

Г. И. ЛОХМАТОВ, А. П. НОСОВ

О ВОЗМОЖНОСТИ ПРОГНОЗА ЛИТОЛОГИЧЕСКИХ ЗАЛЕЖЕЙ НЕФТИ И ГАЗА ПРИ ПОМОЩИ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПОСТРОЕНИЙ В ПЛАНЕ

(Представлено академиком А. А. Трофимуким 25 VI 1970)

Поиски литологических залежей нефти и газа сложнее, чем залежей структурного типа, и успех их часто может быть обеспечен при значительном объеме глубокого бурения. Одним из путей повышения эффективности поисков и разведки служит применение более совершенных методов численного описания условий размещения открытых залежей с построением критериев сравнения по этим условиям смежных территорий.

В настоящем сообщении рассматривается опыт прогноза площадного размещения литологических залежей при помощи разработанного метода количественных построений в плане на ЭВМ (¹, ²). Метод предусматривает интерполяцию замеряемых по скважинам показателей структурных условий залегания, литологического состава и промысловых свойств отложений, а также численную обработку результатов интерполяции с целью оконтуривания на территории поисков площадей, по соотношению показателей адекватных тем, в пределах которых получены притоки нефти и газа.

Такой способ прогноза залежей является принципиально новым в практике нефтепоисковых работ. Впервые он был опробован нами на примере Марковского газоконденсатного месторождения на юге Сибирской платформы.

Для рассматриваемого случая задача интерполяции формулировалась как задача построения в области D плоскости (x, y) функции $f(z_i)$ по множеству N заданных внутри D точек замера значений признака $z_i \in \{z_1, z_2, \dots, z_i, \dots, z_n\}$. Выбор класса U интерполирующей функции $u(x, y)$ ограничивался наложением на $u(x, y)$ двух условий: а) функция $u(x, y)$ должна быть непрерывной и достаточно гладкой; б) в точках задания $f(z)$ должно выполняться равенство $u(x, y) - f(x, y) = 0$.

Алгоритм построения $u(x, y)$ в такой постановке задачи интерполяции изложен в (²), поэтому здесь отметим лишь, что результаты интерполяции представляются в виде матрицы (Z) порядка nm , элементы которой z_{ij} ($i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m$) суть численные значения одной из геолого-геофизических характеристик анализируемой залежи. Элементам матрицы ставятся в соответствие точки плоскости (x, y) и по значениям z_{ij} при точках (x_i, y_i) на ЭВМ строятся карты в изолиниях (¹, ²).

На Марковском месторождении структурный план базальных отложений кембрия, к которым приурочены продуктивные терригенные горизонты, не совпадает со структурным планом вышележащих галогенно-карбонатных слоев. Литология и коллекторские свойства горизонтов на площади резко изменчивы. Отсутствие в этих условиях надежных методов геофизического изучения структуры продуктивных горизонтов отрицательно сказывается на эффективности разведочных работ.

Наибольший интерес на месторождении представляет парфеновский горизонт (мощность 14—32 м), с которым связана основная газоконденсатная залежь. Литологически он представлен песчаниками и доломитами.

Песчаники составляют нижнюю половину разреза горизонта, доломиты — верхнюю. Для горизонта на ЭВМ описанным способом по скважинам была построена серия карт: структурная карта кровли горизонта и карта его суммарных мощностей, структурная карта кровли песчаников и карта мощностей песчаников, а также карты равных значений пористости и проницаемости песчаников. На рис. 1, I приведены три из шести названных карт.

