

Х.Б. Агаев

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ МОДЕЛИ СКОРОСТЕЙ  
РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПОПЕРЕЧНЫХ ВОЛН  
ПО ДАННЫМ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ СКВАЖИН  
И СЕЙСМОРАЗВЕДКИ С ПРИМЕНЕНИЕМ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Приводятся особенности прогнозирования тонкослоистой двумерной модели среды по скоростям распространения поперечных волн. Разработан метод прогнозирования дву- и трехмерных моделей скоростей на основе данных ГИС на продольных и поперечных волнах и сейсморазведки 2D/3D на продольных волнах. Метод базируется на создании моделей физических свойств среды, проведении кластерного анализа и прогнозировании скоростей с использованием нейронных сетей. "Обучение" нейронных сетей по данным ГИС позволяет прогнозировать по результатам сейсмической инверсии модель скоростей распространения поперечных волн. Метод опробован по геофизическим данным одной из структур в Южно-Каспийской впадине. По данным кластерного анализа выявлен сложный характер между петрофизическими свойствами среды. В результате прогнозирования получен разрез по скоростям, более дифференцированным по глубине и профилю, чем по эмпирическим зависимостям.

**Ключевые слова:** нейронная сеть, кластер, прогнозирование, скорость распространения поперечной волны, сейсмическая инверсия, временной разрез, упругие параметры, одномерные, двумерные модели среды.

**Введение.** При геофизических исследованиях скважин (ГИС), сейсморазведке 2D/3D и в других видах геофизических работ применение современного полевого оборудования, систем наблюдений, мощных компьютеров, геофизического программного обеспечения, методик обработки и интерпретации данных позволяет с высокой достоверностью определять комплекс физико-механических свойств геологического разреза. Для успешного решения сложных геологических задач, таких как определение трещиноватости, нефтегазонасыщенности, аномально высоких пластовых давлений и др., наряду с другими геофизическими данными требуются данные о скоростях распространения поперечных волн по ГИС и 2D/3D. Известно, что совместное использование продольных ( $P$ ) и поперечных ( $S$ ) волн по данным многокомпонентных (2–4) наземных или донных морских сейсмических наблюдений 2D/3D позволяет точнее прогнозировать физико-механические свойства геологического разреза, чем использование только одного типа волн. Вследствие дороговизны и трудоемкости многокомпонентные наблюдения проводятся крайне редко. В Азербайджанском секторе Каспийского моря на месторождении Азери-Чыраг-Гюнешли выполнены четырехкомпонентные донные морские сейсмические работы 3D/4-С [10]. Как правило, сейсморазведочные работы 2D/3D проводятся с использованием продольных волн. Одним из путей определения дву- или трехмерной модели среды по скоростям распространения поперечных волн яв-

ляется экстраполяция одномерной модели среды по скоростям  $S$ -волны, полученным по данным ГИС, вдоль сейсмических профилей 2D/3D. При этом надо учитывать изменения кинематических и динамических параметров отраженных продольных волн вдоль сейсмического профиля. При экстраполяции модели по сложнопостроенным средам существуют трудности, обусловленные непрерывной и высокой изменчивостью термодинамических условий, литологического состава пород, их физических свойств по глубине и вдоль профиля по мере удаления от скважины. Это прежде всего касается геологической среды, состоящей из высокоамплитудной структуры и осадочных пород, которые из-за высокой пористости более чувствительны к изменению термодинамического состояния среды, чем коренные породы. Результаты исследований для осадочных пород по ядерным данным в лабораториях [8], ГИС и сейсморазведки 2D/3D указывают на существенное влияние условий среды на физико-механические свойства пород. Поэтому точность прогнозирования скоростей распространения поперечных волн, в основном, зависит от точности учета влияния изменения термодинамических условий по прогнозируемой части геологического разреза в пределах сейсмического профиля.

В данной статье излагается метод прогнозирования тонкослоистой модели среды по скоростям распространения поперечных волн на основе данных ГИС и сейсмических наблюдений 2D/3D по продольным волнам с применением нейронных

сетей. Приводятся результаты, полученные методом для прогнозирования двумерной модели среды по указанным скоростям в одной из структур Южно-Каспийской впадины (ЮКВ).

