

Преобладание последних в разрезе обуславливает незначительность метасоматических процессов и широкое развитие жил выполнения. Для рудных месторождений Нагольного кряжа характерны наибольший масштаб и низкая контрастность метасоматических изменений продуктивных стадий, высокая степень внутрижильного метасоматоза и метаморфизм жильных вкраплений, увеличение с глубиной степени околожильного метасоматоза [5]. Такие особенности оруденения следует ожидать и на Северной антиклинали ввиду близости литолого-стратиграфических условий Северной антиклинали к таковым полиметаллических и золотополиметаллических месторождений и рудопроявлений Нагольного кряжа. На западном замыкании Северной антиклинали, где развита циклически построенная «донецкая» толща с более низким метаморфизмом вмещающих пород условия локализации оруденения приближаются к таковым Никитовского рудного поля, где оруденение размещено преимущественно в пористых и трещиноватых песчаниках свиты S_2^3 с метаморфизмом средних стадий (Ж, К).

Библиографический список

1. Шубин Ю.П. Минералого-геохимические критерии прогноза скрытого гидро-термального оруденения в пределах Северной антиклинали Донбасса // Доп. АН України. — К., 2001. — № 8. — С. 115–117.
2. Шубин Ю.П. Гідротермальна мінералізація Північної антиклинали Донбасу // Мінер. зб. Львів. ун-ту, 2000. — № 50. — вип. 2. — С. 72–79.
3. Резник А.И. Геологическое положение и общие черты строения флишеидной толщи средней части Донбасса // Геол. журн, 1978. — № 6. — С. 64–70.
4. Резник А.И. Некоторые вопросы геологии и оценки месторождений золота в Нагольном кряже // Геол. журн, 1993. — № 5. — С. 138–141.
5. Отчет по теме: «Обобщение материалов и составление металлогенической карты на благородные металлы и полиметаллы на Нагольном кряже в масштабе 1:50000 за 1988-91гг. /Фонды ПГО «Ворошиловградгеология»; Руководитель В.А.Жулид. — Инв. №4244. — Ворошиловград, 1991. — 360 с.

© Шубин Ю.П., 2002

УДК 553.291:622.273

НАЗИМКО В.В., МЕРЗЛИКИН А.В. (ДонНТУ)

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ И ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА ДЛЯ ПРОГНОЗА МАЛОАМПЛИТУДНЫХ НАРУШЕНИЙ

Малоамплитудные нарушения являются одной из основных проблем подземной разработки угольных месторождений Украины. Наличие малоамплитудных нарушений приводит к существенному увеличению капитальных затрат на подготовку запасов к выемке, повышает износ оборудования и зольность горной массы. Зоны малоамплитудной нарушенности наиболее опасны по внезапным выбросам угля и газа. На сегодня нет достаточно надежного метода разведки таких нарушений, хотя ведутся интенсивные и плодотворные исследования в нескольких направлениях. В частности развивается сейсмический метод прогноза, основанный на математической трактовке результатов измерения преломления сейсмических волн на неоднородностях в горном массиве [1]. Известны попытки использования геодинамических методов для прогноза зон малоамплитудной нарушенности, методов статистического анализа дисперсии угла падения пласта и др. Несмотря на значительные усилия

ученых, достоверность прогноза местоположения и параметров малоамплитудных нарушений остается неудовлетворительной. В связи с этим предложен и развивается новый метод прогноза нарушений с использованием нейронных сетей и генетических алгоритмов [2].

Метод заключается в тренировке нейронной сети по достоверным данным о местоположении и амплитуде подтвержденных горными работами малоамплитудных нарушений. После определенного количества тренировок сеть используется для прогноза нарушений на примыкающем к тренировочному участке. Из множества типов нейронных сетей для решения поставленной задачи был выбран персептрон, состоящий из слоя входных нейронов, скрытого слоя и слоя выходных нейронов. Сигналы, по которым тренируется нейрон, подаются на входные нейроны и проходят по сети, формируя выходной сигнал. Для сопоставимости входных сигналов их величины нормируются, то есть приводятся к единице. В результате можно подавать на вход сети такие параметры, как координаты местоположения нарушения, измеряемые сотнями метров, амплитуду нарушения, находящуюся часто в пределах одного метра, азимут линии падения и т.п.

