

## Оценка продуктивности терригенных коллекторов олигоцена Долнокамчийского прогиба с помощью логико-математических методов

Г. И. Павлова<sup>1</sup>, С. А. Афанасьев<sup>2</sup>, А. С. Вакуленко<sup>2</sup>

Научно-исследовательский институт по полезным ископаемым, 1505 София  
Институт по геологии и геофизике СО АН СССР, 90 Новосибирск

G. I. Pavlova, S. A. Afanasiev, A. S. Vakulenko — *Evaluation of the productivity of terrigenous gas collectors in the Oligocene of Dolna Kamčija depression on the basis of logic-mathematical methods. A system of symptoms was used in the quantitative evaluation of the gas productivity of Oligocene sediments. It was established that collectors of higher productivity are related to the lower parts of the Oligocene.*

### Введение

В последние годы Майкопские отложения вновь стали одним из перспективных объектов поиска скоплений углеводородов. Их газоносность доказана на Керчинском полуострове, в Азовском море, в Равнинном Крыму и прилегающих районах Черного моря. Прямые признаки газоносности этих отложений установлены и в Долнокамчийском прогибе НРБ, где в ряде скважин Р-46, Р-74, Р-75 и др. были получены притоки газа, что дает основание для тщательного изучения и оценки перспективности этих отложений.

На изучаемой территории олигоценовые отложения представлены чередованием песчаных, алевролитовых и глинистых разностей пород, почти не содержащих карбонатного материала. Они характеризуются непостоянством литолого-фациального состава и довольно резким изменением мощности. По материалам 60 глубоких скважин произведено расчленение отложений олигоцена на ритмы. В его наиболее полных разрезах выделяются 5 ритмов, индексируемых снизу вверх как IX—XIII. В направлении к северу и югу, с уменьшением мощности отложений олигоцена, нижние IX—XI ритмы выпадают из разреза (Б о г а ц к а я, Ч у п а р о в а, 1986).

В наиболее полных разрезах ритмы подразделяются на две части — трансгрессивную и регрессивную. В трансгрессивной части наблюдается переход от базальных песчаных или алевритовых слоев к глинистым породам. Регрессивная характеризуется обратной сменой гранулометрического состава — от алевритовых глин до мелкозернистых алевролитов и песчаников. В ряде случаев регрессивная часть ритма частично отсутствует вследствие размыва.

Олигоценовые отложения с размывом залегают на различных стратиграфических уровнях эоцена. Поверхность размыва имеет сложный характер, образуя эрозионный врез.

Анализ фаций с учетом пространственного изменения палеогидродинамических условий формирования и литологического состава пород показывает, что на террито-

рии современного Долнокамчийского прогиба располагалась краевая часть подводного конуса выноса или подводного склона дельтового комплекса (П а в л о в а, 1987). Нестабильность палеогидродинамических обстановок обусловила не только резкие фациальные переходы одного типа пород в другой, но и быстрое изменение свойств однотипных пород на небольших расстояниях. Примером этому могут быть результаты испытания песчаников олигоцена в скважинах №№ 46, 74, 75 и др., в которых дебиты пластовых флюидов изменяются от 0 до 74 тыс. м<sup>3</sup>/сут. газа на шайбе 9,5 мм (скв. Р-75 — Камчия).

В связи с небольшим количеством пробуренных скважин и малым отбором керна очень трудно проследить развитие песчаных тел дельтового комплекса в плане обнаружения связанных с ними литологических ловушек. Еще большую трудность представляет оценка качества песчаников олигоцена, поскольку они испытаны на приток в незначительном количестве глубоких скважин. Решению этой задачи может способствовать привлечение методов распознавания образов.

## Методика исследования

При решении задачи оценки качества песчаников объектами исследования являются разрезы ритмов олигоцена, вскрытые глубокими скважинами. Разрезы подритмов, опробованные в скважинах на приток, являются эталонными объектами. Всего отобрано 18 эталонов. Условно эталонные объекты подразделены на три класса (А ф а н а с ь е в, К р а с а в ч и к о в, 1986).

