

ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Ю.Г. Дмитриев, П.Ф. Тарасенко

Томский научный центр СО РАН
Томский государственный университет
E-mail: dmit@mail.tsu.ru

Рассматриваются возможности применения компьютерных технологий для обработки и интерпретации геологических данных нефтегазоносных территорий. Приводятся этапы анализа и расчеты на примере Первомайского нефтегазоносного района.

Ключевые слова:

Геологические прогнозирование, природная совокупность, растущая система, компьютерные технологии, обработка данных.

Введение

Характер и методология научно-практической геологической деятельности все в большей мере оказывается под влиянием новых достижений в разработке методов прогноза, поисков и разведки месторождений полезных ископаемых с применением современных компьютерных технологий. Теория и практика компьютерного прогноза месторождений полезных ископаемых достаточно полно изложена в [1]. В данной работе представлены демонстрационные результаты компьютерной обработки геологических данных с помощью автоматизированной системы принятия решений, основу которой составляет автоматизированная система «ОКТАВА», подробное описание системы приведено в [2]. К настоящему времени эта система усовершенствована за счет использования более эффективных знаковых процедур регрессионного анализа в геологическом прогнозировании месторождений полезных ископаемых, принадлежащих одной природной совокупности [3], и новых математических моделей растущих систем, описывающих такие природные совокупности [4].

Совокупность месторождений полезных ископаемых можно рассматривать как пространственно распределенную систему, обладающую свойствами растущей системы. Эти свойства проявляются благодаря последовательному накоплению «вещества» за последовательные промежутки времени при наличии приоритетности (по геологическим условиям) мест накопления. В процессе поисков и разведки полезных ископаемых информация об этой системе постепенно обогащается сведениями о местах расположения, количестве обнаруженных месторождений и залежей, их запасах по различным категориям ($A+B$, C_1 , C_2), а также о качественных характеристиках. Возникает необходимость в описании и изучении такой системы с целью эффективного проведения геологоразведочных работ, выявления мест скопления полезных ископаемых и их потенциальных ресурсов. Достижение этой цели осуществляется путем математического моделирования таких систем с последующим изучением и интерпретацией результатов с помощью вычислительной техники.

В данной работе на примере Первомайского нефтегазоносного района (НГР) проводится обработка и интерпретация имеющейся информации. В качестве исходных данных используются сведения о продуктивных горизонтах, расположении и геологических запасах нефти в месторождениях и залежах. Анализ осуществляется по следующим этапам: выделение плоскостей миграции углеводородов, анализ запасов в этих плоскостях, анализ глубин залегания залежей, совместная интерпретация этапов.

1. Выделение плоскостей миграции углеводородов

На территории Первомайского НГР (см. обзорную карту на рис. 1) имеется ряд структур, центры расположения которых и глубины залежей составляют исходные данные. По этим данным строились плоскости миграции (пластов-коллекторов) углеводородов. Началом координат x, y, z была выбрана структура № 106 (Катыльгинская).

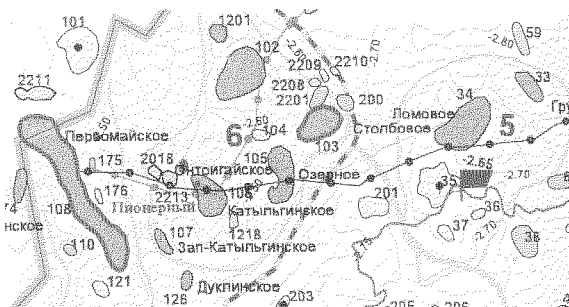


Рис. 1. Обзорная карта Первомайского НГР

Результаты анализа пространственного расположения залежей показали, что основной пластовый коллектор можно аппроксимировать двумя плоскостями. Первая плоскость проходит через структуры 33, 34, 102, 103, 1201 и содержит по одной залежи из них. Вторая плоскость пересекается (стыкуется) с первой на линии структур 102, 103, 1201, проходит через структуры 105, 107, 109 и содержит по одной залежи из них. Углы наклона плоскостей различны.