Сигналы передаются по отдельным связям сети согласно весовым коэффициентам и подвергаются пороговому преобразованию с учетом смещения по следующим формулам:

$$\sum U_{вх} = \omega_1 U_1 + \omega_2 U_2 + \dots, \quad (1)$$

где ω_i — весовой коэффициент; U_i — импульс:

$$U_{вых} = 1 / \exp(C_0 - \sum U_{вх}), \quad (2)$$

где $U_{вых}$ — выходной импульс; C_0 — смещение; $\sum U_{вх}$ — сумма входных импульсов.

Применяют разные типы формул порогового преобразования. Чаще всего используют порог сигмоидальной формы, используемый в данной статье. Важно то, что такое преобразование порождает весьма важное свойство нелинейности сети, которое неопределимо для способности предсказания сложных явлений и систем.

Архитектура нейронной сети представлена на рис. 1. Сеть состоит из трех слоев: входной (содержащий 6 нейронов), промежуточный (содержит 5 нейронов) и выходной (содержащий 1 нейрон). На входные нейроны подаются координаты X_6 ; Y_6 , амплитуда (A_6) и коэффициент отношения величин

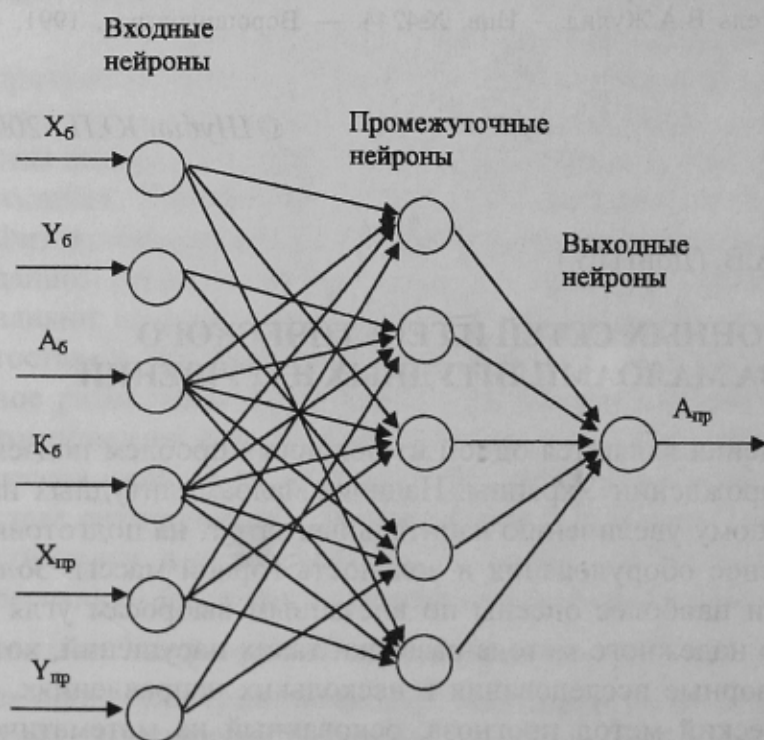


Рис.1. Структура сформированной нейронной сети

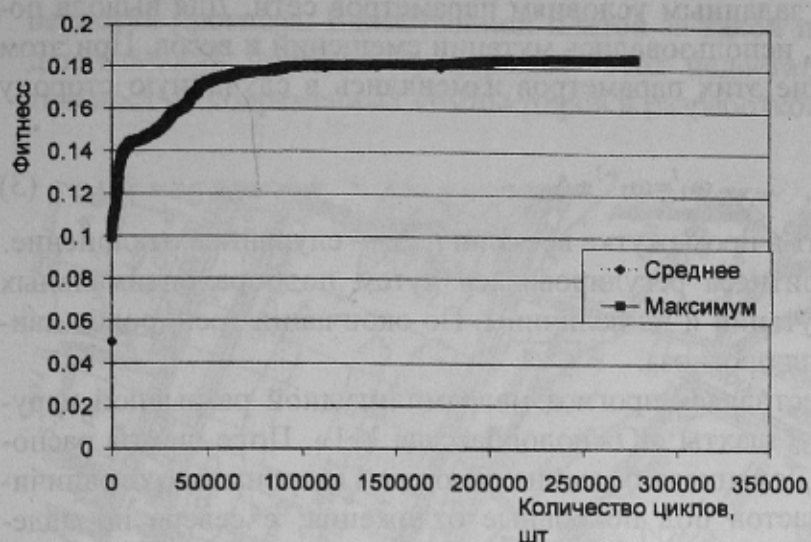


Рис. 2. График натренированности сети

Конкретная сеть характеризуется архитектурой, которая описана выше, а также смещениями в промежуточных нейронах и весами связей между нейронами. Тренировка сети основывалась на принципе естественного отбора, в котором выживает «сильнейший». Реализация этого принципа осуществлялась с помощью генетического алгоритма. Для этого создавался пул или набор из нескольких десятков экземпляров сети одной и той же структуры. Затем каждая сеть испытывалась на фитнес (натренированность), пропорциональный способности ее предсказывать. Чем выше эта способность, тем лучше фитнес (рис. 2). В данной задаче величина фитнеса определялась как сумма ошибок предсказаний по нескольким десяткам тестов, используемых в процессе тренировки сетей. Каждая сеть задавалась в виде хромосомы, представляющей набор смещений и весов. Пример такого набора показан на рис. 3. В данном случае с учетом архитектуры