В I класс вошли 5 эталонов — разрезы подритмов олигоцена, из которых получен приток газа дебитом 10 000 м<sup>3</sup>/сут. или пластовой воды дебитом 5 м<sup>3</sup>/сут. II класс — объекты, характеризующиеся притоками от 0 до 10 тыс. м<sup>3</sup>/сут. газа и от 0 до 5 м<sup>3</sup>/сут. воды. В этот класс вошло 7 объектов. III класс объединил 6 объектов, из которых притоки пластовых флюидов не получены. 255 объектов привлечены в качестве проб. Данные по 225 объектам получены по скважинам, в которых эти объекты вскрыты, но не опробованы. По 30 объектам характеристики снимались с фациальных карт.

Объекты описаны 16 признаками, которые разбиваются на две группы. Признаки первой группы описывают подритм как потенциальный резервуар пластовых флюидов и дают представление об условиях его залегания. Сюда входят такие признаки: гипсометрия кровли и подошвы подритма, его мощность, мощность песчаников и глинистых пород, коэффициент песчаности, мощность подстилающих и покрывающих олигоцен комплексов, крутизна залегания кровли подритма.

Признаки второй группы отражают некоторые особенности геологического строения и залегания олигоцена в целом. Это — гипсометрия кровли и подошвы олигоцена, его мощность, мощность перекрывающего неогенового комплекса, суммарная мощность неоген-олигоценовых отложений, отношение их мощностей, а также крутизна поверхности контакта олигоцена с верхним эоценом. Очевидно, что значения признаков второй группы одинаковы для всех подритмов одной скважины.

## Краткая характеристика используемых алгоритмов

Задача решалась с помощью итерационного метода целевого классифицирования и упорядочения объектов (Б а б и ч, Ф е д о с е е в, 1976). Метод предназначен для поиска линейного решающего правила с одновременной минимизацией неинформативных признаков, а также для классифицирования проб. Алгоритмы этого типа основаны на предположении о разделимости исследуемых классов при помощи гиперплоскостей.

Уравнение гиперплоскости имеет вид:

$$(1) \quad \sum_{j=1}^N a_j x_j = b,$$

где  $a_1, \dots, a_n$  — весовые коэффициенты,  $x_1, \dots, x_n$  — значения признаков,  $b$  — свободный член. В случае разделения классов выполняются неравенства:

$$(2) \quad J_j = \sum_{i=1}^N a_i x_{ij} > b \quad i=1, \dots, M_1,$$

$$(3) \quad J'_i = \sum_{j=1}^N a_j x_{ij} < b \quad i=1, \dots, M_2,$$

где  $M_1, M_2$  — число объектов в разделяемых классах,  $J_1$  — оценка  $I$  объекта.

Процедура поиска разделяющей гиперплоскости сводится к поиску весовых коэффициентов  $a_1, \dots, a_n$  при выполнении условий 2, 3, другими словами, к выбору из всей совокупности характеристических признаков поднабора, необходимого и достаточного для получения заданной классификации.

Распознавание проб производится по процедуре подсчета оценок объектов, окончательное решение об отнесении к  $l$  классу принимается по соотношению величины оценки распознаваемой пробы с аналогичной величиной оценки объектов эталонов (Федосеев, Бабич, 1980).

На этапе обучения задача решалась в следующих постановках: 1. I класс сравнивался с II; 2. I класс сравнивался с II и III; 3. II класс сравнивался с III; 4. I и II классы сравнивались с III.

В первой постановке растяжка классов  $\rho^l$  составила 0,137. Из 6 признаков минимизировалось 0. В информативную систему признаков (ИСП) вошли преимущественно признаки, характеризующие подритмы олигоцена как резервуары пластовых флюидов и отражающие условия их залегания. Это следующие признаки:

- общая мощность подритма,
- мощность песчано-алевритовых слоев,
- мощность подстилающих олигоцен отложений,
- мощность перекрывающих олигоцен отложений,
- крутизна залегания кровли подритма.

В ИСП вошел также признак, характеризующий особенности строения олигоцена в целом — абсолютная отметка залегания его кровли.

Во второй постановке растяжка  $\rho^l$  составила 0,133. Кроме того, полученная ИСП тождественна предыдущей по набору признаков.