**Некоторые особенности прогнозирования скоростей распространения поперечных волн.** Для прогнозирования скоростей на исследуемой площади необходимо изучение физико-механических свойств пород среды на основе данных ГИС, 2D/3D и других видов геофизических работ. По данным ГИС надо определить зависимости между отдельными физическими свойствами пород, построить одномерные модели физико-механических свойств среды. Для этого породы, вскрытые скважиной, группируются по литологическим свойствам.

Распознавание по данным ГИС литологически подобных пород с различным насыщением, находящихся в разных термодинамических условиях, и определение многомерных эмпирических зависимостей ( $f$ ) между отдельными физическими свойствами пород – сложная и трудоемкая задача. Ее решение на основе классических методов не всегда обеспечивает необходимую точность результатов. В последнее время в геофизических работах, в том числе при интерпретации данных ГИС, применяется кластерный анализ на основе создания искусственных нейронных сетей. Результаты применения этого метода показывают его более высокую эффективность [2, 9] по сравнению с статистическими методами. Это можно объяснить одновременным использованием интеллектуальной способности интерпретатора, огромной вычислительной скорости компьютера (обеспечивается выполнение сотен итераций поиска оптимальных решений) и искусственных нейронных сетей по обобщению данных и распознаванию образов. Применение нейронной сети позволяет принять эмпирически обоснованное оптимальное решение по данным огромной и разнообразной информации о среде даже в случае, когда зависимости между различными физическими параметрами сходных пород сложные. Оно позволяет оптимально группировать породы по заданным физическим параметрам, т. е. расчленять данные на кластеры. При кластеризации данных ГИС целесообразно использовать данные АК, а также о литологии пород, электрического, радиоактивного других видов каротажа. В целом, чем больше видов каротажей при кластеризации по нейронным сетям будет использовано, тем реальнее расчленение по породам с учетом термодинамических условий. Таким образом, применив кластерный анализ к данным ГИС, по каждому кластеру пород можно определить эмпирические зависимости. Однако следует отметить, что даже при большом количестве эмпирических зависимостей погрешность аппроксимации реальных за-

висимостей между скоростями бывает высокой. Поэтому эмпирические зависимости целесообразно использовать только для получения априорных значений скоростей вдоль сейсмического профиля, что необходимо для прогнозирования на их основе более точных значений скоростей. Согласно результатам тестирования программы прогнозирования по нейронным сетям, чем точнее априорные данные, тем точнее прогнозируется физический параметр. Например, при случайных или постоянных ошибках в априорных значениях скоростей, равных 10 и 20 %, погрешности прогнозирования составляют примерно 5 и 10 %.

При прогнозировании необходимо построить по данным 2D/3D дву- и трехмерные априорные модели физико-механических свойств среды, в том числе модели скоростей распространения поперечных волн. Модели, по возможности, должны обладать высокой точностью. Известно, что при морских наблюдениях 2D/3D стабильность условий возбуждения и приема сейсмических колебаний существенно выше, чем при наблюдениях на суше. Поэтому морские сейсмические записи получаются гораздо качественнее, чем сухопутные. Эффективность применения к этим данным отдельных процедур обработки, таких как определение скоростей суммирования, обратная фильтрация, миграция и др. [14], выше, чем по сухопутным данным. По морским сейсмическим записям результаты сейсмической инверсии [12, 14] и AVO-анализа [3, 11], как правило, также характеризуются более высокой точностью. Однако при прогнозировании насыщения, трещиноватости и других физических параметров среды даже высокое качество сейсмических записей по продольным волнам не компенсирует отсутствия информации о скоростях распространения поперечных волн. Априорную информацию о таких скоростях вдоль сейсмических профилей можно извлекать из результатов AVO-анализа – по временным разрезам продольных и поперечных волн. По ним возможно определение априорных значений соотношений сейсмических скоростей. Однако, как известно, эти разрезы получаются при определенных предположениях [3, 13], которые для исследуемых сред не всегда приемлемы. Кроме того AVO-преобразование имеет ограниченную глубину исследования, а точность измерения соотношения скоростей невысокая.

Дву- и трехмерные тонкослойные модели среды по скоростям распространения продольных волн и плотностям пород достаточно точно определяются в результате сейсмической инверсии [12]. Детальность этих моделей по вертикали зависит от частотного спектра сейсмических записей. Как правило, высокое подобие временных разрезов ОГТ по реальным сейсмическим данным и синтетических, рассчитанных для отмеченных

моделей, указывает на высокую точность сейсмической инверсии. Имея высокоточные модели по данным ГИС и 2D/3D, можно приступить к прогнозированию тонкослоистой двумерной модели среды по скоростям распространения поперечных волн. Следует отметить, что в последнее время при поисках месторождений нефти и газа в комплексе с другими видами геофизических работ на суше и на море широко применяются электроразведка [7] и высокоточная гравиразведка, данные которых можно использовать для повышения точности прогнозирования указанных скоростей.