сети она содержит 5 смещений (по количеству нейронов в скрытом слое) и 25 весовых коэффициентов (по числу связей). При работе генетического алгоритма осуществлялось скрещивание хромосомных цепей из весов и смещений, в результате чего образовывалась новая особь популяции (рис.3). После каждого цикла тренировки нейронной сети производился отбор и сохранение

ны нарушения к его амплитуде (Кб) точки, где находится нарушение и координаты Хпр, Упр, точки, где необходимо выяснить наличие нарушения. Выходной нейрон выдает амплитуду (Апр) в прогнозируемой точке, которая сравнивается с фактической. В результате тренировки сети, накапливающие минимальную суммарную ошибку предсказания поощряются и интенсивнее размножаются, производя подобных себе потомков.

Хромосомы до скрещивания

[0.35 -1.21 1.51 -2.11 -0.05 -1.23 1.07 7.33] (-1.11 -1.17 -2.30 0.68 1.10
0.92 0.89 0.13 -2.54 0.25 0.85 0.58 -1.65 -2.70 -1.69 2.17 -1.04 2.42 1.40 3.52
-0.52 1.95 2.00 1.12 -5.10 -13.40 0.25 -1.30 3.20 -0.57 -14.27 -1.80 -1.72 4.25
2.27 -17.64 1.19 1.08 -6.21)
[0.35 -1.24 1.48 -2.08 -0.06 -1.27 1.04 7.33] (-1.13 -1.16 -2.32 0.69 1.10
0.91 0.89 0.11 -2.54 0.28 0.83 0.55 -1.63 -2.67 -1.69 2.14 -1.08 2.39 1.38 3.56
-0.50 1.93 2.00 1.15 -5.13 -13.42 0.23 -1.30 3.18 -0.59 -14.26 -1.82 -1.71 4.27
2.31 -17.65 1.19 1.05 -6.19)

Хромосома после скрещивания

[0.35 -1.21 1.51 -2.11 -0.05 -1.27 1.04 7.33] (-1.13 -1.16 -2.32 0.69 1.10
0.92 0.89 0.13 -2.54 0.25 0.85 0.58 -1.65 -2.70 -1.69 2.14 -1.08 2.39 1.38 3.56
-0.50 1.93 2.00 1.15 -5.13 -13.42 0.23 -1.30 3.18 -0.59 -14.26 -1.82 -1.71 4.27
2.31 -17.65 1.19 1.05 -6.19)

Рис. 3. Структура хромосом до и после скрещивания

наиболее приспособленных к заданным условиям параметров сети. Для вывода поиска из локального минимума, использовались мутации смещений и весов. При этом с малой вероятностью значение этих параметров изменялись в случайную сторону на определенную величину.

$$\omega_1^t = \omega_1^{t-1} \pm \Delta, \quad (3)$$

где ω_1^t — весовой коэффициент в промежутке времени t ; Δ — случайное отклонение.