Более детальный анализ пространственного расположения пласта-коллектора для двух групп структур, расположенных в этих плоскостях, пока-

зал, что они образуют три плоскости. Первая плоскость сформирована залежами структур 102($Ю_1^1$), 103($Ю_1^1$), 105($Ю_1^1$), 107($Ю_1^1$), 109($Ю_1^0$) и описывается уравнением

$$5,9x+2,56y+4020,48z+10000=0.$$

Эта плоскость имеет подъем в направлении запад-юго-запад под углом наклона к плоскости горизонта $0,092^\circ$.

Вторая плоскость сформирована залежами структур 33($Ю_1^0$), 34($Ю_1^4$), 102($Ю_1^1$), 103($Ю_1^1$). Она имеет подъем в юго-западном направлении под углом наклона к плоскости горизонта $0,163^\circ$ и описывается уравнением

$$9,82x+6,144y+4064,534z+10000=0.$$

Третья плоскость сформирована залежами структур 33($Ю_1^0$), 34($Ю_1^2$), 103($Ю_1^2$), 1201($Ю_1^0$), имеет подъем в юго-западном направлении под углом наклона к плоскости горизонта $0,158^\circ$ и описывается уравнением

$$8,65x+6,99y+4025,68z+10000=0.$$

Анализ пространственного расположения залежей в структурах Первомайской НГР показал также особое положение структуры 102, которая из-за особенностей направления миграции нефти в пластах НГР, расположения его залежей на стыке нескольких плоскостей и удаленности от других структур, вытянутых примерно вдоль одной линии, может иметь дополнительный источник наполнения нефтью с северо-восточного направления.

2. Обработка величин запасов залежей

Анализ величин запасов первой плоскости проводился по данным о запасах залежей Озерное ($Ю_1^1$), Столбовое ($Ю_1^1$), Западно-Катыльгинское ($Ю_1^{1-0}$), Первомайское ($Ю_1^1$). Компьютерная обработка запасов этих залежей после перебора альтернативных вариантов прогнозов, их количественной оценки и отбора наиболее вероятных, привела к выводу, что согласно модели растущей системы в данной плоскости прогнозируется еще 3 месторождения, которые входят в ту же природную совокуп-

ность. Прогнозные геологические запасы в них оцениваются с помощью 90 % доверительных интервалов в объеме 2351...4194, 23924...37680 и 39912...64492 тыс. т.

Обработка величин запасов второй плоскости проводилась по данным о запасах залежей Ломовое ($Ю_1^4$), Грушевое ($Ю_1^0$), Оленье ($Ю_1^1$). Аналогичная обработка привела к выводу о наличии еще двух месторождений в этой природной совокупности. Прогнозные геологические запасы в них оцениваются с помощью 90 % доверительных интервалов в объеме 5456...5514 и 10127...10203 тыс. т.

В третьей плоскости миграции для обработки были представлены данные по запасам залежей С. Оленье ($Ю_1^0$), Ломовое ($Ю_1^2$), Столбовое ($Ю_1^2$). Все критерии качества прогнозов указывают на то, что данная природная совокупность является полной.

В качестве иллюстрации приведем использованные при анализе диаграммы, построенные в системе «ОКТАВА» для прогнозных альтернатив второй плоскости миграции.

3. Обработка глубин залежей

Аналізу подвергались данные отметок водо-нефтяного контакта (ВНК) для 5 залежей первой плоскости миграции Первомайского НГР, табл. 1.

Таблица 1. Исходные данные по глубинам залегания залежей первой плоскости миграции Первомайского НГР

№	Залежи	Отметки ВНК, м
		z
1	Первомайское $Ю_1^0$	-2451
2	З. Катыльгинское $Ю_1^{1-0}$	-2470
3	Озерное $Ю_1^1$	-2508
4	Оленье $Ю_1^1$	-2509
5	Столбовое $Ю_1^1$	-2530

По этим данным восстанавливалась регрессия между значениями отметок ВНК. Результаты вычисления критериев представлены на следующих диаграммах, рис. 2.