Одним из способов прогнозирования априорной тонкослоистой модели среды по скоростям распространения поперечных волн является её пересчет из скоростей распространения продольных волн исходя из эмпирической зависимости между скоростями. Зависимость с высокой точностью можно определить по данным АК о сейсмических скоростях в отдельных точках исследуемой площади. Для повышения точности прогнозирования необходимо по данным АК определить несколько десятков эмпирических зависимостей, охватывающих весь литологический состав пород и диапазон изменений термодинамических условий по прогнозируемой части геологического разреза, в пределах сейсмического профиля.

Необходимо также отметить недостаток прогнозирования скоростей по данным скважины. Как известно, разведочные скважины бурятся в сводовой части структуры. В районе расположения скважины и на прогнозируемых участках исследуемой площади по одним и тем же слоям среды литология пород, нефтегазонасыщение, термодинамическое состояние и другие ее свойства могут существенно различаться. В этих случаях следует ожидать, что “обученная” по данным ГИС нейронная сеть не совсем правильно будет прогнозировать значения скоростей распространения поперечных волн. Однако различия физико-механических свойств среды на участке расположения скважины и в других частях структуры будут отражаться и на значениях скоростей распространения продольных волн, плотностей пород, полученных по сейсмической инверсии и электрическим свойствам пород по данным электроразведки. Поэтому при прогнозировании “обученная” нейронная сеть будет стремиться учитывать различия, обусловленные литологией, насыщением, термодинамическими условиями и другими свойствами среды.

**Метод прогнозирования.** Согласно предлагаемому методу, прогнозирование тонкослоистой дву- или трехмерной модели геологической среды по скоростям распространения поперечных волн в диапазоне частот сейсмических записей выполняется в следующей последовательности.

- 1. Составление одномерных моделей среды.** На основе данных ГИС строятся тонкослоистые одномерные модели физических свойств среды. При этом используются данные каротажей: акустического на продольных  $V_p = f_1(h)$  и поперечных  $V_s = f_2(h)$  волнах; плотностного  $\rho = f_3(h)$ ; радиоактивного  $G = f_4(h)$ ; электрического  $R = f_5(h)$ ; давления  $P = f_6(h)$ ; температуры  $T = f_7(h)$  и др., а также данные о литологическом составе пород в виде кодов литологии пород  $L = f_8(h)$  и рассчитанные одномерные модели упругих параметров среды по коэффициентам Пуассона  $\sigma = f_9(h)$  и Ламе  $\mu = f_{10}(h)$ ,  $\lambda = f_{11}(h)$ . Для удобства совместного применения одно- и многомерных моделей первые пересчитываются из глубинного во временной масштаб ( $h \rightarrow t$ ) с использованием средней скорости по продольной волне, определяемой из данных ВСП. Временная длина и шаг дискретизации моделей выбираются такими, как у сейсмических записей. Кроме того, используются данные времен основных сейсмических горизонтов, привязанных к стратиграфическим границам в скважине.
- 2. Кластеризация данных и подготовка эмпирических зависимостей.** Оптимальные параметры кластеризации данных вдоль ствола исследуемой скважины определяются путем тестирования используемого набора одномерных моделей физических параметров среды – алгоритмов кластеризации, количества кластеров и итераций. По результатам тестирования выявлено, что при увеличении количества одномерных моделей, кластеров и итераций расчленение разреза осуществляется соответственно более достоверно, детально и точно. Критерием выбора оптимальных параметров по каждому кластеру является устойчивость зависимости между скоростями распространения продольных и поперечных волн и между различными физическими параметрами среды. Информация о разбиении на кластеры слоев среды по всему стволу скважины представляется в виде одномерной модели кластеров  $C = f_{12}(h)$ . После кластеризации по каждому кластеру ( $C$ ) данных определяются трехмерные эмпирические и графические зависимости  $V_s^C = f(V_p^C, \rho^C, P^C, T^C)$ .
- 3. Построение 2D/3D моделей среды.** В результате сейсмической инверсии профиля строятся тонкослоистые 2D/3D модели по скоростям распространения продольной волны  $V_p = f_{1M}(t, x, y)$  и плотностям пород  $\rho = f_{3M}(t, x, y)$ , которые калибруются по одномерным моделям соответственно  $V_p = f_1(t)$  и  $\rho = f_3(t)$ . Непосредственный процесс прогнозирования скоростей распространения поперечных волн выполняется по следующей схеме:

- создаются 2D/3D модели эффективного давления  $P = f_{6M}(t, x, y)$  и температуры  $T = f_{7M}(t, x, y)$  путем экстраполяции одномерных моделей  $P = f_6(t)$  и  $T = f_7(t)$  вдоль сейсмического профиля. Экстраполяция осуществляется согласно положению сейсмических горизонтов в каждой точке ОГТ профиля 2D/3D и точке пересечения профиля со скважиной, а также по изменению геостатического давления;
- расчленяются составляющие моделей  $V_p = f_1(t)$ ,  $V_s = f_2(t)$ ,  $\rho = f_3(t)$ ,  $P = f_6(t)$  по нейронным сетям на кластеры  $C = f_{12}(t)$ , проводится “обучение” нейронных сетей по одномерным моделям;
- создаются 2D/3D модели кластеров  $C = f_{12}(t, x, y)$  путем переноса одномерной модели  $C = f_{12}(t)$  вдоль сейсмического профиля, согласно положению сейсмических горизонтов в каждой точке ОГТ профиля 2D/3D и точке пересечения профиля со скважиной;
- прогнозируются априорные модели скоростей распространения поперечной волны  $V_s^A = f_{2M}(t, x, y)$  с использованием  $V_p = f_{1M}(t, x, y)$ ,  $\rho = f_{3M}(t, x, y)$ ,  $P = f_{6M}(t, x, y)$ ,  $T = f_{7M}(t, x, y)$ ,  $C = f_{12M}(t, x, y)$ . Каждый дискрет модели  $V_s = f_{2M}(t, x, y)$  вычисляется по эмпирической зависимости, соответствующей его кластеру, по значениям  $V_p$ ,  $\rho$ ,  $P$  и  $T$  того же дискрета;
- прогнозируется  $V_s = f_{2M}(t, x, y)$  по “обученным” нейронным сетям и совокупности моделей  $V_p = f_{1M}(t, x, y)$ ,  $V_s^A = f_{2M}(t, x, y)$ ,  $\rho = f_{3M}(t, x, y)$ ,  $P = f_{6M}(t, x, y)$ ,  $T = f_{7M}(t, x, y)$ ,  $C = f_{12M}(t, x, y)$ , причём учитывается принадлежность каждого дискрета моделей к стратиграфическим комплексам;
- рассчитываются модели упругих параметров: коэффициента Пуассона  $\sigma = f_{9M}(t, x, y)$  и Ламе  $\mu = f_{10M}(t, x, y)$ ,  $\lambda = f_{11M}(t, x, y)$ .

При выполнении вышеуказанных процедур используется программный пакет GEOPRESS [5], предназначенный для моделирования физических параметров среды по данным ГИС и 2D/3D. Пакет позволяет также рассчитывать двумерные модели среды по упругим параметрам второго и третьего порядков в рамках классической и неклассической теорий деформации [1, 5, 6]. При кластеризации данных ГИС использовано программное обеспечение “Neuroxl-clusterizer”, предназначенное для применения в различных областях обработки информации. Эта же программа использована для расчета прогнозных значений  $V_s = f_{2M}(t, x, y)$ .

**Результаты.** Описанная методика применена для прогнозирования двумерной модели среды по скоростям распространения поперечных волн в

одной из структур ЮКВ по данным ГИС и 2D морской сейсмоки на продольных волнах. Исследуемая среда характеризуется сложным геологическим строением. Здесь структура имеет антиклинальную форму, осложненную наличием грязевого вулкана и разломами различной амплитуды. В глинистых пластах геологического разреза широко развито аномально высокое пластовое давление. Литологический разрез представлен, в основном, переслаиванием глинистых, алевролитовых и песчаниковых пластов. Различия глубин залегания одного и того же пласта в своде и периклинальной части структуры составляют более 0,5 км. Это означает, что породы одного и того же пласта находятся в разных термодинамических условиях. Следует отметить, что в результате влияния геологических процессов изменились пористость, трещиноватость, нефтегазонасыщение и другие свойства пород пластов по глубине и вдоль структуры. Анализ по данным ГИС корреляционных зависимостей между различными физико-механическими свойствами свидетельствует о сложном их изменении вдоль ствола скважины. По результатам сейсмической инверсии выявлены существенные изменения акустических свойств одних и тех же слоев среды вдоль профиля. Все это указывает на трудности, возникающие как при кластеризации одномерных моделей, так и при прогнозировании физических свойств исследуемой среды.