Скорость улучшения фитнеса регулировалась путем подбора оптимальных вероятностей скрещиваний, мутаций и их величины. По окончании тренировок наилучшая сеть использовалась для прогноза.

В данной работе осуществлялся прогноз малоамплитудной разрывной нарушенности угольного пласта C_{13} шахты «Южнодонбасская №1». Поле шахты расположено в юго-западной части Донецкого бассейна. С южной стороны оно ограничивается выходом угольных пластов под покровные отложения; с севера по падению — изогипсой 485 м, ниже которой расположено поле шахты «Южнодонбасская №3». На востоке, границы шахтного поля проходят по Владимирскому сбросу, а на западе — по сложному сбросу. На данный период шахтой приняты к отработке восемь пластов: C_{18} , C_{17}^2 , C_{13} , C_{11} , C_{10}^2 , C_6 , C_4 , B_5 , из них отрабатываются три пласта C_{13} , C_{11} , и C_{10}^2 . Пласт C_{13} является одним из основных пластов мощностью от 0,8 до 1,2 м, C_{11} имеет мощность от 1 до 2,25 м и мощность пласта C_{10}^2 колеблется от 0,9 до 1,25 м. Строение пластов простое, за исключением пласта C_{10}^2 , который имеет двухсантиметровую прослойку каолинита.

На всех пластах шахтного поля в большом количестве имеются малоамплитудные разрывные нарушения с амплитудой от нескольких сантиметров до десятков метров. Присутствие таких нарушений значительно усложняет планирование горных работ. В связи с этим поля не стыкуются между собой, выемочные столбы имеют различную ориентацию, значительные участки бросаются или дорабатываются с большими затратами.

Для тренировки и предсказания был выбран участок шахтного поля, на котором ранее были отработаны две лавы с явно выраженными и достоверно установленными нарушениями (рис.4). Тренировка осуществлялась по 3-й западной лаве, обозначенной на рисунке сплошной линией. Сеть тренировалась до примерного схождения графиков прогнозных и действительных данных (рис.5) на что затрачивалось около 300000 циклов, или столько же поколений сети меняли друг друга. Подчеркнем, что перетренировывать сеть нежелательно, поскольку она начинает чересчур детально учитывать особенности объекта, в результате чего теряет способность обобщения, а значит, и предсказания. После тренировок производилось предсказание малоамплитудных нарушений на участке 3-й западной «бис» лавы, обозначенного на рисунке штрих - пунктирной линией. При прогнозе на входные нейроны задавались координаты X_b , Y_b и A_b точек, где производилась тренировка сети, и координаты $X_{пр}$ и $Y_{пр}$ точки, где необходимо было сделать прогноз. Предсказание происходило таким образом, что из каждой базовой точки осуществлялся прогноз на весь прогнозируемый участок. В качестве базовых использовались точки сетки равномерной разбивки анализируемой области размером 4×22 . Это обеспечивало достаточную точность тренировки и достоверность прогноза. В логической форме принцип тренировки выглядел следующим образом: «если в точке с координатами X_b , Y_b амплитуда нарушения равна A_b , то в точке с координатами $X_{пр}$, $Y_{пр}$ она должна быть равна $A_{пр}$. Производя тренировку сети со всех точек расчетной области на все, мы добиваемся достаточной степени обобщения, что гарантирует высокую досто-

верность прогноза. Единственной платой за такой положительный эффект является длительность процесса тренировки. Этот недостаток компенсируется производительностью современных компьютеров и разработкой стратегии тренировки.

