

Технология зонального и локального прогноза нефтегазоносности платформенных структур в Рязано-Саратовском прогибе

■ Воробьева Е.В., Воробьев В.Я., АО «НВНИИГГ», г. Саратов

Аннотация: В современных условиях для поисковых работ на углеводородное сырье характерно усложнение условий поисков. Известно, что количественные методы оценки нефтегазоносности не всегда дают хорошие результаты. При этом прогноз продуктивности отложений необходим еще до бурения глубоких скважин. Статистический метод в практике геологических исследований давно используется в задачах прогнозирования. В статье описаны модели прогнозирования нефтегазоносности и, как результат, приведены зоны концентрации остаточных запасов УВ для отложений Рязано-Саратовского прогиба по различным возрастам. При этом создаются предпосылки для оптимизации геологоразведочных работ путем направленного выбора по вводу в бурение первоочередных объектов.

Волго-Уральская нефтегазоносная провинция – один из старейших нефтедобывающих регионов, обеспечивавший в настоящее время около четверти нефтедобычи России. Для современного периода характерна относительная стабилизация уровней добычи нефти и газа в провинции и появление тенденции ее незначительного роста. Вместе с тем, для поисковых работ на углеводородное сырье характерно усложнение условий поисков. Для увеличения ресурсной базы УВ в Волго-Уральской нефтегазоносной провинции, открытия новых месторождений необходимо вовлечение в освоение малоизученных и вследствие этого недостоверно оцененных территорий.

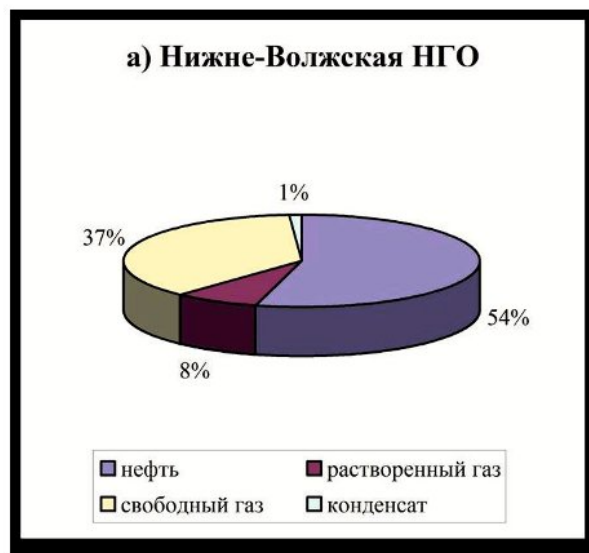
Рассматривая пути совершенствования методологических основ прогноза нефтегазоносности, многие исследователи отмечают полуколичественный характер существующих методических приемов прогноза нефтегазоносности, так как во многом является условным выбор ряда коэффициентов в методе аналогий и объемно-генетическом методе прогноза. Статистический подход к прогнозированию позволяет существенно снизить зависимость конечных результатов от экспертных оценок, путем введения в

модель четко определяемых показателей, оценки информативности признаков и их комплексов. При таком подходе всегда удастся оценить величину ошибки, с которой прогнозируются показатели нефтегазоносности конкретных областей. В работе описаны модели прогнозирования нефтегазоносности и, как результат, приведены зоны концентрации остаточных запасов УВ для отложений Рязано-Саратовского прогиба по различным возрастам.