Для прогнозирования двумерной модели скоростей поперечных волн использовались выше изложенные одномерные модели. Количество дискретов в результатах измерений по одному виду каротажа равно 21 327. По нейронным сетям слои среды расчленены на 7 кластеров. Увеличение количества кластеров до 15 приводило к неустойчивому определению эмпирических зависимостей. Выявлены эмпирические зависимости по каждому кластеру, и по ним вычислены скорости распространения поперечных волн. Большие погрешности в значениях скоростей указывают на необходимость дополнительного уточнения прогнозируемых скоростей. По данным АК зависимости между сейсмическими скоростями изменяются в широком диапазоне (рис. 1) даже в пределах одного кластера. По каждому кластеру данных рассчитаны одномерные модели коэффициентов Пуассона и Ламе, по которым оценивалось упругое свойство среды по глубине. Значения упругих параметров имеют существенную дисперсию по глубине.

Оптимальные параметры кластеризации и прогнозирования определены путем тестирования по вышеуказанным одномерным моделям ГИС с использованием данных от одной имеющейся скважины на исследуемой площади. В качестве априорной модели заданы известные по ГИС значения скоростей распространения поперечных волн.

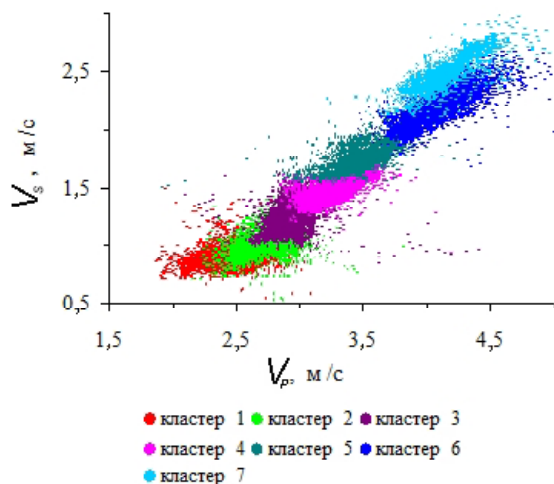


Рис. 1. Зависимость между скоростями распространения продольных и поперечных волн, расчлененная на 7 кластеров

Один из важных параметров при прогнозировании – количество итераций и слоев нейронов. На рис. 2, а видно, что по мере увеличения количества итераций точность прогнозирования увеличивается. Наибольшая точность достигается в интервале 100–300 итераций. Дальнейшее увеличение количества итераций несущественно влияет на погрешность прогнозирования. При увеличении количества слоев нейронов, особенно после 75-й, уменьшается точность прогнозирования (рис. 2, б), что связано с недостаточностью количества итераций. Тестированы также 5 алгоритмов расчета прогнозных значений по программе “Neuroxl-clusterizer”. Наиболее точные результаты получены по алгоритму “Biopolyar Sigmoid function”. Оптимальные параметры прогнозирования следующие: количество итераций – 500, слоев нейронов – 20; при этих значениях точность прогнозирования равна 0,95 %. Основной причиной несовпадения заданных и спрогнозированных значений скоростей, по-видимому, является недостаточное количество итераций. Вероятно, при количестве итераций в несколько десятков тысяч можно достичь более высокой точности (рис. 2, а). Полученную точность прогноза вряд ли возможно достичь при использовании многомерных эмпирических зависимостей. Время расчета одного теста на персональном компьютере при количестве итераций 500 составляет примерно 8 часов.

