным свойствам участки одного и того же пласта. И в том и другом случае значения давлений были отредактированы.

Заключительный этап подготовки данных – прогнозирование значений давления на скважинах, изменивших параметры работы. Как любое прогнозирование – он наиболее спорный.

Методов экстраполяции пластового давления на добывающих скважинах множество – это и метод аналогии, подобия и последовательности построений, часто применяемый для больших залежей, графо-аналитический метод – для небольших и новых объектов, многочисленные алгоритмы двухмерного моделирования, нейросетевой анализ и т.п. Все способы дают приближенные результаты, достоверность которых необходимо регулярно подтверждать ГДИС.

Экстраполяция давлений на нагнетательных скважинах, по нашему мнению, задача бесперспективная, ввиду сложности и нестабильности процессов, происходящих в пласте вокруг скважины. Вот почему нужно увеличить количество исследований методом регистрации кривых падения давления, тем более, что остановка данных скважин напрямую не связана с потерей добычи.

### 3 этап. Построение цифровой карты

При прочтении литературы о методах создания карт изобар создается впечатление, что все нехитрые приемы описаны для «ручного» картопостроения, когда инженер по своему усмотрению направляет и ограничивает изолинии, описывающие «воронки» поля давления.

При цифровом построении карты всё несколько сложнее. Здесь необходимо правильно подобрать шаг дискретизации исходных точек для корректного описания поля давления.

Из теории приближения сигналов и функций, в процессе развития которой сформировались все математические методы, включая интерполяцию, следует, что шаг исходных точек должен соответствовать частоте спектра функции. Если это условие не соблюдается, то при воспроизведении теряется форма сигнала, а также появляются ложные построения (так называемые «эллайзинг-эффект» или «машинные аномалии»).

В нашем случае шаг дискретизации определяется местоположением скважин в плане. А этого часто недостаточно для корректного воссоздания функции давления. Для объектов со сложной конфигурацией изобар приходится искусственно передискретизировать исходные данные: на «пустых» участках карты разбивать равномерную сеть «скважин», в краевых частях разрабатываемых участков и в местах резкого изменения градиента поля давления добавлять дополнительные точки для того, чтобы подавить ложные аномалии, а иногда вернуть экстремумы давлений на скважины.

Кроме исправления «математических» огрехов, точки с фиктивными давлениями выполняют специальные функции:

1. Обеспечивают последовательность построений карт из квартала в квартал.
2. Ограничивают или фиксируют «воронки» в краевых частях разрабатываемых областей.
3. Служат для уменьшения (увеличения) «воронок», образованных в результате отбора жидкости или закачки воды.
4. Для указания взаимосвязи между нагнетательными и добывающими скважинами при кинжальном характере обводнения.
5. Для создания овальных «воронок» вокруг горизонтальных скважин и др.

Введение дополнительных точек подразумевает итеративность процесса построения числовой карты, корректность которой контролируется векторной картой (картой в изолиниях) как наиболее интуитивно понятной. Карты не должны различаться (нельзя убирать неудобные изолинии с векторной карты). Это важно для правильности расчетов средневзвешанных давлений, а также для вычислительных операций с картами, построенными на различные даты.

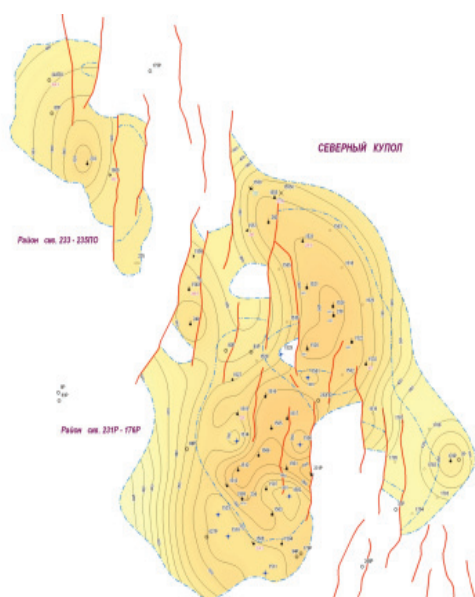
#### **4 этап. Оформление карты**

Следует отметить, что в геоинформатике особое внимание уделяется оформлению карт. Поэтому не случайно, что многие ПК обладают мощным арсеналом изобразительных средств. В карте всё работает на определенную идею.