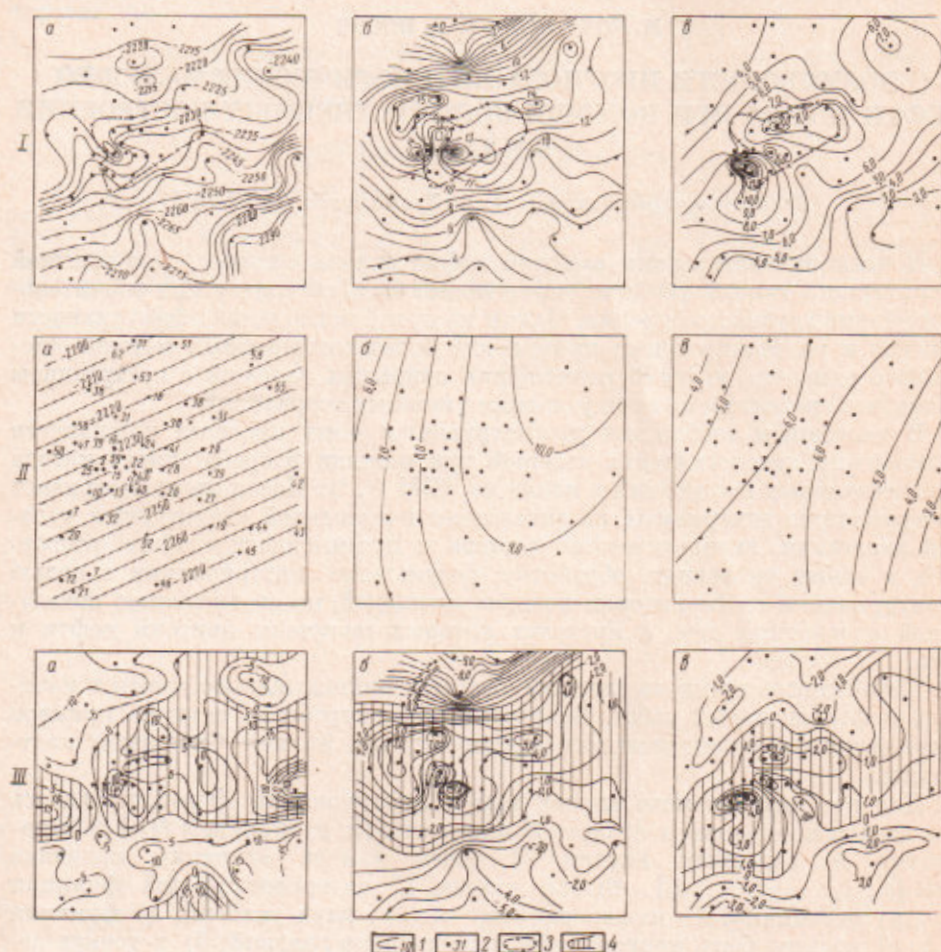


Рис. 1. Карты продуктивного парфеновского горизонта Марковской площади (составлены на ЭВМ «Урал-4» по данным глубокого бурения). I — исходные карты: а — структурный план кровли песчаников горизонта, б — карта мощностей песчаника, в — карта открытой пористости песчаников; II — тренды исходных карт: а — тренд структурного плана, б — тренд мощностей, в — тренд открытой пористости; III — карты отклонений от тренда: а — отклонения от тренда структурного плана, б — отклонения от тренда мощностей, в — отклонения от тренда пористости. 1 — изолинии равных значений признака; 2 — скважины; 3 — контуры газоконденсатной залежи по данным Восточно-Сибирского геологического управления; 4 — участки положительных аномальных значений признаков

На каждой из них нанесены контуры залежи, определяемые работами местных геологов. Легко заметить, что ни один из показателей не контролирует в полной мере размещение залежи на площади: в структурном плане кровли песчаников (см. рис. 1, Ia) залежь приурочена к моноклинали, на которой отсутствуют четко выраженные структурные ловушки. Песчаники концентрируются в центральной части площади, образуя здесь полосу максимальных мощностей, но залежь устанавливается лишь на небольшом участке этой полосы (см. рис. 1, Ib). Не наблюдается четкой зависимости рас-

положения залежи и от характера изменчивости коллекторских свойств песчаников (см. рис. 1, Ie).

В этих условиях мы попытались рассмотреть результат суммарного влияния анализируемых показателей на размещение залежи на площади. Для этого карта каждого показателя (рис. 1, I) предварительно была разложена на две составляющие: карту тренда (рис. 1, II) и карту отклонений от тренда (рис. 1, III). Для осуществления этой процедуры использовалось разложение функций $z = f(x, y)$ алгебраическими многочленами в ряд по степеням x и y , т. е. $f(z)$ представлялась в виде $f(z) = \varphi(z) + \varepsilon(z)$, где $\varphi(z) = \varphi(p(x, y)) = a_{00} + a_{10}x + a_{01}y + \dots + a_{nn}y^n$ — приближающий многочлен степени n , описывающий на плоскости (x, y) тренд переменной $f(z)$, а $\varepsilon(x, y)$ — разность между функциями $f(z)$ и $\varphi(z)$ в фиксированных точках области D , представляющая местные (локальные) флуктуации $f(z)$.

Способ разложения $f(z)$, критерии выбора степени аппроксимирующего многочлена и схема вычислений на ЭВМ изложены в (1, 2). Здесь важно отметить, что такое разложение позволяет выделять на плоскости границы участков аномального изменения показателей и при помощи этих границ прогнозировать площадное размещение залежей нефти и газа.

Разложению предшествует интерполяция значений z в узлы равномерной сети, поэтому результатом разложения является представление матрицы (Z) в виде $(Z) = (\Phi) + (E)$. По значениям φ_{ij} на ЭВМ строятся карты тренда, а по значениям ε_{ij} — карты отклонений (2). В рассматриваемом примере на карте отклонений от структурного плана песчаников (рис. 1, IIIa) четко обозначились участки гипсометрически приподнятого их залегания. На исходной структурной карте (рис. 1, Ia) оконтурить эти участки затруднительно, т. е. карта отклонений облегчает обнаружение пологих структурных ловушек, осложняющих моноклинал. Карта аномальной изменчивости мощностей песчаника (рис. 1, IIIб) позволяет однозначно определить границы области развития максимальных мощ-