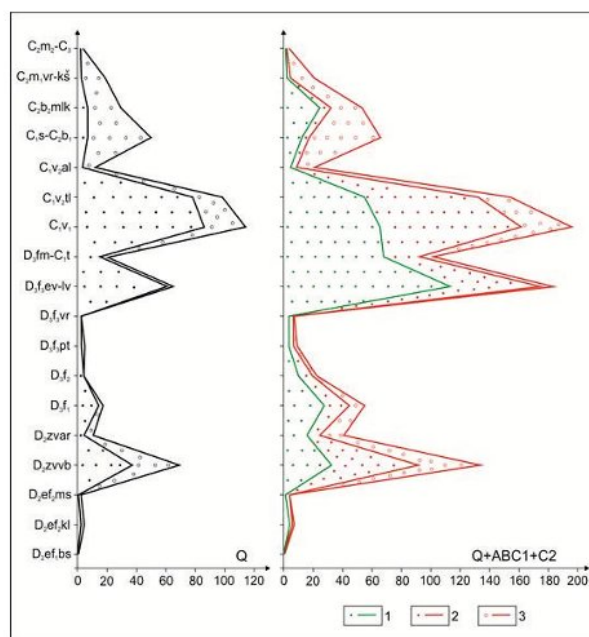
Несмотря на высокую изученность нефтегазоносной провинции в целом, некоторые ее части (например, территория Рязано-Саратовского прогиба) остаются недостаточно разведанными вследствие сложности строения и ряда других причин. В системе нефтегазогеологического районирования в пределах Рязано-Саратовского прогиба традиционно выделяется Нижне-Волжская нефтегазоносная область.

На территории НВ НГО учтено более 200 месторождений (в том числе 90 нефтяных, 30 газовых). Качественная структура начальных извлекаемых запасов Q (накопленная добыча) $+A+B+C_1$ Нижне-Волжской НГО, а также распределение извлекаемых запасов и добычи по

отдельным стратиграфическим комплексам показаны на рисунках 1, 2. Исходя из распределения запасов по различным стратиграфическим комплексам, можно четко выделить 2 основные группы отложений в разрезе. Была создана база данных по 200 месторождениям, включающая информацию по количеству залежей УВ, добычу и запасы различных



▲ Рис. 1. Качественная структура начальных извлекаемых запасов Нижне-Волжской НГО.



▲ Рис. 2. Распределение извлекаемых запасов и добычи по отдельным стратиграфическим комплексам.

категорий, геометрические параметры ловушек, эффективную мощность, суммарную долю коллекторов и т.д.

Технологическая схема обработки и интерпретации данных включает следующие этапы:

1. Сбор фактического материала по нефтяным и газовым месторождениям, оформление его в общую матрицу по заранее выбранному закону описания фактографической информации.

2. Анализ связи косвенных показателей с величиной запасов, включающий корреляционный анализ, выделение независимых комплексов признаков, выделение информативных показателей, сведение зависимых показателей к одному комплексному показателю.

3. Построение моделей прогнозирования на основе применения регрессионного анализа и метода последовательных приближений.

4. Построение целевой функции прогноза, выбор ограничений и прогнозирование продуктивности локальных структур путем оптимизации целевой функции при определенных граничных условиях изменчивости косвенных показателей прогнозирования. [Воробьев, 1991]

Основным результатом построения таких моделей является получение целевых функций прогнозирования продуктивности геологических объектов, а поиск перспективных на нефть и газ объектов сводится к решению оптимизационной задачи теории поиска. Таким образом, технологическая схема прогнозирования продуктивности локальных объектов отражает процесс закономерного перерастания информативности комплекса показателей нефтегазоносности, используемых на различных стадиях геологоразведочных работ, в систему показателей продуктивности

геологических объектов с их конкретными количественными параметрами, моделями возможных углеводородных скоплений.

На основе созданной базы данных разработана методика и технология зонального и локального прогноза. Для зонального прогноза были построены карты распределения запасов (по категориям А, В, С1, С2) на месторождениях Рязано-Саратовского прогиба отдельно по каменноугольным и девонским отложениям. А также карта отклонений, по которой выделены зоны концентраций остаточных запасов УВ (рис. 3).