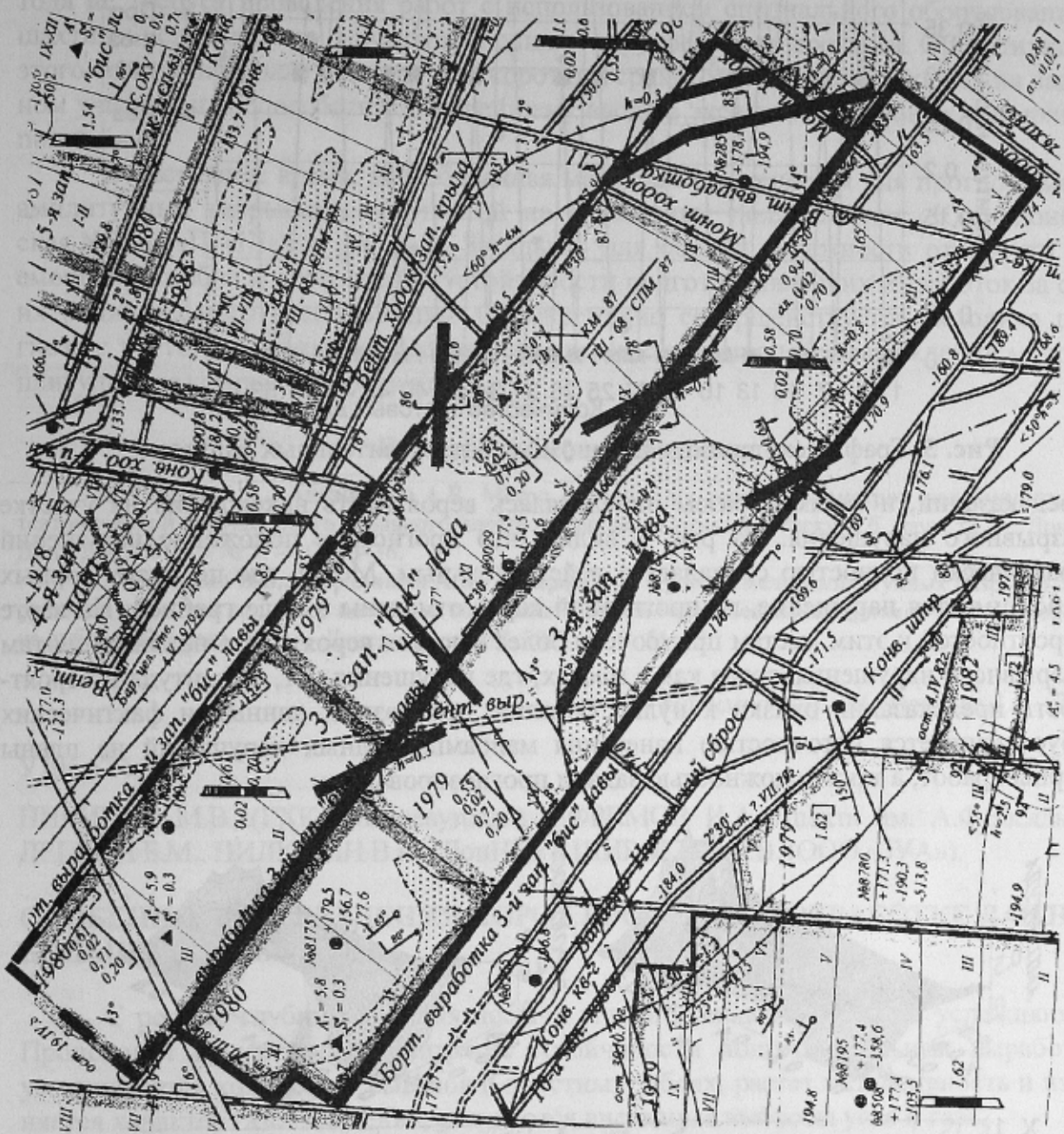


Рис. 4. Часть шахтного поля, на которой производилась тренировка и прогноз

В результате прогноза получены диаграммы нарушений в виде контурных и поверхностных карт (рис.б). При построении диаграмм была принята критическая амплитуда, ниже которой все величины амплитуд приравнивались к нулю. Это позволило максимально приблизить прогнозные данные к действительным и убрать случайные погрешности прогноза.

