

КОДУНОВ Б.А. (КИИ ДонНТУ)

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА СДВИЖЕНИЯ И ДЕФОРМИРОВАНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД И ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПОД ВЛИЯНИЕМ ПОДЗЕМНОЙ РАЗРАБОТКИ

Розглянуто комп'ютерну програму та її можливості при моделюванні процесу зрушення гірських порід і земної поверхні під впливом підземних гірничих робіт

Под термином сдвигение горных пород в горнотехнической литературе понимают их перемещение и деформирование в результате нарушения равновесия под влиянием горных разработок. В процессе сдвигения происходит изменение объёма пород, в результате чего образуются зоны деформаций сжатия, соответствующие зонам повышенного горного давления и зоны разрыхления горных пород, соответствующие зонам пониженных напряжений. Таким образом, процесс сдвигения горных пород тесно связан с характером перераспределения напряжений в горном массиве и определяет его напряженно - деформированное состояние, которое обязательно учитывается при выборе параметров систем разработки и большинства технологических процессов подземных горных работ. Кроме того, для выбора мер охраны при подработке объектов, находящихся на земной поверхности или в массиве горных пород необходимо знать и уметь прогнозировать величину сдвижений и деформаций. Поэтому установление закономерностей процесса сдвигения, совершенствование методов прогнозирования напряженно-деформированного состояния горных пород и земной поверхности является актуальной научной и практической задачей.

Первые исследования по данному вопросу относятся ко второй половине XIX в., однако до настоящего времени нет единой общепризнанной теории сдвигения горных пород и земной поверхности. В нашей стране официальным методом прогнозирования сдвижений и деформаций земной поверхности, закрепленным в нормативных документах, является метод типовых кривых, основанный на использовании данных натуральных измерений, по которым строятся кривые сдвижений и деформаций [1]. Методы расчета сдвижений и деформаций толщи горных пород до настоящего времени остаются практически не разработанными.

Математическое моделирование физических процессов получило свое развитие после широкого внедрения быстродействующей электронно-вычислительной техники и является сейчас таким же распространенным методом изучения природы, как и физическое моделирование. Методы математического моделирования физических процессов, можно разделить на аналитические, численные или их комбинацию. Их основным преимуществом перед физическим моделированием является оперативность, то есть возможность быстрого изменения исходных данных и получения результата. Достоверность результатов математического моделирования, как и физического оценивается по главному критерию – соответствию натурным измерениям. В этом плане анализ существующих работ показывает, что исследования, посвященные математическому моделированию сдвигения горных пород и земной поверхности, недостаточно полно описывают данный процесс и не могут считаться законченными.

Автором разработана математическая модель и на её основе составлена программа расчета сдвижений и деформаций массива горных пород и земной поверхности. Математический аппарат формул, лежащий в основе модели изложен в работе [2]. При со-

ставлении модели массив горных пород принимается в виде дискретной слоистой среды блочной структуры. Выработанное пространство разбивается на элементарные участки, которые генерируют возникновение областей движения горных пород и земной поверхности. При их сложении образуется общая область сдвижения от влияния всей очистной выработки, а частицы (участки) горных пород или земной поверхности перемещаются, образуя векторы сдвижений. По направлению и величине данных векторов можно судить об изменениях в положении исходной линии или поверхности и соответствующих деформациях, вызванных этими изменениями.