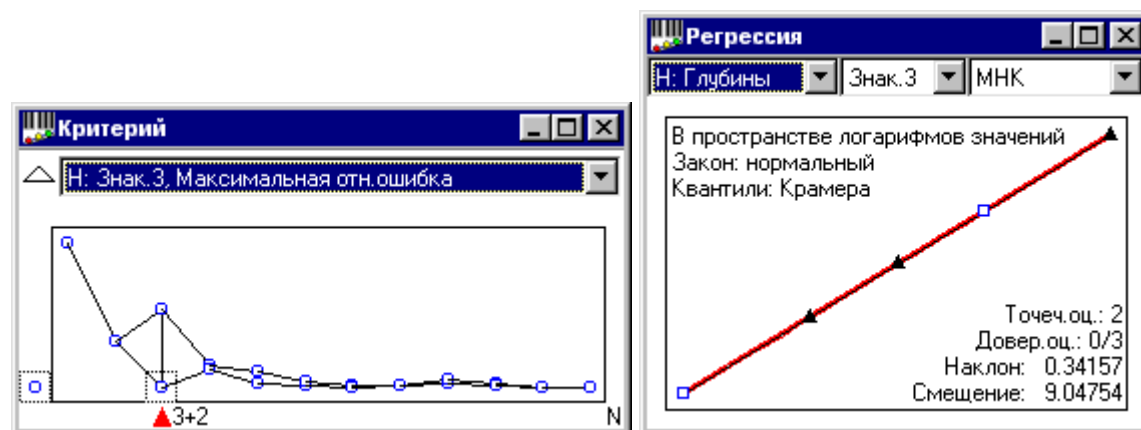


Рис. 2. Диаграмма изменчивости критериев и диаграмма регрессии при обработке запасов второй плоскости миграции Первомайского НГР

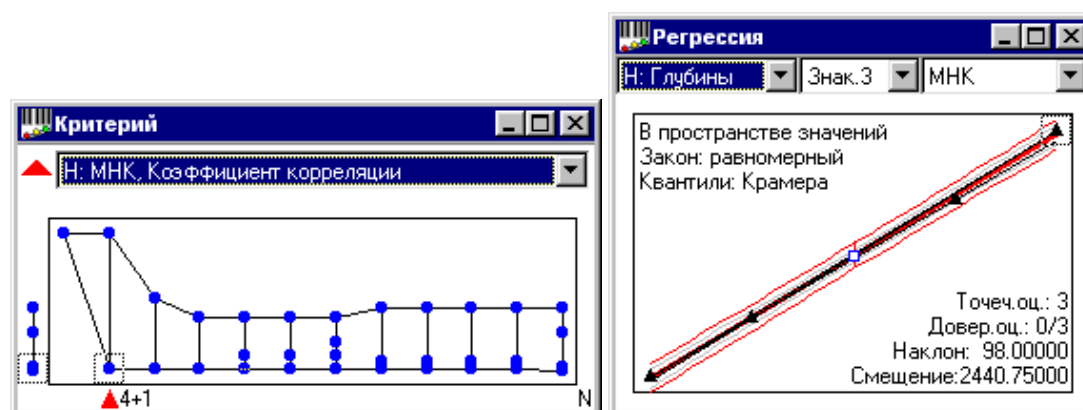


Рис. 3. Диаграмма изменчивости критериев и диаграмма регрессии при обработке отметок ВНК первой плоскости миграции Первомайского НГР

Практически все критерии качества прогнозов указывают на существование еще одной глубины, в которой следует ожидать наличие залежи для данной природной совокупности на глубине 2486...2494 м с уровнем доверия 90 %.

Для второй плоскости миграции были представлены следующие отметки ВНК залежей, табл. 2.

Здесь также прогнозируется еще одна глубина возможного залегания 2547...2584 м, рис. 3.

Исходные данные для обработки глубин третьей плоскости представлены в табл. 3. Результатом прогноза является единственная глубина залегания в ин-

тервале от 2554 до 2594 м. Диаграммы на рис. 4, 5 иллюстрируют основания для принятия такого решения.