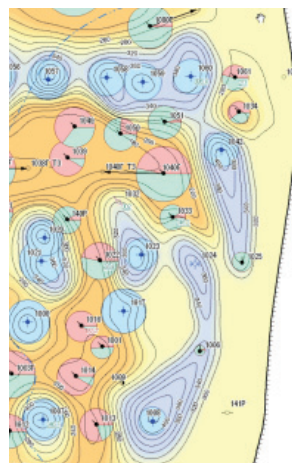
С точки зрения решения комплексной исследовательской задачи (изучения поведения поля пластового давления) принципиально недостаточно заниматься одним лишь построением карт изобар. Необходимо множественное целеполагание – постановка разнообразных, разнотипных, разноуровневых задач для того, чтобы была возможность изучить проблему с разных сторон. Вследствие этого большое внимание уделяется созданию комплексных карт. Основной «рабочей» картой для специалистов нашей компании является совмещенная карта изобар и текущих отборов с указанием скважин, на которых были проведены операции по гидроразрыву пласта.

Как мы видим, создание карты изобар – это серьезная аналитическая работа, представленная в графической форме, требующая от специалиста высокой квалификации. Недоработки или игнорирование каких-либо этапов приводят к потере качества конечного продукта.

Уникальность карт изобар состоит в их универсальности и относительной скорости их создания. Они не только характеризуют распределение поля давления, но формируют наше представление о свойствах коллектора, строении, условиях формирования залежи (рис. 3, 4)



*Рис. 3. Фрагмент карты  
изобар пласта Ю1*



*Рис. 4. Фрагмент карты  
изобар пласта 2БС10*

На рис.3 приведен пример карты изобар пласта Ю1. Пласт Ю1 – высоко проницаемая залежь с системой разломов и неактивным аквифером. Разломы частично проницаемы. Давление снижается как в блоках, где ведутся отборы, так и в соседних блоках. Однако темп снижения давления вдоль распространения блоков выше. На рис. 4 приведен пример карты изобар пласта 2БС10. Восточная часть пласта – низкопроницаемый участок залежи с региональной системой трещин. Трещины раскрываются в результате работы нагнетательных скважин. Протяженность их значительная. Характерно для месторождений инверсионного типа.

В связи с решением сложных задач, которые стоят в последнее время перед инженерами-разработчиками, более полное извлечение запасов старых месторождений, ввод новых залежей, зачастую с трудно извлекаемыми запасами, востребованность карт изобар, таблиц с исходными дискретными данными, числовых сеток давлений для осуществления различных анализов возрастает. Повышаются и требования к качеству карт изобар.

Вот почему необходимо развивать методологию данного направления, повышать квалификацию специалистов, развивать взаимодействие инженеров-картопостроителей, инженеров-интерпретаторов

ГДИС и специалистов, занимающихся гидродинамическим и геологическим моделированием. Необходимо активизировать участие специалистов в выборе скважин и видов исследований, при планировании ГДИС, а также проводить систематические исследования скважин, разрабатывать новые методики исследований.

### **Список литературы**

1. Костюченко С.В., Ямпольский В.З. Мониторинг и моделирование нефтяных месторождений. – Томск: Изд-во НТЛ, 2000.
2. Макс Ж. Методы и техника обработки сигналов при физических измерениях: в 2-х томах. – М.: Мир, 1983.
3. Иванова М.М., Чоловский И.П., Брагин Ю.И. Нефтегазопромысловая геология: учебник для вузов. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2000.
4. Кавун М.М., Степанов А.В. (ОАО «ЦГЭ»), Ставинский П.В. (НК «Роснефть») Прогнозирование эффективных толщин в межскважинном пространстве – общая методология, современные тенденции, объективная оценка результатов. (Статья в электронном журнале).
5. Кременецкий М.И., Ипатов А.И. Гидродинамические методы и промыслово-технологические исследования: Учебное пособие. М.: МАКС Пресс, 2008
6. Подьяков А.Н. Исследовательское поведение: стратегии познания, помощь, противодействие, конфликт: монография