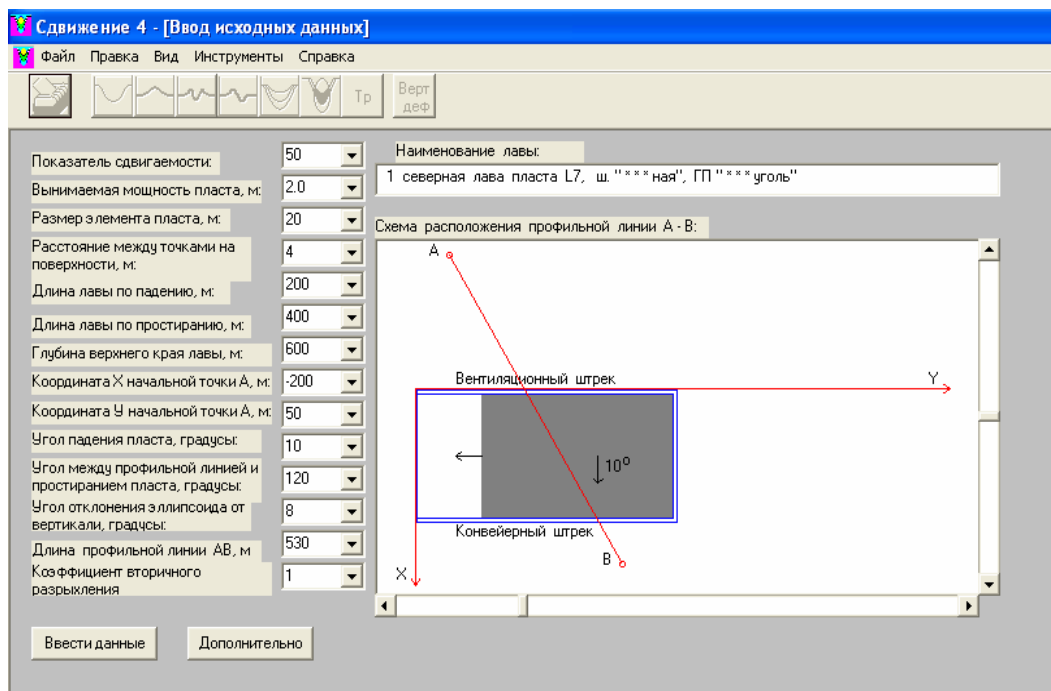


Рис. 1. Исходные данные для моделирования.

Исходными данными для моделирования служат (рис.1.):

- горнотехнические параметры (размер выработанного пространства по простиранию и падению);
- горногеологические факторы (глубина залегания пласта, угол падения, мощность, показатель сдвигаемости горных пород – интегральный параметр, учитывающий свойства горного массива, влияющие на его сдвигение);
- геометрические параметры моделирования (положение точек профильной линии в пространстве, определяемое координатами начальной точки, углом разворота, расстоянием между точками; размеры элементарной области пласта, инициирующей процесс сдвижения, угол направления области сдвижений);
- дополнительные параметры (направление движения забоя лавы, мощность наносов, расстояния между горизонтальными и вертикальными сечениями для расчета вертикальных деформаций или объемов мульды сдвижения).

Для идентификации разработанной математической модели выполнено сравнение результатов математического моделирования с фактическими данными и официальной методикой расчета сдвижений и деформаций земной поверхности. Также учитывалось соответствие полученных закономерностей при сдвигении массива горных пород с имеющимися исследованиями. При идентификации учитывались как качественные, так и количественные характеристики процесса сдвижения.