Таблица 2. Исходные данные по глубинам залегания залежей второй плоскости миграции Первомайского НГР

№	Залежи	Отметки ВНК, м
		z
1	Озерное Ю ₁ ¹	-2508
2	Оленье Ю ₁ ¹	-2509
3	Столбовое Ю ₁ ¹	-2530
4	Ломовое Ю ₁ ⁴	-2593
5	Грушевое Ю ₁ ⁰	-2630

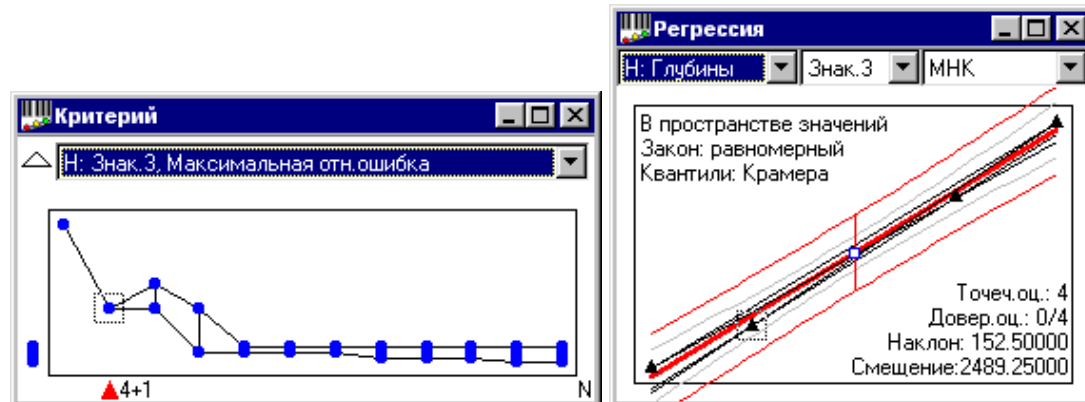


Рис. 4. Диаграммы изменчивости критериев при обработке отметок ВНК залежей второй плоскости миграции Первомайского НГР

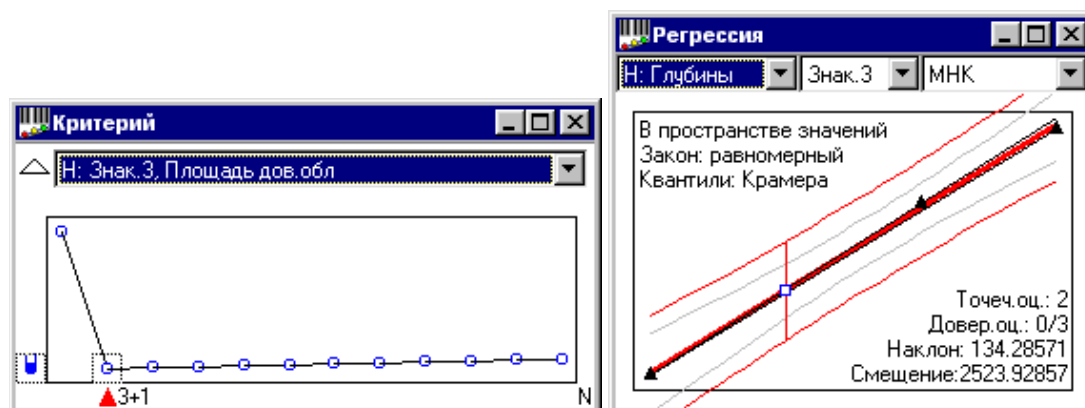


Рис. 5. Диаграммы изменчивости критериев при обработке отметок ВНК залежей третьей плоскости миграции Первомайского НГР