Для расчета уравнений, связывающих запасы углеводородов на месторождениях с изменением геометрических характеристик ловушек и коллекторов использовались такие параметры как площадь структуры, ее объем, суммарная доля коллекторов в разрезе, эффективная мощность. Из различных типов уравнений, от линейных до логарифмических

[Воробьев, 1991], использовались наилучшие по критерию Фишера. Так логарифмическими моделями оказались следующие:

$$\ln C_{УВ}^{C+D} = -1,109 + 0,471 \ln S^{C+D} + 0,289 \ln M_{эф}^{C+D}$$

$$\ln C_{УВ}^D = -1,122 + 0,457 \ln S^D + 0,303 \ln M_{эф}^D$$

$$\ln C_{УВ}^C = -0,059 + 2,280 \ln S^C + 0,408 \ln M_{эф}^C$$

где $C_{УВ}^{C+D}$ – запасы газа и нефти по категориям А+В+С₁; S^D , S^C , $M_{эф}^D$, $M_{эф}^C$ – соответственно площадь структуры и эффективная мощность коллекторов в каменноугольных (С) и девонских (D) отложениях.

Зависимость наблюдаемых запасов от запасов теоретических прослеживается четкая. Отклонение от линейной зависимости говорит о величине влияния других геологических факторов на распределение запасов.

На рисунке 3 приведены зоны концентрации остаточных запасов УВ отдельно для отложений каменноугольного и девонского возрастов. В этих зонах теоре-

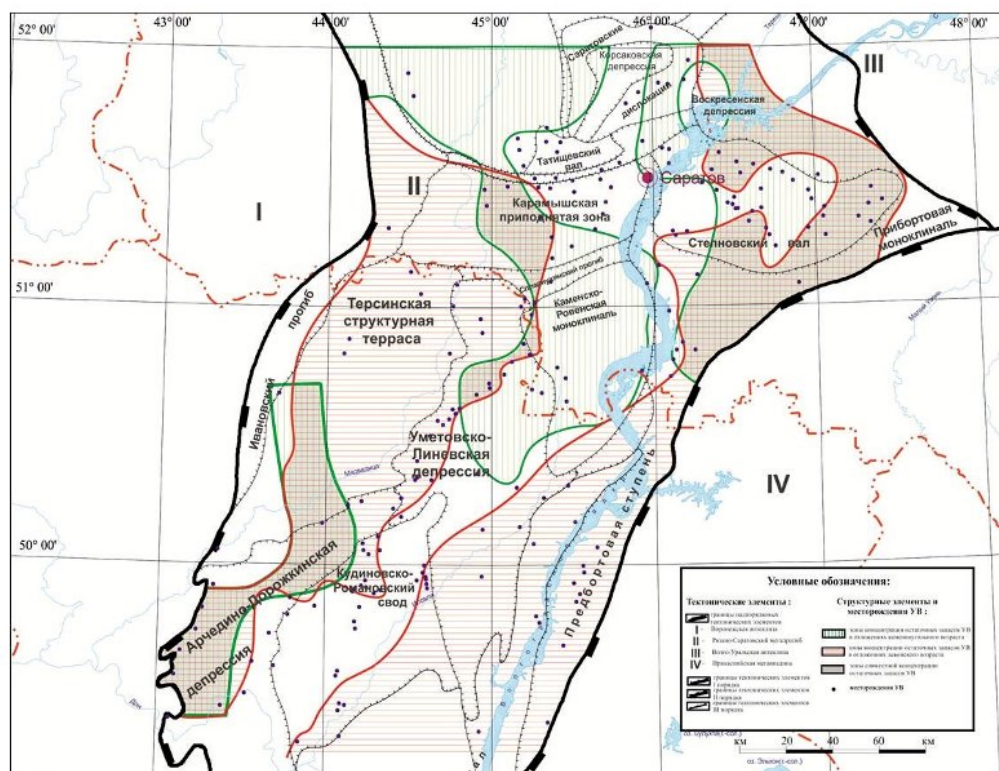


Рис. 3. Зоны концентраций остаточных запасов УВ палеозойских отложений Рязано-Саратовского прогиба.

тически рассчитанные запасы УВ по моделям прогнозирования больше фактически наблюдаемых на месторождениях. Именно в этих зонах открытие новых месторождений наиболее вероятно.

