

М. Н. Вайнцвайг, Ш. А. Губерман, И. М. Чуринова

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АПРИОРНОЙ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ В ЗАДАЧАХ РАСПОЗНАВАНИЯ НЕФТЕНОСНЫХ ПЛАСТОВ

Работами последних лет было показано, что обучающиеся программы распознавания могут быть с успехом использованы при решении разнообразных задач геологии и геофизики [1].

В задачах технической диагностики часто встречается ситуация, когда нет достаточного количества объектов для составления обучающей последовательности, т. е. объектов, достоверно принадлежащих тому или иному классу. Геологические задачи в этом смысле не являются исключением. Например, на новом нефтяном месторождении пробурено некоторое количество скважин. При этом опробованных нефтеносных и водоносных пластов либо совсем нет, либо их мало. Однако на данном этапе разведки месторождения было бы крайне важно решить задачу разделения пластов на нефтеносные и водоносные. В этом случае нет достоверного материала для обучения, в то же время число пластов, подлежащих распознаванию, может быть весьма велико. Аналогичная ситуация имеет место и в тех случаях, когда на эксплуатируемом месторождении хотят оценить продуктивность вышележащих отложений. Обычно эксплуатацию месторождения начинают с нижележащих горизонтов. При этом в разрезе каждой скважины выше эксплуатируемого горизонта имеется большое число пластов, охарактеризованных полным комплексом промыслово-геофизических данных, однако характер насыщения ни одного из них не известен.

Формализация геологических задач часто приводит к тому, что с помощью программ распознавания решается не совсем та задача, с которой в подобной ситуации имеет дело геолог или геофизик. Так, распознавание нефтеносных и водоносных пластов всегда основывалось только на промыслово-геофизических данных и проводилось для каждого объекта в отдельности. Но геологи и геофизики, определяя, нефтеносны ли исследуемые отложения, пользуются не только промыслово-геофизическими данными. Они располагают и определенной геологической информацией о залежи, которая им частично известна априори, частично же получена в результате опробования скважин. Пользуясь этими данными, геологи и геофизики значительно сужают круг возможных решений, оставляя лишь те, которые удовлетворяют их представлениям о расположении нефтеносных и водоносных пластов на месторождении. Задача, которую фактически решают геологи, состоит чаще всего в определении положения водонефтяного контакта на месторождении, а не характера насыщения каждого отдельного пласта. Зная отметку водонефтяного контакта и границы залежи, геолог определяет характер насыщения пластов в зависимости от их положения относительно водонефтяного контакта.

Задача обучения машины распознаванию нефтеносных и водоносных пластов в обычной постановке более сложна — требуется получить разделяющее правило для определения характера насыщения каждого отдельного пласта коллектора, выделенного по промыслово-геофизическим данным в разрезе скважины, вне зависимости от результатов интерпретации, полученных по другим пластам. При этом геологическая информация о залежи не учитывается, хотя таковая уже получена в результате опробования скважин.

Это приводит к мысли об использовании при распознавании априорной геологической информации о совокупности объектов. Возможно, что в задачах, где нет достоверного материала для обучения, отсутствие данных об опробованных пластах можно будет восполнить за счет априорной геологической информации.

К такой информации на нефтяных месторождениях массивного типа относится факт упорядоченного расположения нефтеносных и водоносных пластов в разрезе каждой скважины: между двумя пластами, насыщенными нефтью, лежит также нефтяной пласт; между двумя водоносными — водоносный пласт. Кроме того, известно, что нефтеносные пласты обычно лежат выше водоносных. Лишь в одной точке разреза могут соседствовать нефтеносный и водоносный пласты — в зоне водонефтяного контакта.

Если известно, что залежь в исследуемых отложениях имеет массивный характер, можно предложить алгоритм, основанный на предположении, что в разрезе скважины нефтеносные пласты залегают выше водоносных, нигде не чередуясь с ними.

Алгоритм заключается в следующем. Самый верхний пласт из каждой скважины объявляется нефтеносным, самый нижний — водоносным. Все пласты, объявленные нефтеносными или водоносными, составляют материал обучения. Конечно, в материале, выбранном таким образом, могут быть ошибки (например, если скважина целиком водоносна, то самый верхний водоносный пласт войдет в обучение как нефтеносный). Однако предполагается, что таких ошибок будет не слишком много.

После обучения на этом материале проводится распознавание всех пластов и анализ их расположения в скважинах с точки зрения упорядоченности. Может оказаться, что в некоторых скважинах нефтеносные и водоносные (по заключению программы) пласты не чередуются, т. е. расположены упорядоченно. В других скважинах могут иметься нефтеносные пласты, залегающие ниже водоносных. В этом случае пласты в каждой скважине делятся на три группы: *A*, *B* и *C*. В группу *A* входят нефтеносные пласты, между которыми нет ни одного водоносного пласта (они располагаются в верхней части разреза). В группу *B* входят все водоносные пласты, между которыми нет ни одного нефтеносного (эта группа пластов располагается в нижней части разреза). Все оставшиеся пласты образуют группу *C*, которая располагается в средней части разреза скважины.