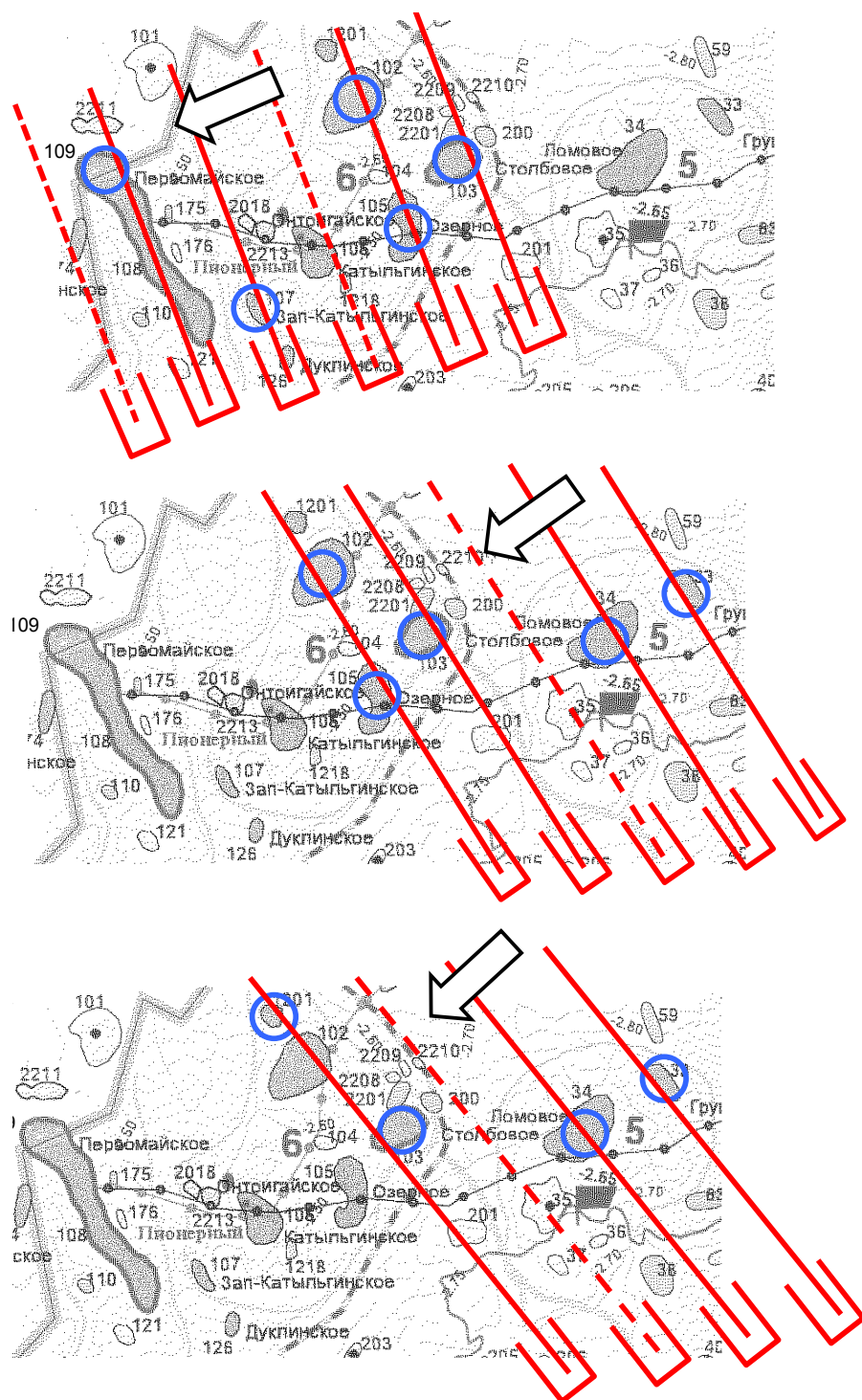


Рис. 6. Итоговая интерпретация прогнозов для Первомайский НГР, I, II и III плоскостей миграции соответственно

Таблица 3. Исходные данные по глубинам залегания залежей третьей плоскости миграции Первомайского НГР

№	Залежи	Отметки ВНК, м
		z
1	С. Олень Ю ₁ ⁰	-2540
2	Столбовое Ю ₁ ²	-2548
3	Ломовое Ю ₁ ²	-2610
4	Грушевое Ю ₁ ⁰	-2640

4. Совместная интерпретация трех этапов прогнозирования

Обобщая итоги анализа трех этапов (выделение плоскостей миграции, обработка величин запасов и глубин залежей) и учитывая полученные зависимости, можно построить общую картину, в которой прогнозные запасы привязываются к прогнозным глубинам залегания залежей с учетом существую-

ших на данной территории структур. На рис. 6 приводится итоговая картина для каждой из плоскостей миграции. Сплошные линии показывают линии равных глубин плоскости миграции, которые соответствуют разведанным залежам этой плоскости (отмечены с помощью окружностей). Пунктирными линиями указаны линии прогнозных глубин. П-образными фигурами показаны проекции на плоскость миграции границ доверительных интервалов для глубин залегающих залежей. Стрелки указывают направление миграции углеводородов.