Результаты выполненных работ и анализ текущего состояния сырьевой базы УВ нераспределенного фонда недр Рязано-Саратовского прогиба показывает, что наиболее перспективными территориями для поиска нефти и газа являются Карамышская приподнятая зона, Каменско-Ровенская моноклираль и Аткарско-Баландинская зоны в Саратовской области и Арчедино-Дорожкинская депрессия и Предбортная моноклираль в Волгоградской области. В пределах этих территорий вероятны перспективные объекты для постановки поисковых работ. Кроме того, несомненный интерес представляет район Терсинской террасы, Ивановского прогиба и зоны их сочленения с Воронежской антеклизой.

Перечисленные направления охватывают довольно обширную территорию, объединяющую тектонические элементы сложной инверсионной природы. Выполненная работа свидетельствует о значительном резерве этих территорий, в том числе по «терригенному» девону. Койвенский, бийский, клинцовский и мосоловский продуктивные горизонты остаются малоизученными и перспективными объектами для прироста запасов УВ как при поиске новых месторождений, так и при доразведке старых. Рекомендация на проведение целенаправленных геолого-геофизических работ в этой зоне обусловлена низкой эффективностью ГРП в Рязано-Саратовском прогибе в целом и особенно при работе с нижними структурными этажами в инверсионных тектонических зонах, несмотря на высокую оценку их перспективности.

В задаче прогнозирования нефтегазоносности локальных структур наибольший интерес представляет возможность предсказания их продуктивности до бурения глубоких скважин. Поэтому оценка информативности показателей, получаемых на ранних стадиях геологоразведочных работ, приобретает первостепенное значение. При этом необходимо оценить информативность показателей, характеризующих хотя бы косвенно естественные процессы генерации, миграции, аккумуляции и эволюции, рассматривая их по возможности совместно.

Для оценки информативности различных показателей, получаемых на различных стадиях геологоразведочных работ, использовалась база данных по 200 месторождениям нефти и газа Рязано-Саратовского прогиба как в целом для всего месторождения, так и для отдельных стратиграфических комплексов.

Чтобы оценить информативность тех или иных признаков относительно величины запасов углеводородов, необходимо освободиться от влияния основных факторов. Анализ данных по месторождениям и пустым структурам Рязано-Саратовского прогиба показал [1], что наблюдаемое распределение запасов в структурных ловушках на 60% объясняется распределением их объемов и суммарной долей коллекторов в разрезе.

Для расчета уравнений, связывающих запасы углеводородов на месторождениях с изменением геометрических характеристик ловушек и коллекторов, использовались такие параметры как площадь структуры, ее объем, суммарная доля коллекторов в разрезе, эффективная мощность. Из различных типов уравнений, от линейных до логарифмических [1], использовались наилучшие по критерию Фишера.

Рассматривались следующие семь типов уравнений:

- 1 $y = \beta_0 + \beta_1 Z_1 + \dots + \beta_k Z_k + \varepsilon$
- 2 $y = \beta_0 + \beta_1 Z_1 + \dots + \beta_k Z_k + \beta_{11} Z_1^2 + \dots + \beta_{kk} Z_k^2$
- 3 $y = \beta_0 + \beta_1 (1/Z_1) + \dots + \beta_k (1/Z_k)$
- 4 $y = \beta_0 + \beta_1 (\lg Z_1) + \dots + \beta_k (\lg Z_k)$
- 5 $1/y = \beta_0 + \beta_1 Z_1 + \dots + \beta_k Z_k$
- 6 $\lg y = \ln \alpha + \beta_1 \ln Z_1 + \dots + \beta_k (\ln Z_k)$
- 7 $\lg y = \beta_0 + \beta_1 Z_1 + \dots + \beta_k Z_k$

Отбор соответствующих переменных $Z_1, \dots, Z_k$ для включения в регрессионную модель проводится с помощью шагового метода по алгоритму, описанному в работе [2].

Во всех случаях лучшими нелинейными моделями являются модели второго типа. Из 42 моделей прогнозирования только 2 наилучшие модели являются моделями 4-ого типа, т.е. логарифмическими. Это модели для прогнозирования запасов газа в отложениях каменноугольных и девонского возраста. При переводе запасов углеводородов в логарифмический масштаб наилучшими моделями прогнозирования являются только модели 4-ого типа.