В последующих постановках полученные растяжки классов значительно меньше. Для третьей постановки  $\rho^l$  составила 0,033, а для четвертой — 0,030. Значительно сократилось и число минимизированных признаков. Для третьей постановки оно равно 5, для четвертой — 7.

## Результаты исследований

По материалам обучения и распознавания для каждой из 10 песчаных пачек олигоцена построены карты развития коллекторов различной продуктивности (рис. 1—5).

Исследования показали, что коллекторы повышенной продуктивности приурочены главным образом к низам олигоцена (песчаные пачки IX „а“ — X „б“ подритмов).

Вверх по разрезу происходит ухудшение качества коллекторов. Начиная с песчаной пачки XI „а“ подритма в восточной части Долнокамчийского прогиба, появляется зона отсутствия коллекторов, которая в верхних подритмах распространяется далеко на запад, занимая практически всю территорию Долнокамчийского прогиба к северу от Самотинской структуры (рис. 3).

Кроме того, исследования показали, что качество коллекторов исследуемых песчаных пачек подритмов олигоцена определяется не столько условиями залегания и геологическим строением олигоцена в целом, сколько особенностями строения самого подритма, условиями его залегания и положением в разрезе олигоцена.

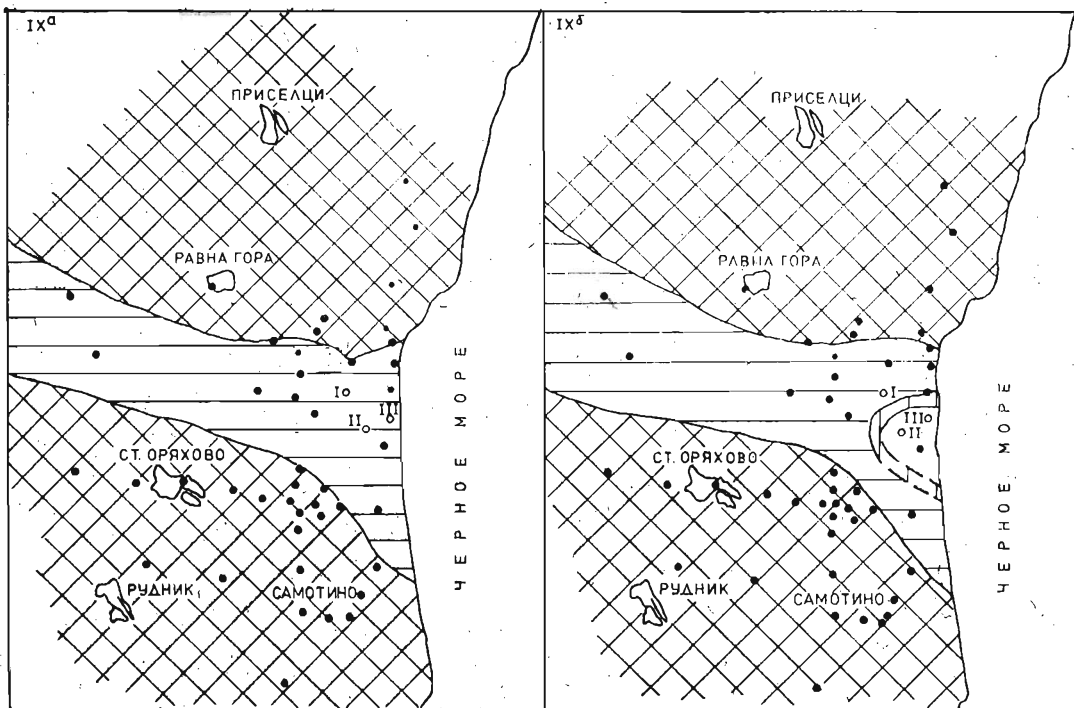


Рис. 1. Схема развития участков различной продуктивности IX „а“ и IX „б“ подритмов: 1 — скважины эталоны; 2 — скважины-пробы; 3 — точки-пробы; 4 — границы между типами коллекторов; 5 — зоны отсутствия отложений подрита; 6 — зона развития коллекторов I типа; 7 — зона развития коллекторов II типа; 8 — зона развития коллекторов III типа

