

УДК 004.896, 622.24

# Прогнозирование осложнений при бурении нефтегазовых скважин с использованием нейронных сетей

© А. Р. Кабирова<sup>1</sup>

**Аннотация.** Рассматривается задача прогнозирования осложнений при бурении новых скважин на основе минимума информации по ранее пробуренным скважинам данного месторождения на примере наиболее распространенного вида осложнений - поглощений бурового раствора. Разработан программный комплекс, позволяющий на основе базы данных по поглощениям буровых растворов с использованием искусственного перцептрона и технологии параллельного программирования рассчитывать вероятность интенсивности поглощения для скважины по известным её координатам.

**Ключевые слова:** Искусственная нейронная сеть, осложнения при бурении, прогнозирование.

## 1. Введение

В процессе бурения возникают различные осложнения, связанные с поглощениями промывочных жидкостей и цементных растворов, проявлениями пластовых флюидов и нарушением целостности стенок скважины [1]. Во многих случаях предупредить возникновение осложнения легче, чем его ликвидировать. Нередко одно осложнение, возникшее в скважине и не устранённое в достаточно короткий срок, усугубляется другими видами, а иногда является причиной появления новых осложнений или даже аварий. Поэтому предупреждению и быстрой ликвидации возникших осложнений следует уделять большое внимание.

Основным видом осложнений при бурении скважин на месторождениях РБ являются поглощения буровых и тампонажных растворов. Они составляют порядка 80% всех возникающих осложнений [2]. Для эффективного прогнозирования и своевременного предупреждения поглощений буровых растворов необходимо проводить всесторонний анализ ранее пробуренных скважин, учитывая оба класса причин возникновения поглощений. При бурении скважин не всегда есть возможность оперативно получать данные о технологических параметрах, а на этапе создания проекта на строительство - они неизвестны. Поэтому первостепенной задачей становится анализ геологических факторов и на его основе построение прогноза на основе минимума информации по ранее пробуренным скважинам. В настоящее время в нефтегазовой отрасли разрабатываются технологии борьбы с последствиями от осложнений, но не предупреждения последних, хотя предупреждение экономически выгоднее ликвидации.

Целью данной работы является математическое моделирование и прогноз поглощений при бурении с использованием искусственной нейросети. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи: разработать базу данных по поглощениям; построить карты интенсивности поглощений; разработать и реализовать эффективный алгоритм построения прогноза поглощений. В дальнейшем планируется применить данную методику для прогнозирования остальных видов осложнений.

<sup>1</sup> Аспирант лаборатории математической химии, Институт нефтехимии и катализа РАН, г. Уфа; arish-07@mail.ru.

## 2. Используемые методы решения

Одним из наиболее современных и перспективных инструментов компьютерной обработки прикладных задач являются искусственные нейронные сети. Хорошо обученная сеть обладает способностью моделировать функцию, связывающую значения входных и выходных переменных, на основе чего появляется возможность прогнозирования ситуации с неизвестными выходными значениями. В соответствии с вышесказанным, целесообразным является использование искусственных нейросетей для прогнозирования осложнений при бурении скважин.

Для оценки пространственного расположения скважин (основного геологического фактора) и отслеживания тенденций распространения поглощений разработано программное построение карт интенсивностей поглощений. В качестве исходных данных при построении карты выступают следующие данные, объединенные в файловую базу данных: 1) название скважины; 2) месторождение, к которому относится скважина; 3) условные координаты устья и забоя скважины; 4) сведения о наличии и интенсивности поглощений; 5) глубина залегания и стратиграфическое подразделение, к которому относится поглощающий пласт. На основе базы данных производится построение карты интенсивностей для каждого объекта поглощения на данном месторождении, которая представляет собой совокупность маркеров, нанесенных на плоскость согласно условным координатам скважин и соответствующих максимальной интенсивности поглощения в данной скважине. При этом все скважины делятся на 4 класса: без поглощений, с поглощениями небольшой интенсивности - до  $40 \text{ м}^3/\text{час}$ , с поглощениями средней интенсивности - от 40 до  $80 \text{ м}^3/\text{час}$ , с катастрофическими поглощениями - более  $80 \text{ м}^3/\text{час}$ .

Задача прогнозирования осложнений для каждого объекта сводится к решению задачи идентификации системы с несколькими входами и выходами на основе множества маркированных примеров  $T^j = \{(x_i^j, d_{ik}^j)\}$ ,  $i = 1, \dots, N$ ,  $j = 1, \dots, M$ ,  $k = 1, \dots, 4$ , где  $j$  - номер объекта,  $x_i^j = (x_{i1}^j, x_{i2}^j)$  - координаты  $i$ -ой скважины в этом объекте,  $k$  - количество классов интенсивности,  $d_{ik}^j$  - доля вероятности возникновения поглощения для класса  $k$ . Поэтому для решения этой задачи реализовано обучение с учителем, где  $x_i^j$  играет роль входного вектора, а  $d_{ik}^j$  - желаемого отклика.