Для прогнозирования  $V_s = f_{2M}(t, x, y)$  использовались следующие двумерные тонкослойные модели по данным 2D – скорости распространения продольных волн и плотности пород, полученные по результатам сейсмической инверсии; данные геостатического и эффективного давлений, температуры, номера кластеров, экстраполированных от скважины. Эмпирическая зависимость между сейсмическими скоростями определена по

данным ГИС в виде полинома 3-й степени. Погрешность аппроксимации зависимости полиномом не превышает 20 %. Были построены тонкослойные двумерные модели среды по интервальным скоростям распространения поперечных волн в виде временных разрезов, рассчитанных по эмпирической зависимости и прогнозированных по нейронной сети. Временные разрезы визуально мало различаются. По характеру изменения скоростей разрезы подобны разрезу скоростей по продольной волне. На разрезе скоростей поперечных волн (рис. 3, а) видно увеличение интервальных скоростей по одним и тем же слоям среды по мере удаления от свода согласно форме структуры. Разрез, прогнозированный по нейронной сети, более дифференцирован, чем разрез, рассчитанный по эмпирической зависимости. На рис. 3, б видно, что в отдельных частях разрезов различие

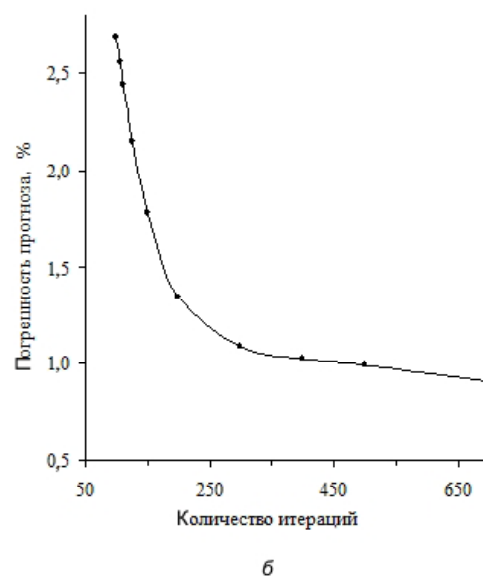
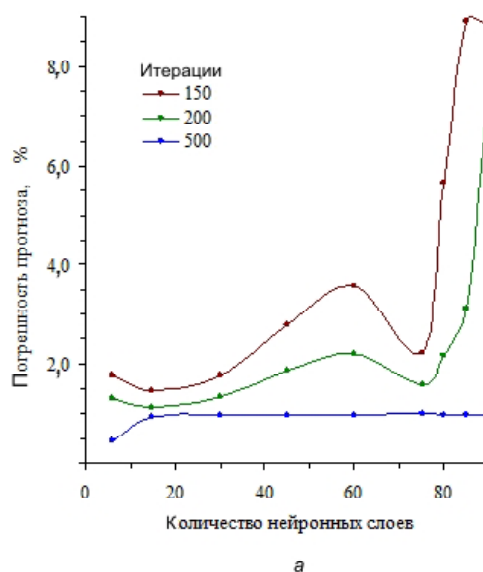


Рис. 2. Погрешность прогнозирования в зависимости от количества итераций (а) и нейронов (б)

составляет от  $-4$  до  $+8$  %. Характер различий меняется по профилю и по времени. Разрез, прогнозированный по нейронам, более реально отражает свойство среды по скоростям распространения поперечных волн, так как в точке ОГТ, совпадающей с местоположением скважины, скорости по 2D и ГИС практически совпадают. Для оценки достоверности  $V_S = f_{2M}(t, x, y)$  рассчитаны глубинные разрезы упругих параметров среды. На разрезах коэффициентов Пуассона и Ламе прослеживаются изменения физических свойств среды от свода структуры к периклинали. Наиболее сложный характер изменений отмечается в сводовой части структуры. Здесь на одних и тех же глубинах значение коэффициента Пуассона в целом выше, чем в периклинальной части, что обусловлено, в основном, разуплотнением пород и нефтегазонасыщением в сводовой части. Таким образом, применение нейронных сетей позволило получить более дифференцированный разрез по скоростям распространения поперечных волн как по глубине, так и вдоль профиля.