Кроме нахождения положения нарушений на прогнозируемом участке определялась и вероятность их наличия. Суммировалось количество случаев, в которых при прогнозе была предсказана амплитуда, сумма делилась на количество

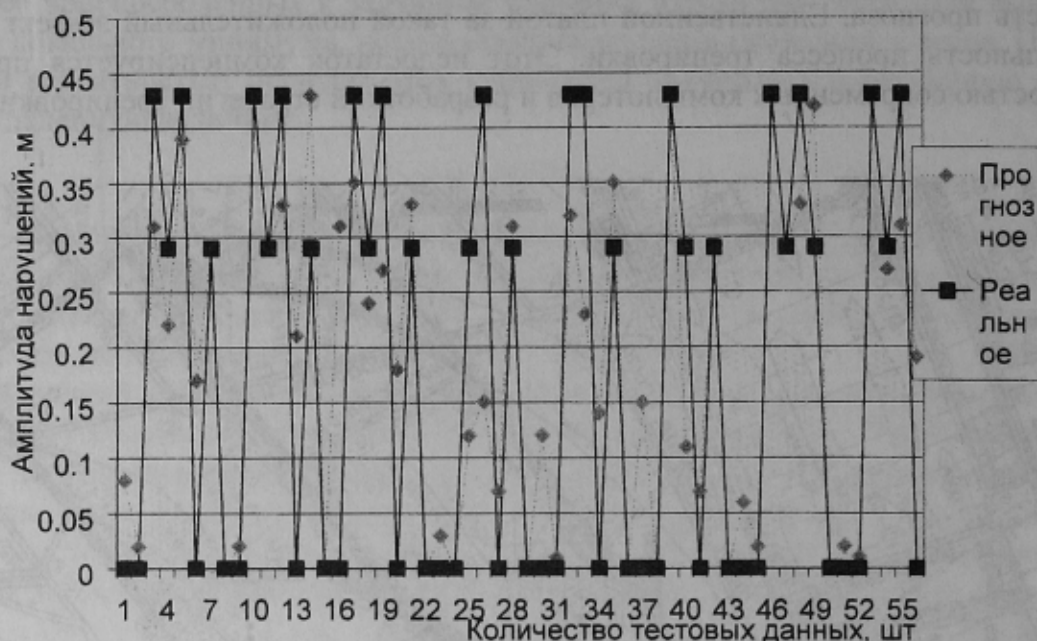


Рис. 5. График сходимости прогнозных и действительных данных

предсказаний, и таким образом определялась вероятность нахождения на участке разрывного нарушения. Из рис. 6 видно, что прогнозное положение нарушений практически полностью совпадает с действительным. Места, где по плану горных работ имеется нарушение, на прогнозной карте отмечены в виде гребней. На карте вероятностей к этим местам приурочена более высокая вероятность нахождения там разрывного нарушения, тогда как в местах, где нарушения нет, амплитуда и вероятность предсказания близки к нулю. Отличие прогнозных данных и фактических обуславливается неточностью нанесения малоамплитудных нарушений на планы горных работ, а также сложностью задачи прогнозирования.