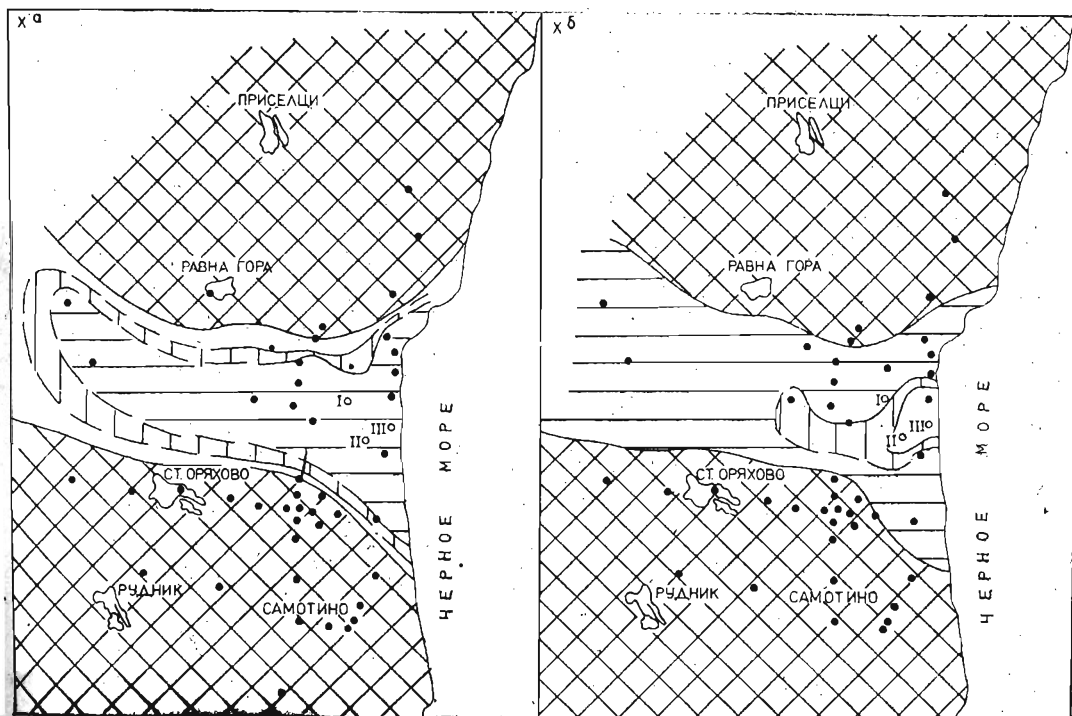


Рис. 2. Схема развития участков различной продуктивности X „а“ и X „б“ подритмов. Усл. обозначения как на рис. 1.