После такого анализа упорядоченности расположения пластов проводится следующий этап обучения. Ясно, что в обучающую последовательность на каждом этапе обучения не должны входить одни и те же пласты. Иначе программа не сможет изменить решающее правило и избавиться от ошибок, возникших на самом первом этапе. Поэтому на втором этапе в обучение отбираются пласты из половины имеющихся скважин. Из этих скважин в обучающую последовательность включаются в качестве нефтеносных все пласты группы *A*, т. е. все упорядоченно расположенные нефтеносные пласты. Все пласты группы *B* включаются в материал для обучения как водоносные. Пласты группы *C* в обучении не участвуют.

На выбранном таким образом материале проводят обучение и распознают все пласты из другой половины скважин.

Результаты экзамена позволяют снова выделить в каждой скважине три группы пластов. Пласты групп *A* и *B* образуют материал для следующего этапа обучения. При этом обучающая последовательность составляется из пластов тех скважин, данные о которых не использовались на предыдущем этапе обучения, т. е. из пластов другой половины скважин.

Процесс продолжают аналогичным образом, чередуя обучение по каждой половине скважин до тех пор, пока все пласты не окажутся упорядоченными (не останется пластов группы *C*), или число неупорядоченных пластов не перестанет уменьшаться.

Описанный алгоритм, реализованный на основе программы «Кора-3» [2], опробовался на нескольких месторождениях массивного типа. При достижении программой наилучшей упорядоченности на Ромашкинском месторождении было обнаружено 4 ошибки при определении нефтеносности в 94 пластах (эффективность узнавания 96%), на Красноярской площади — 14 ошибок в 102 пластах (87%), на Осинской площади 15 ошибок в 187 пластах (92%), на Батырбайском месторождении — 25 ошибок и 10 отказов в 137 пластах (75%).

Эффективность алгоритма существенно зависит от числа пластов в разрезе каждой скважины: чем оно больше, тем больше вероятность того, что ошибочное разделение пластов на нефтеносные и водоносные будет обнаружено программой по нарушению упорядоченного расположения пластов в скважинах. Результат решения также зависит и от того, насколько хорошо решалась бы задача распознавания при наличии достоверного материала для обучения. (В этом случае на вышеперечисленных месторождениях эффективность решения составляла соответственно 99%, 95%, 93% и 70%.)

Очевидно, что, имея некоторое количество опробованных пластов, недостаточное само по себе для проведения обучения, следует использовать эту информацию с тем, чтобы с большей эффективностью решить задачу разделения нефтеносных и водоносных пластов при помощи данного алгоритма. В этом случае решающее правило, которое находит программа, должно не только упорядо-

ченно расположить нефтеносные и водоносные пласты, но и правильно характеризовать опробованные пласты с точки зрения водо- или нефтеносности.

Если по геологическим данным залежь в исследуемых отложениях имеет массивный характер, данный алгоритм, вероятно, сможет разделить пласты-коллекторы в разрезе скважин на нефтеносные и водоносные, хотя первоначально и не будет известно ни одного примера нефтеносного или водоносного пласта. В качестве критерия правильности решения задачи можно использовать выданные программой абсолютные отметки водонефтяного контакта в различных скважинах. Если найденное решение делит пласты по их нефтеносности, то эти отметки должны тяготеть к некоторой горизонтальной плоскости. Если пласты оказались разделенными на два класса не по нефтеносности, а, например, по литологическому признаку (в случае, когда верхняя и нижняя части разреза сложены разными породами), то контакт будет следовать за формой структуры.

Если геологические предпосылки, положенные в основу алгоритма, на данном множестве пластов оказываются несправедливыми (например, в решении задачи участвуют пласты не одного, а двух продуктивных горизонтов с двумя водонефтяными контактами), алгоритм не приводит к ошибочному решению. В такой ситуации программа оказывается не в состоянии отыскать разделяющее правило, обеспечивающее достаточно малое количество неупорядоченно расположенных пластов, что означает отказ от решения задачи. Если же решение найдено, это служит доказательством того, что предположения о единой залежи или о горизонтальности водонефтяного контакта, которые мы априори считали справедливыми, действительно оправдываются на данном месторождении.

### Л и т е р а т у р а

1. Комплексная интерпретация геологических и геофизических данных на вычислительных машинах.— Труды МИНХиГП, вып. 62, под ред. Ш. А. Губермана. М., «Недра», 1966.
2. М. М. Бонгард, М. Н. Вайнцвайг, Ш. А. Губерман, М. Л. Извекова, М. С. Смирнов. Использование обучающейся программы распознавания для выделения нефтеносных пластов.— Геология и геофизика, 1966, № 6.