Сопоставление величин ресурсов углеводородов, рассчитанным объемным методом и полученных по уравнениям, показывает, что в области изменения прогнозных ресурсов до 5-7 млн. тонн условного топлива фактически не наблюдается расхождение между указанными вариантами подсчетов. В области ресурсов более 10 млн. тонн условного топлива достаточно четко прослеживается превышение величин ресурсов, рассчитанных объемным методом, над полученными по уравнениям.

Для определения информативности показателей необходимо убрать влияние основных (универсальных) факторов,

контролирующих распределение запасов УВ в ловушках. Анализ материалов по месторождениям НВ НГО показал, что около 60% распределения запасов контролируется геометрическими параметрами ловушки и суммарной долей коллекторов в разрезе.

Для локального прогнозирования нефтегазоносности ловушек использовался набор косвенных признаков, включенных в таблицу 1. Использовались 7 типов различных уравнений - от линейных до логарифмических. Рассчитаны 6 моделей, включающие параметры, отмеченные + в таблице. Для прогнозирования нефтегазоносности использовались модели с максимальным значением критерия Фишера и минимальной ошибкой прогнозирования. В таблице 1 приведены показатели, участвующие в моделях для оценки информативности различных параметров, а на графиках приведена часть моделей прогнозирования запасов и количества залежей УВ по месторождениям Рязано-Саратовского прогиба, которые сопоставлены с оценками запасов, полученных традиционным объемным методом.

Предложенная методика оценки информативности косвенных показателей продуктивности локальных структур, основанная на использовании остатков, полученных как разность запасов, наблюдаемых на месторождениях и теоретически рассчитанных по моделям, включающим универсальные факторы прогнозирования, позволила оценить информативность морфологических параметров платформенных структур, их возраст, неотектоническую активность и других показателей тектогенеза и литогенеза, получаемых на ранних стадиях поисково-разведочных работ, относительно количества залежей углеводородов и их запасов.

№ п/п	Показатели		Модели					
			1	2	3	4	5	6
1	Отложения каменноугольного возраста	Объем структуры	+		+			
2		Суммарная доля коллекторов	+		+	+		
3		Глубина залегания кровли			+			
4		Содержание Сорг в глинах		+	+	+		
5		Содержание Сорг в карбонатах		+	+	+		
6		Коэффициент битуминозности		+	+	+		
7	Отложения девонского возраста	Объем структуры					+	+
8		Суммарная доля коллекторов					+	+
9		Глубина залегания кровли						+
10		Содержание Сорг в глинах						+
11		Содержание Сорг в карбонатах						+
12		Коэффициент битуминозности						+
13	Расстояние до регионального разлома				+	+		+
14	Расстояние до борта Прикаспийской впадины				+	+		+
15	Региональная составляющая неотектонических движений				+	+		+
16	Локальная составляющая неотектонических движений				+	+		+

▲ Табл. 1. Показатели, участвующие в моделях прогнозирования запасов углеводородов и общего количества залежей по месторождениям Рязано-Саратовского прогиба.

Таким образом, полученные модели прогнозирования могут быть использованы при зональном и локальном прогнозе нефтегазоносности, а также для направленного выбора по вводу в бурение первоочередных объектов, создавая возможность более рационального планирования геологоразведочных работ.

Литература:

1. Воробьев В.Я. Информативность методов прогнозирования платформенных структур. Ленинград, «Недра», 1991 г, 272 с.
2. Дрейпер Н., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ. Москва, «Статистика», 1973, 392 с.

Подробнее об авторах



Воробьев
Виктор Яковлевич

докт. геол.-мин. наук,
профессор,
Генеральный
директор
АО "НВНИИГ"



Воробьева
Екатерина Викторовна

канд. геол.-мин. наук,
зав. лабораторией
геохимии нефти
и гидрогеологии
АО "НВНИИГ"