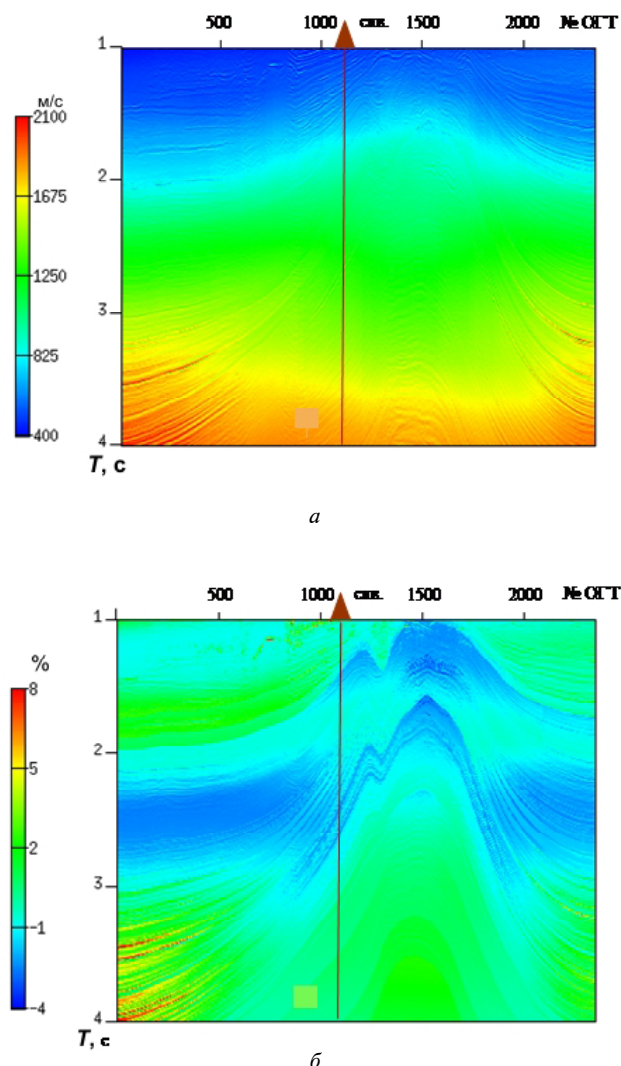


Рис. 3. Двумерные модели скоростей распространения поперечных волн по нейронной сети (а) и разность моделей (б)

**Заключение.** Разработан метод прогнозирования тонкослоистой модели среды по скоростям распространения поперечных волн по данным ГИС и сейсморазведки 2D/3D на продольных волнах. Метод опробован с использованием данных ГИС и 2D сейсмики на одной из структур в Южно-Каспийской впадине. Применение кластерного анализа на нейронных сетях к одномерным моделям по данным ГИС позволило расчленить слои геологического разреза на группы, имеющие сходные физические свойства. По результатам кластерного анализа и сейсмической инверсии профиля 2D по нейронным сетям прогнозирована двумерная тонкослоистая модель среды по скоростям распространения поперечных волн. Применение нейронных сетей позволило получить более дифференцированный разрез как по глубине, так и вдоль профиля, чем по эмпирическим зависимостям. Указанный метод может быть применен также к прогнозированию других физико-механических свойств среды.

**Благодарность.** Выражаю благодарность члену корреспонденту НАН Азербайджана Г.Г. Кулиеву за постоянное внимание и полезное обсуждение результатов.

1. Александров К.С. Метод определения нелинейных упругих свойств горных пород / К.С. Александров, Г.Т. Продайвода, Б.П. Маслов // Докл. РАН. — 2001. — Т. 380. — № 1. — С. 109–112.
2. Бабкин И.В. Применение метода нейронных сетей для определения текущей газонасыщенности по данным ГИС // НТВ “Каротажник”. — Тверь: АИС, 2010. — Вып. 5. — С. 52–60.
3. Воскресенский Ю.Н. Изучение изменений амплитуд сейсмических отражений для поисков и разведки залежей углеводородов / Ю.Н. Воскресенский. — М.: Изд-во Рос. гос. ун-та нефти и газа им. И.М. Губкина, 2001. — 69 с.
4. Кулиев Г.Г. Определение коэффициента Пуассона в напряженных средах / Г.Г. Кулиев // Докл. Академии наук России. — 2000. — Т. 370. — № 4. — С. 634–637.
5. Кулиев Г.Г. Моделирование сейсмических разрезов с учетом напряженного состояния среды / Г.Г. Кулиев, Х.Б. Агаев // Геодинамика. — 2010. — № 1(9). — С. 81–86.
6. Кулиев Г.Г., Агаев Х.Б. Определение физико-механических свойств пород осадочного чехла на основе сейсмических, скважинных данных и теории упругих волн напряженных сред // Геофиз. журн. — 2011. — Т. 33, № 6. — С. 126–135.
7. Левашов С.П., Якимчук Н.А., Корчагин И.Н. и др. Методические аспекты применения технологии обработки и интерпретации данных дистанционного зондирования Земли при проведении поисковых работ на нефть и газ в акваториях // Геоинформатика. — 2012. — № 1(41). — С. 5–16.
8. Мармонштейн Л.М. Петрофизические свойства осадочных пород при высоких давлениях и температурах. — М.: Недра, 1985. — 190 с.