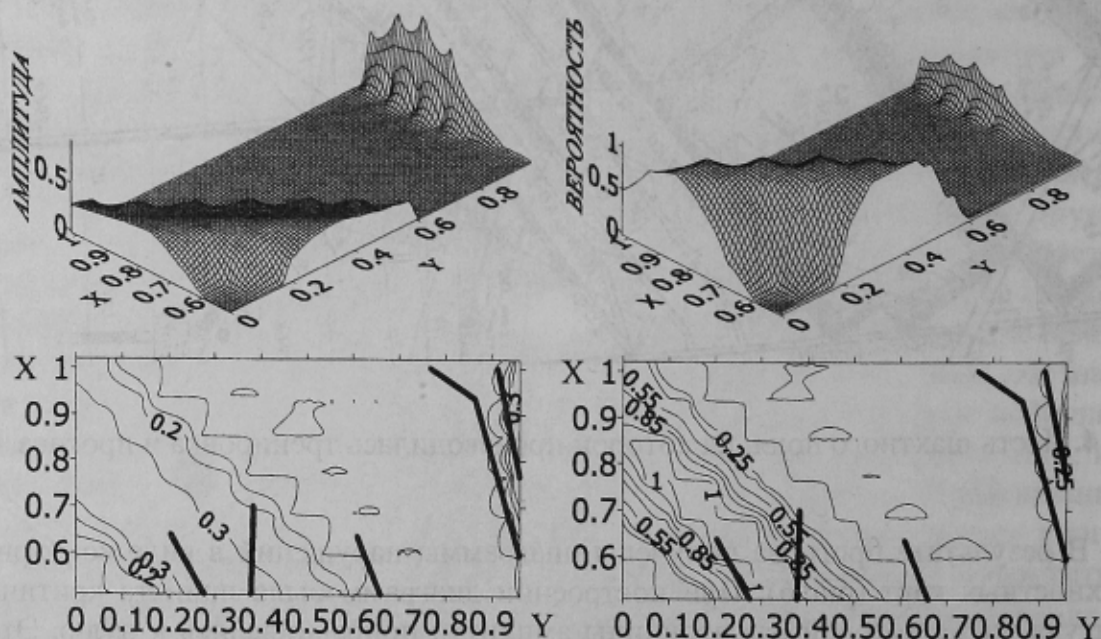


Рис. 6. Контурные и поверхностные карты амплитуд и вероятности спрогнозированных нарушений (— действительное положение нарушений)

Метод прогноза малоамплитудной разрывной нарушенности с использованием искусственного интеллекта позволяет прогнозировать наличие и вероятность

распределения нарушений на прогнозируемом участке. Главным достоинством вышеописанного метода является минимальная себестоимость при достаточной достоверности, что выгодно отличает его от известных методов. Применение данного метода не требует проведения работ с использованием специального оборудования в шахтных условиях, что значительно снижает трудоемкость прогноза. Оперативность этого метода позволяет быстро и в короткие сроки осуществлять прогноз на заданном участке, что способствует скорейшему вводу в эксплуатацию новых выемочных полей.

В настоящее время, разработанная методика применяется для прогноза малоамплитудных разрывных нарушений на выемочных полях шахты «Южнодонецкая №3» и АП «Шахта им. А.Ф. Засядько» для оценки надежности отработки выемочных столбов и обеспечения устойчивости подготавливаемых выработок за счет их рационального расположения. Одновременно совершенствуется методика прогноза с учетом основных характеристик физического процесса зарождения малоамплитудных разрывных нарушений.

Библиографический список

1. Глухов А.А., Анциферов А.В. Метод определения типа и параметров малоамплитудной тектонической нарушенности угольного пласта // Проблемы гірського тиску: Сб. науч. тр. — Донецк: ДонНТУ, 2001. — № 5. — С. 16–36.

2. Назимко В.В., Мерзликин А.В., Захаров В.С. Прогноз мелкоамплитудных разрывных нарушений угольных пластов с помощью нейронных сетей и генетических алгоритмов // Геотехнологии на рубеже XXI века. Т. II. — Донецк: ДонНТУ, 2001. — С. 51–58.

© Назимко В.В., Мерзликин А.В., 2002

УДК 622.273

НИЧИПОР М.В. (ГХК «Макеевуголь»), ЕФРЕМОВ И.А. (шахта им. А.Ф.Засядько), ДЕГЛИН Б.М., ПИЛЮГИН В.И. (ДонНТУ), ШИРОКИХ Н.В. (ООО «ЗУА»).

ОСОБЕННОСТИ ПОВЕДЕНИЯ ПОРОД КРОВЛИ ПРИ ОТРАБОТКЕ ЛАВ НА БОЛЬШИХ ГЛУБИНАХ

С ростом глубины условия добычи угля в Донбассе все более усложняются. Происходит существенное снижение устойчивости подготовительных выработок, увеличивается количество вывалов в очистных забоях, растет интенсивность и изменяется характер газовыделения, учащаются внезапные выбросы угля и газа.

Все вышеперечисленные явления, не смотря на внешние различия, имеют под собой общую физическую основу и природу: они обусловлены изменением напряженно-деформированного состояния (НДС) горного массива при ведении очистных работ в пределах яруса, крыла, горизонта или всего шахтного поля. В связи с этим любые новые знания и представления в области *геомеханики лавы* могут быть использованы для повышения безопасности и эффективности угледобычи.

Из практики отработки угольных пластов хорошо известно явление периодического зависания и обрушения слоев основной и непосредственной кровли в очистных забоях. Его суть заключается в том, что по мере подвигания лавы увеличивается площадь обнажения кровли, вес зависающих над выработанным пространством пород и происходит их обрушение. Предельная длина консоли, или шаг обрушения непосредственной кровли всегда в несколько раз меньше шага обрушения основной.