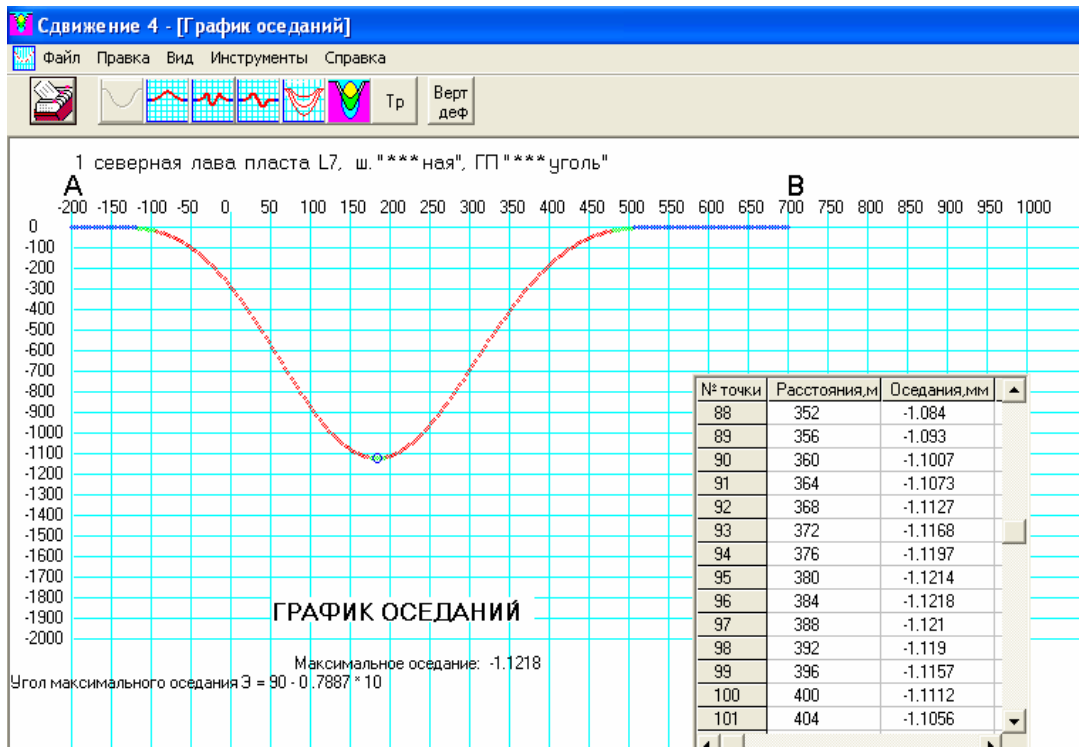


Рис. 2. Кривая оседаний.

Анализируя кривую оседаний, полученную при моделировании (рис.2), необходимо отметить смещение максимума оседания в сторону падения пласта, а также наличие двух точек перегиба кривой, находящихся над границами выработанного пространства и соответствующих нулевым деформациям (рис. 3.).

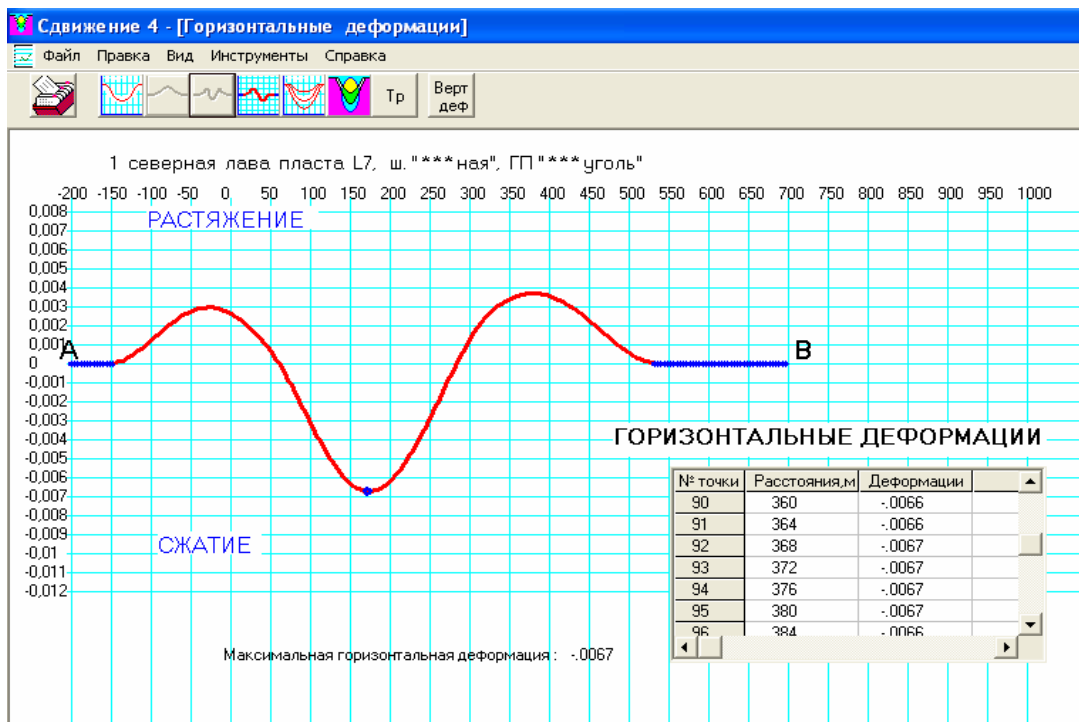


Рис. 3. Горизонтальные деформации земной поверхности.

Данные закономерности достоверно установлены исследованиями других авторов, фактическими данными и могут служить своеобразным эталоном при идентификации результатов моделирования. Кроме того, при сравнении вида кривых горизонтальных сдвижений и наклонов, а также горизонтальных деформаций и кривизны отмечается их подобие, что свидетельствует об их общей природе и подтверждается практическими результатами и ранее выполненными теоретическими исследованиями. Исследуя смоделированную кривую оседаний на экстремальные точки, отмечаем, что первая производная от данной функции соответствует кривым наклонов и горизонтальных сдвижений, а вторая производная – кривым горизонтальных деформаций и кривизны. Причем кривые, построенные по координатам векторов перемещений частиц, соответствуют кривым, полученным аналитическим способом от аппроксимированной функции оседаний.