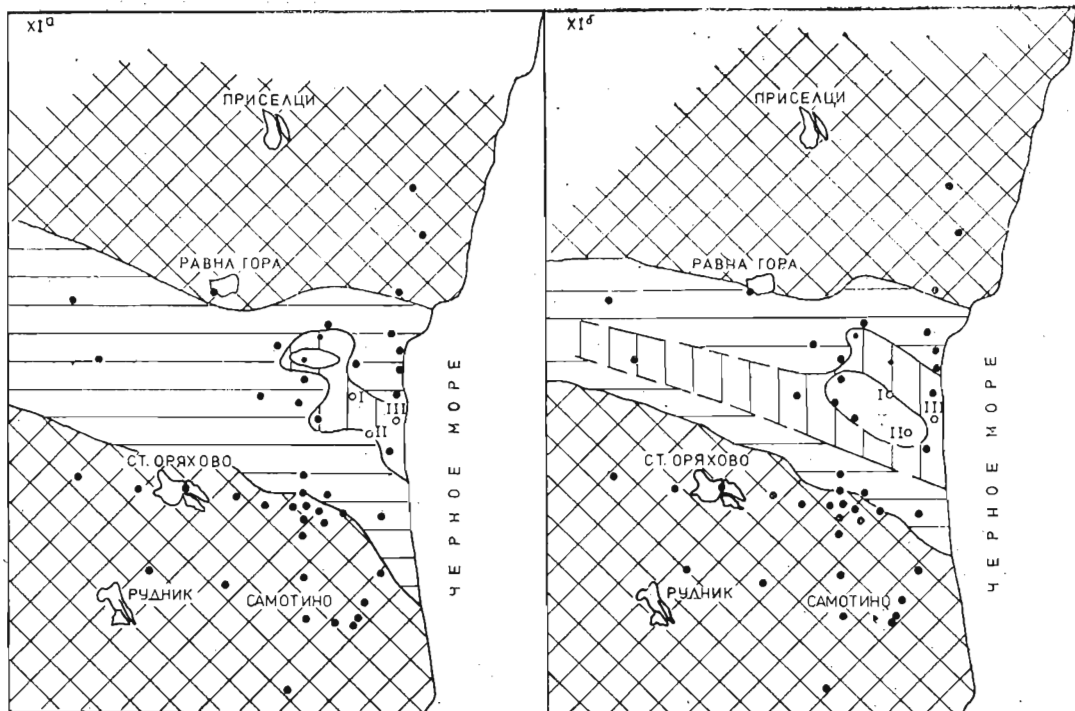


Рис. 3. Схема развития участков различной продуктивности XI „а“ и XI „б“ подритмов. Усл. обозначения как на рис. 1

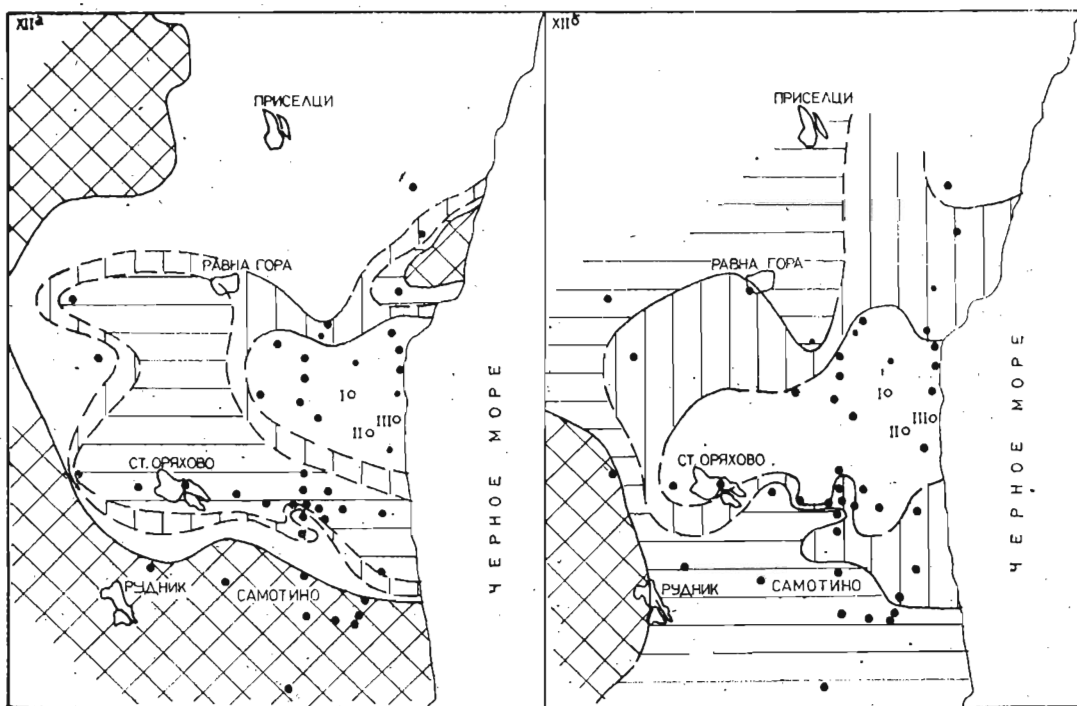


Рис. 4. Схема развития участков различной продуктивности XII „а“ и XII „б“ подритмов. Усл. обозначения как на рис. 1