В качестве архитектуры нейронной сети был выбран трехслойный персептрон (рис. 1), обучаемый методом обратного распространения ошибки - часто применяемый для решения задач прогнозирования. Одно из главных преимуществ многослойного персептрона, это возможность решать алгоритмически неразрешимые задачи, но для которых возможно составить репрезентативный набор примеров с известными решениями [3]. При обучении нейросеть, за счёт своего внутреннего строения, выявляет закономерности в связи входных и выходных образов, тем самым как бы «обобщает» полученный на обучающей выборке опыт.

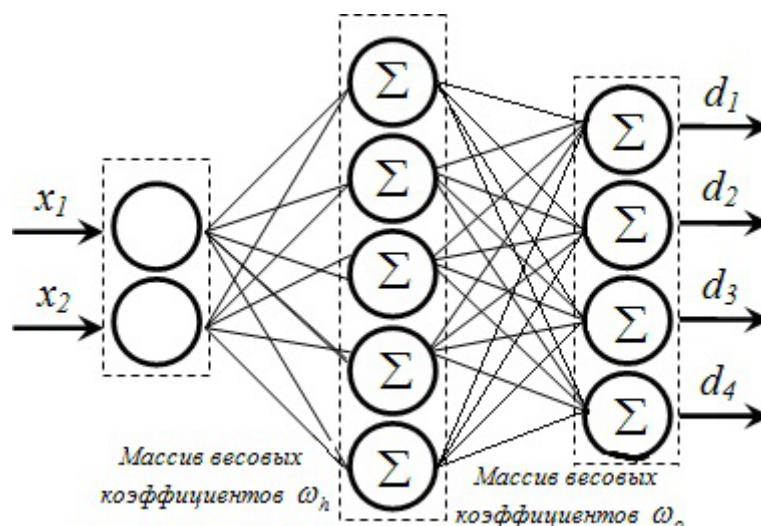


Рис.1 - Модель трехслойного персептрона

В рассматриваемой модели каждый нейрон характеризуется весом или силой синаптической связи ( $\omega_k$  для нейронов скрытого слоя,  $\omega_o$  - выходного слоя) и функцией активации, определяющей выходной сигнал, который поступит на синапсы нейронов следующего слоя:

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}} \quad (2.1)$$

Выходной сигнал рассчитывается по формуле:

$$y = f(net) = f\left(\sum_{i=1}^N \omega_i x_i\right) \quad (2.2)$$

На основе данной процедуры производится отнесение каждой точки карты к одному из введенных классов (исходя из максимальной доли вероятности возникновения поглощения), т.н. «кластеризация» карты интенсивностей поглощений. В результате чего при вводе координат новой скважины автоматически определяется прогнозируемый класс интенсивности в данном объекте. Т.о., на основе проектирования карты интенсивностей поглощений в пробуренных скважинах на месторождениях РБ с использованием искусственной нейронной сети производится отслеживание тенденции распространения поглощений каждого класса интенсивности в зависимости от геологических факторов, на основе чего составляется вероятностный прогноз возникновения поглощений при бурении новых скважин.

### 3. Распараллеливание вычислительного процесса.

Большие объемы входных данных и итеративная природа алгоритма обучения нейронной сети порождают необходимость использования высокопроизводительных вычислительных систем для получения прогноза достаточной точности за разумное время. Для распараллеливания вычислительного процесса при решении задачи прогнозирования предложена трехуровневая модель распараллеливания (рис. 2): по месторождениям; по горизонтам; по

классам интенсивности. Данная модель включает основные принципы методологии распараллеливания [4]: использование внутреннего параллелизма задачи, распараллеливание по экспериментальной базе и декомпозиция метода решения задачи. Распараллеливание вычислительного процесса осуществляется с использованием интерфейса MPI.