Представленная программа позволяет получить и дополнительные сведения о процессе сдвижения, такие, как объём мульды сдвижения (рис.4.), распределения оседаний и деформаций в области влияния очистного пространства (рис. 5., рис. 6.).

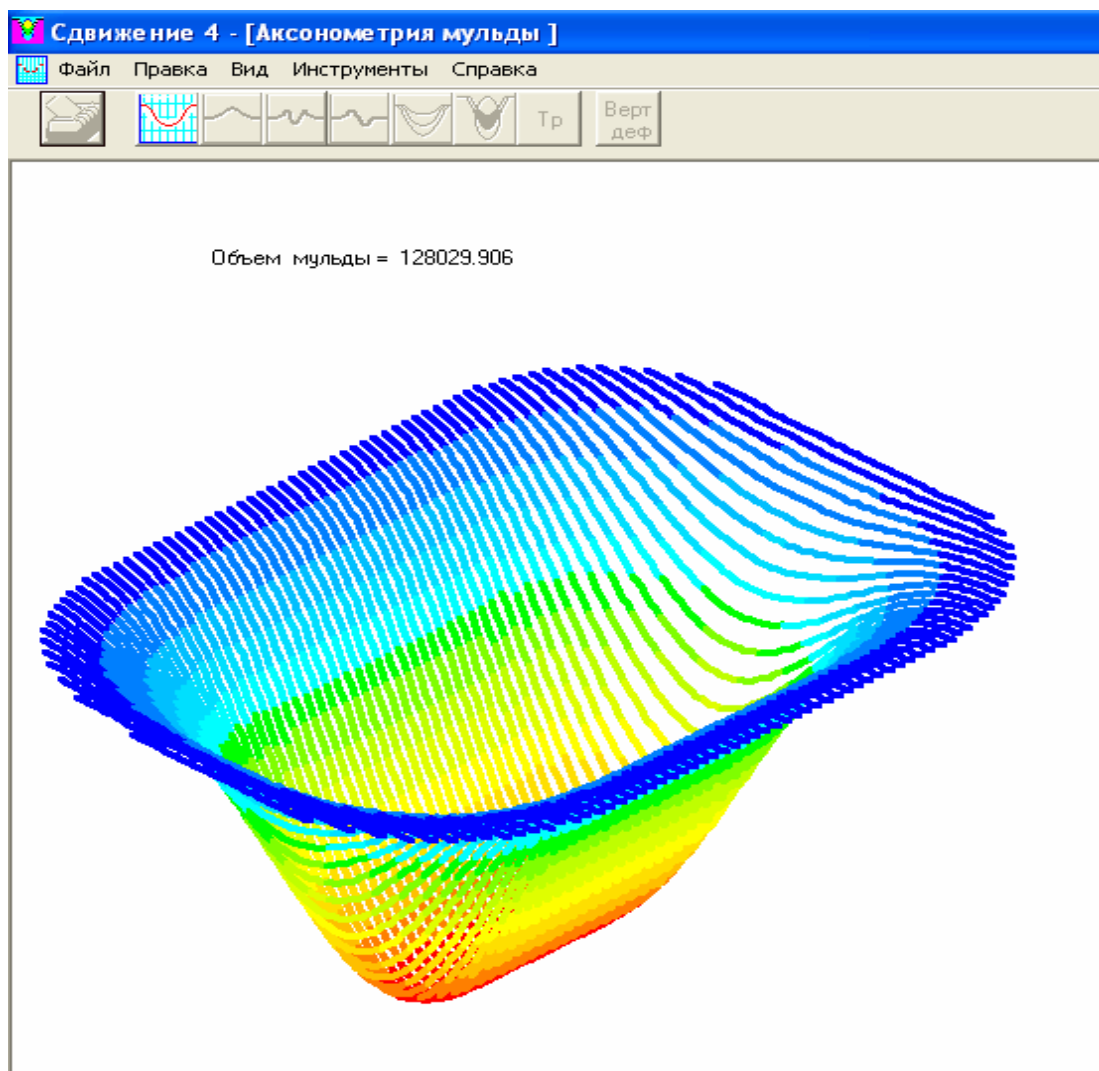


Рис. 4. Аксонометрия мульды сдвижения.

Необходимо отметить, что данная программа не использует аналитические или эмпирические формулы для описания кривых сдвижений и деформаций. Данные кри-

вые определяются координатами точек, переместившихся в новое положение после воздействия на них выработанного пространства.