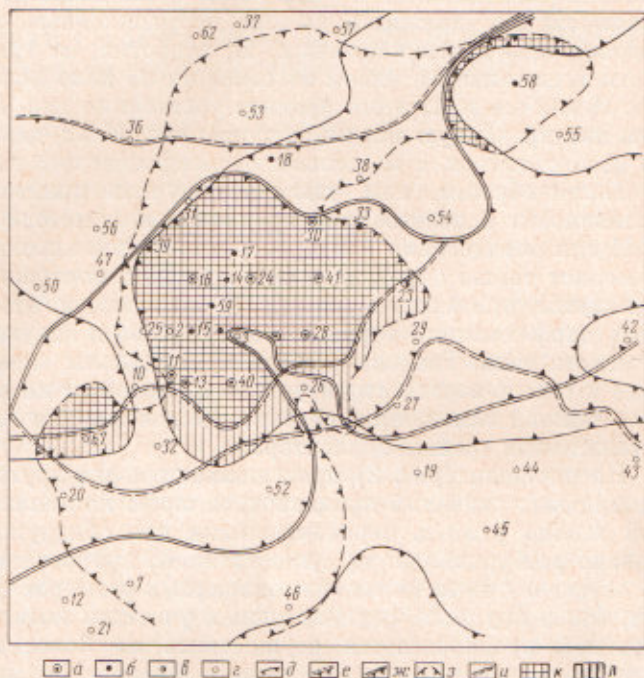


Рис. 2. Схема совмещения карт аномальной изменчивости структурных условий залегания, литологии и промысловых свойств парфеновского горизонта Марковской площади. а — скважины с промышленными притоками газоконденсата; б — скважины с полупромышленными и непромышленными притоками газоконденсата; в — скважины, из которых получена вода с нефтью; г — остальные скважины; д — границы гипсометрически приподнятых участков структурного плана песчаников; е — границы участков аномально увеличенных мощностей песчаников; ж — границы участков аномально высоких значений пористости; з — границы участков аномально высоких значений проницаемости; и — линия предполагаемого водо-нефтяного контакта; к — области совпадения положительных аномальных значений признаков; л — области совпадения ниже линии водо-нефтяного контакта

ностей коллектора. За пределами этой области песчаники замещаются доломитами и алевролитами. Наконец, карты аномальной изменчивости пористости и проницаемости песчаников позволяют четко оконтурить участки улучшенных промысловых свойств коллектора (рис. 1, IIIa).

При графическом совмещении карт отклонений границы участков аномальной изменчивости показателей служат образующими для областей совпадения этих участков на плоскости. На схеме совмещения (см. рис. 2) эти области показаны штриховкой. Примечательно, что в пределах крупной центральной области совпадения аномальных значений признаков расположены все скважины, давшие промышленные и полупромышленные притоки газа и газоконденсата. И, напротив, за пределами указанной области испытание ни одной из скважин не дало положительных результатов. Исключение из этого правила составляют скв. № 18, вскрывшая мелкую изолированную залежь, а также скв. № 58, давшая приток, очевидно, не из песчаников, а из доломитов парфеновского горизонта.

Таким образом, нам удалось получить практическое подтверждение возможности использования предложенного метода обработки данных на ЭВМ для определения контуров размещения залежей на площади. Метод позволяет также определять тип ловушки, контролирующей залежь: анализ схемы, приведенной на рис. 2, показывает, что газоконденсатная залежь парфеновского горизонта приурочена к ловушке структурно-литологического типа. Располагаясь на моноклинали, залежь ограничена на западе и северо-западе структурным барьером, а на востоке и северо-востоке — линией замещения песчаников доломитами и резкого ухудшения промысловых свойств коллектора.

На площади (рис. 2) прослеживаются два других участка совпадения аномальных значений признаков, которые по аналогии с центральной зоной можно считать перспективными для обнаружения нефти или газа. Однако разбуривание их существенного прироста запасов газоконденсата не обеспечит из-за их малых площадных размеров. Для обнаружения других, более крупных, перспективных участков выполненный комплекс построений предполагается осуществить на более обширной территории, включив в рассмотрение смежные с Марковским месторождением площади опорного и параметрического бурения.

Таким образом, описан первый опыт прогноза залежей нефти и газа при помощи численных построений в плане на ЭВМ. Метод требует своего дальнейшего развития. Необходимо также предусмотреть использование геохимических и гидродинамических показателей продуктивности отложений. Тем не менее его можно рекомендовать для практического использования. Особый интерес представляет применение метода в районах, изученных бурением, где фонд антиклинальных структур в основном разведан и поэтому перспективы открытия новых залежей структурного типа резко ограничены.

Иркутский государственный университет
им. А. А. Жданова

Поступило
16 VI 1970

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Г. И. Лохматов, Г. Т. Алаев, В. Н. Евдокимова, Геол. нефти и газа, № 5 (1968). ² Г. И. Лохматов, В. Н. Евдокимова и др., Математический метод палеотектонического анализа платформенных структур, Тр. Вычислит. центра Иркутск. унив., в. 3 (1969).