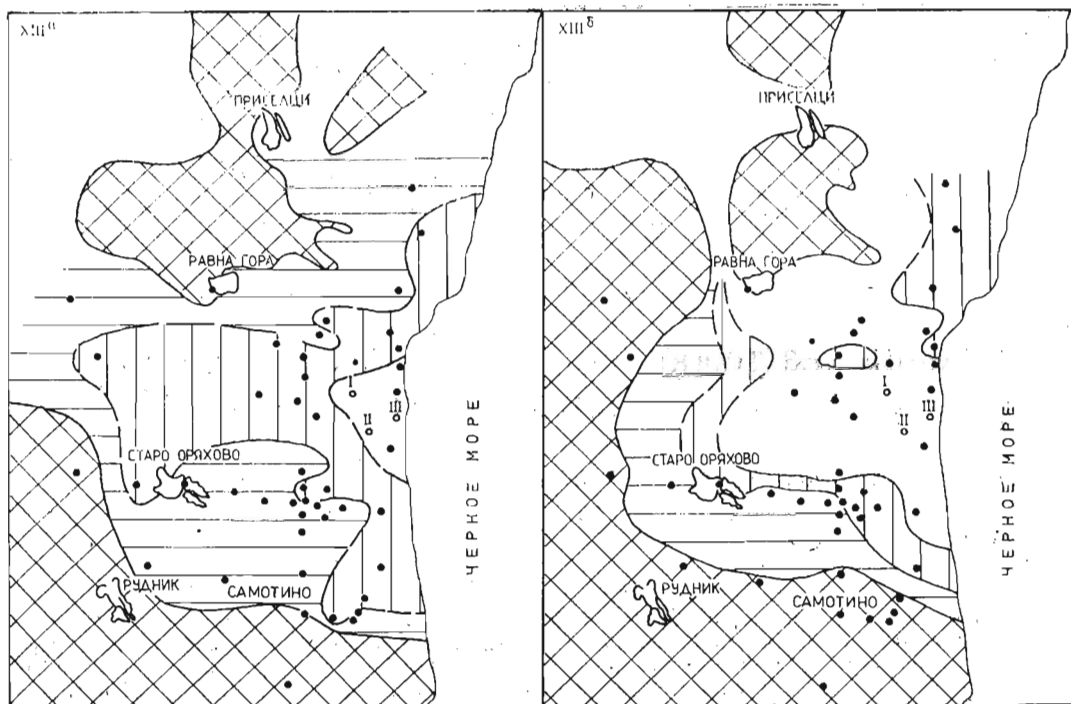


Рис. 5. Схема развития участков различной продуктивности XIII „а“ и XIII „б“ подритмов. Усл. обозначения как на рис. 1

Таким образом, основные перспективы обнаружения ловушек с высокопродуктивными коллекторами связываются с нижними песчано-алевритовыми пачками IX и X ритмов олигоцена.

## Заключение

Приведенные примеры использования логико-математических методов при решении различных прогнозных на нефть и газ задач, конечно, не охватывают всего многообразия форм и методов применения количественных оценок в геологических задачах.

Примеры практического использования этого метода свидетельствуют о его несомненной эффективности и возможности извлечения дополнительной информации из исходных данных и перенесении ее на территории, еще не охваченные бурением.

Важно еще отметить, что эта информация, как правило, носит количественный характер, что представляет особую ценность при качественных геологических исследованиях.

## Литература

- Афанасьев, С. А., В. О. Красавчиков. 1986. *Задачи прогноза и оптимизации при разведке месторождений нефти и газа*. Новосибирск, Наука. 133 с.
- Бабич, В. В., Г. С. Федосеев. 1976. Метод целевого классифицирования и упорядочения объектов „Каскад — I“. — В: *Логико-математическая обработка геологической информации*, Новосибирск, Наука, 42—70.
- Богацкая, Г. И., Э. Чупарова. 1986. Ритмичность осадконакопления и корреляция палеогеновых отложений Нижнекамчатского прогиба в связи с проблемой нефтегазоносности. — *Нефть и геология*, 24, 32—41.
- Федосеев, Г. С., В. В. Бабич. 1980. *Распознавание образов в задачах качественного прогноза рудных месторождений*. Новосибирск, Наука. 208 с.
- Павлова, Г. И. 1987. Научные основы поисков газовых залежей в олигоценных отложениях Долнокамчатского прогиба. — Докл., БАН, 40, 9, 75—78.

(Поступила 2. XII. 1988 г.)