5. Гипотеза о геологическом запасе Первомайского месторождения

Разработанные компьютерные технологии позволяют проверять некоторые предположения, которые появляются при рассмотрении конкретных геологических данных. Например, рассмотрим гипотезу о том, что Первомайское ($Ю_1^0$) месторождение состоит не из одной, а из двух или более залежей, расположенных в разных структурах (рис. 1). Для проверки этой гипотезы из набора данных по величинам запасов первой плоскости исключим запас Первомайского $Ю_1^0$. Таким образом, в совокупности останется 3 залежи в качестве исходных данных. После этого с помощью компьютерной обработки среди множеств прогнозных альтернатив выделим те, у которых сумма двух или трех величин прогнозных запасов составляет (с учетом доверительных интервалов) запас Первомайского месторождения.

Отбор вариантов проводился по пяти критериям, и из отобранных 25 альтернатив указанным требованиям удовлетворяли всего две, из которых предпочтение было отдано варианту с тремя прогнозными залежами (рис. 6, 7).

Полученный результат можно интерпретировать следующим образом. Имеющиеся данные по величинам запасов залежей первой плоскости не противоречат гипотезе о том, что Первомайское месторождение является совокупностью нескольких залежей. При справедливости этой гипотезы

следует признать, что число этих залежей равно трем, а в природной совокупности по запасам залежей первой плоскости больше нет дополнительных прогнозных запасов.

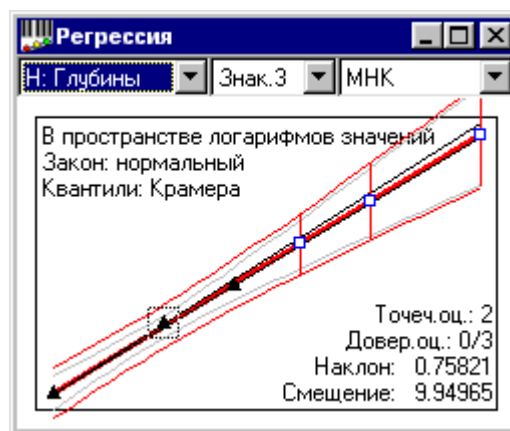


Рис. 7. Диаграмма регрессии для прогнозной альтернативы при обработке запасов первой плоскости миграции

Заключение

Предложены компьютерные технологии интерпретации геологических данных при решении задач геологического прогнозирования. Разработанные алгоритмы анализа данных реализованы в виде программного комплекса, встроенного в автоматизированную систему поддержки принятия решений «ОКТАВА». Для наглядного представления информации в системе используется комплекс взаимосвязанных диаграмм и таблиц. Результаты анализа представляются в виде наилучших прогнозных альтернатив, отобранных по заданным критериям с использованием метода Парето. Для оценки точности прогнозных значений на диаграммах регрессии выводятся доверительные интервалы. Имеющийся интерфейс пользователя дает возможность быстро проверять и просматривать различные варианты прогнозов и выходить на самые правдоподобные варианты решений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Компьютерный прогноз месторождений полезных ископаемых / Под ред. Б.А. Чумаченко. — М.: Недра, 1990. — 285 с.
2. Дмитриев Ю.Г., Тарасенко П.Ф. Автоматизированная система «Октава» для геологического прогнозирования // Вычислительные технологии. — 2003. — Т. 8. — Спец. вып. — С. 74–91.
3. Тарасенко П.Ф. Знаковые процедуры анализа растущих систем // Вычислительные технологии. — 2007. — Т. 12. — Спец. вып. 1. — С. 76–85.
4. Дмитриев Ю.Г., Устинов Ю.К. Математические модели растущих систем // Вычислительные технологии. — 2007. — Т. 12. — Спец. вып. 1. — С. 68–75.

Поступила 27.10.2008 г.