9. *Chashkov A.V., Valery V.M.* Use of the Cluster Analysis and Artificial Neural Network Technology for Log Data Interpretation // J. Siberian Federal Univ. Engineering & Technologies. – 2011. – Vol. 4. – P. 453–462.
10. *Bouska J., Johnston R.* The first 3D/4-C ocean bottom seismic surveys in the Caspian Sea: Acquisition design and processing strategy // The Leading EDGE. – 2005. – Vol. 24, N 9.
11. *Thomsen L.* Understanding Seismic Anisotropy in Exploration and Exploitation // Distinguished Instructor Short Course. Distinguished Instructor Ser. – 2002. – Vol. 5.
12. *Veeken P.C.H.* Seismic inversion methods and some of their constraints / P.C.H. Veeken, M. Da Silva // Multi-disciplinary geoscience special topics, first break, EAGE. – 2004. – Vol. 22. – P. 47–70.
13. *Verm R., Hiltebrand F.* Lithology color-coded seismic sections: The calibration of AVO crossplotting to rock properties // The Leading EDGE. – 1995. – Vol. 14, N 8. – P. 847–853.
14. *Yilmaz Oz.* Seismic data analysis: processing, inversion and interpretation of seismic data // Investigations in geophysics. – Tulsa: SEG, 2001. – Vol. 2. – 2027 p.

*Институт Геологии Национальной Академии Наук  
Азербайджана, Баку, Азербайджан*

*Поступила в редакцию 15.05.2012 г.*

*Х.Б. Агаев*

### **ПРОГНОЗУВАННЯ МОДЕЛІ ШВИДКОСТЕЙ ПОШИРЕННЯ ПОПЕРЕЧНИХ ХВИЛЬ ЗА ДАНИМИ ГЕОФІЗИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ СВЕРДЛОВИН І СЕЙСМОРОЗВІДКИ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ**

Наведено особливості прогнозування тонкошаруватої двовимірної моделі середовища за швидкостями поширення поперечних хвиль. Розроблено метод прогнозування дво- і тривимірних моделей швидкостей на основі даних ГДС на поздовжніх і поперечних хвилях і сейсморозвідки 2D/3D на поздовжніх хвилях. Метод ґрунтується на створенні моделей фізичних властивостей середовища, проведенні кластерного аналізу і прогнозуванні швидкостей з використанням нейронних мереж. “Навчання” нейронних мереж за даними ГДС дає змогу прогнозувати за результатами сейсмічної інверсії модель швидкостей поширення поперечних хвиль. Метод випробувано за геофізичними даними однієї із структур у Південнокаспійській западині. За даними кластерного аналізу виявлено складний характер між петрофізичними властивостями середовища. В результаті прогнозування одержано розріз за швидкостями, більш диференційований за глибиною і по профілю, ніж за емпіричними залежностями.

**Ключові слова:** нейронна мережа, кластер, прогнозування, швидкість поширення поперечної хвилі, сейсмічна інверсія, часовий розріз, пружні параметри, одновимірні, двовимірні моделі середовища.

*Kh.B. Aghayev*

### **PREDICTION OF THE SHEAR WAVES VELOCITIES MODEL ACCORDING TO THE DATA OF GEOPHYSICAL RESEARCHES OF WELLS AND SEISMIC-SURVEY USING NEURAL NETWORKS**

The properties of prediction of thin-layered two-dimensional model on velocities of shear waves are given. Prediction method of two- and three-dimensional models of velocities was developed on the basis of GSW (Geophysical Studying of Wells) data on pressure and shear waves, and seismic survey of 2D/3D on pressure waves. The method was based on a creation of medium physical properties models, conducting of cluster analysis and prediction of velocities using neural networks. The model of velocities of shear waves is predicted by “Teaching” neural networks on GSW data according to the results of seismic inversion. The method was tested on geophysical data of one of the South-Caspian Basin structures. The complicated character was revealed between petrophysical properties of medium on cluster analysis. As a result of prediction the section on velocities is more differentiated on depth and profile than on empirical dependences.

**Keywords:** Neural network, cluster, prediction, velocity of shear waves, seismic inversion, time section, elastic parameters, one- and two- dimensional models of medium.