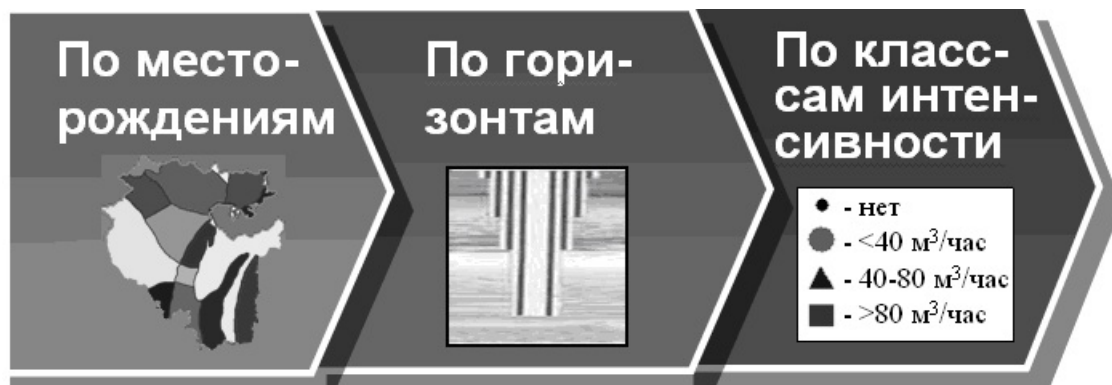


Рис.2 - Модель распараллеливания вычислительного процесса

Внутренний параллелизм задачи состоит в том, что, хотя разные типы осложнений и могут быть обусловлены одними и теми же причинами, но имеют разную физическую природу и приводят к разным последствиям, в связи с чем их можно рассматривать независимо друг от друга. В данной работе реализовано построение прогноза для поглощений буровых растворов, а в дальнейшем планируется разработать также алгоритмы прогнозирования остальных типов осложнений - флюидопроявлений, осыпей и обвалов, прихватов и провалов бурового инструмента.

Распараллеливание по экспериментальной базе состоит из двух уровней: распараллеливание по месторождениям и по горизонтам месторождения. Поскольку геологические факторы возникновения поглощений для каждого горизонта месторождения специфичны, то становится возможным при прогнозировании для одной скважины проведение расчетов для всех горизонтов независимо друг от друга.

Декомпозиция метода решения задачи прогнозирования основана на том, что кластеризацию карты интенсивности поглощений с использованием нейронной сети по каждому классу интенсивности можно проводить независимо. Время работы каждого процесса при этом значительно превосходит время межпроцессорного взаимодействия, что обуславливает эффективность работы параллельной программы.

#### 4. Заключение

Опираясь на полученный в результате работы программного комплекса прогноз, производится выдача рекомендаций по типу и свойствам бурового раствора и параметрам технологических операций при бурении новой скважины месторождения. Важной характеристикой чертой при этом является то, что единственная информация по новой скважине, необходимая для построения прогноза - это ее проектные координаты. Тестирование разработанного программного комплекса на уже пробуренных скважинах месторождений РБ показало совпадение прогноза с фактическими значениями более чем на 80%, что говорит о его адекватности.

В настоящее время программный комплекс активно используется при разработке проектов на строительство новых скважин на месторождениях РБ. Полученные рекомендации позволяют сократить время на ликвидацию осложнений и осуществлять более качественное вскрытие продуктивных горизонтов, что, в свою очередь, приводит к повышению технико-экономических показателей бурения. Погрешность прогноза (менее 20%) обусловлена влиянием на возникновение осложнений таких «шумов» как различия в технологических параметрах буровых растворов, скоростях спуско-подъемных операций и т.п., и компенсируется оперативностью получения прогноза (минимумом требуемых данных). В дальнейшем, планируется создать единый программный комплекс прогнозирования для всех видов осложнений на основе разрабатываемой методики по прогнозированию поглощений бурового раствора.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вадецкий Ю. В., *Бурение нефтяных и газовых скважин*, Издательский центр «Академия», М., 2007, 352 с.
2. Ясов В. Г., Мыслюк М. А. 2., *Осложнения в бурении. Справочное пособие*, «Недра», М., 1991, 334 с.
3. З. Уоссермен Ф., *Нейрокомпьютерная техника: Теория и практика*, «Мир», М., 1992.
4. Линд Ю. Б., Губайдуллин И. М., Мулюков Р. А. 3., «Методология параллельных вычислений для решения задач химической кинетики и буровой технологии», *Системы управления и информационные технологии*, 2009, № 2(36), 44–50.

## Prediction of troubles during oil and gas wells construction on the base of neural networks.

© A. R. Kabirova<sup>2</sup>

**Abstract.** A problem of prediction for troubles during new wells construction on the base of a minimum information on previously drilled wells of this oilfield is considered. The solution of this problem is considered by the example of drilling fluid and grouting mortars loss which is the main type of troubles. A program system of drilling mud loss prediction has been developed. It allows to calculate the probability of loss intensity for a well known by its coordinates on the base of database for drilling fluid loss with the usage of artificial perceptron and paralleling programming.

**Key Words:** Artificial neural network, troubles during wells construction, prediction.

---

<sup>2</sup> Postgraduate laboratory of mathematical chemistry, Institute of petrochemistry and catalysis of RAS, Ufa; arish-07@mail.ru.