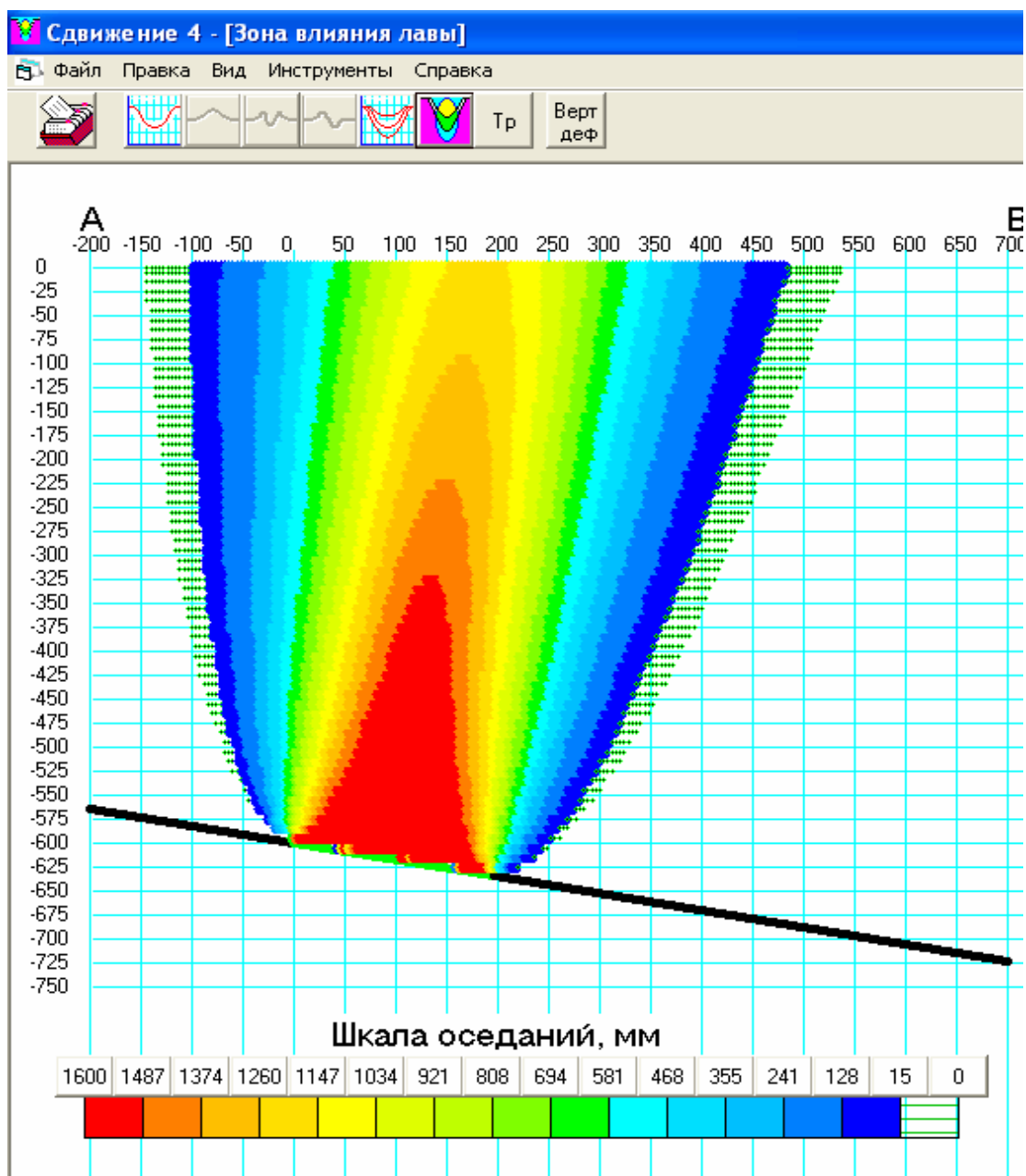


Рис. 5. Распределение оседаний в зоне влияния лавы.

Таким образом, разработанная математическая модель процесса сдвигения горных пород и земной поверхности, реализованная в виде компьютерной программы, позволяет:

- прогнозировать ожидаемые сдвигения и деформации массива горных пород и земной поверхности в любой заданной точке;
- учитывать при моделировании практически все заданные горнотехнические и горногеологические условия разработки;
- оперативно выполнять предрасчет ожидаемых сдвигений и деформаций для различных условий отработки пластов;

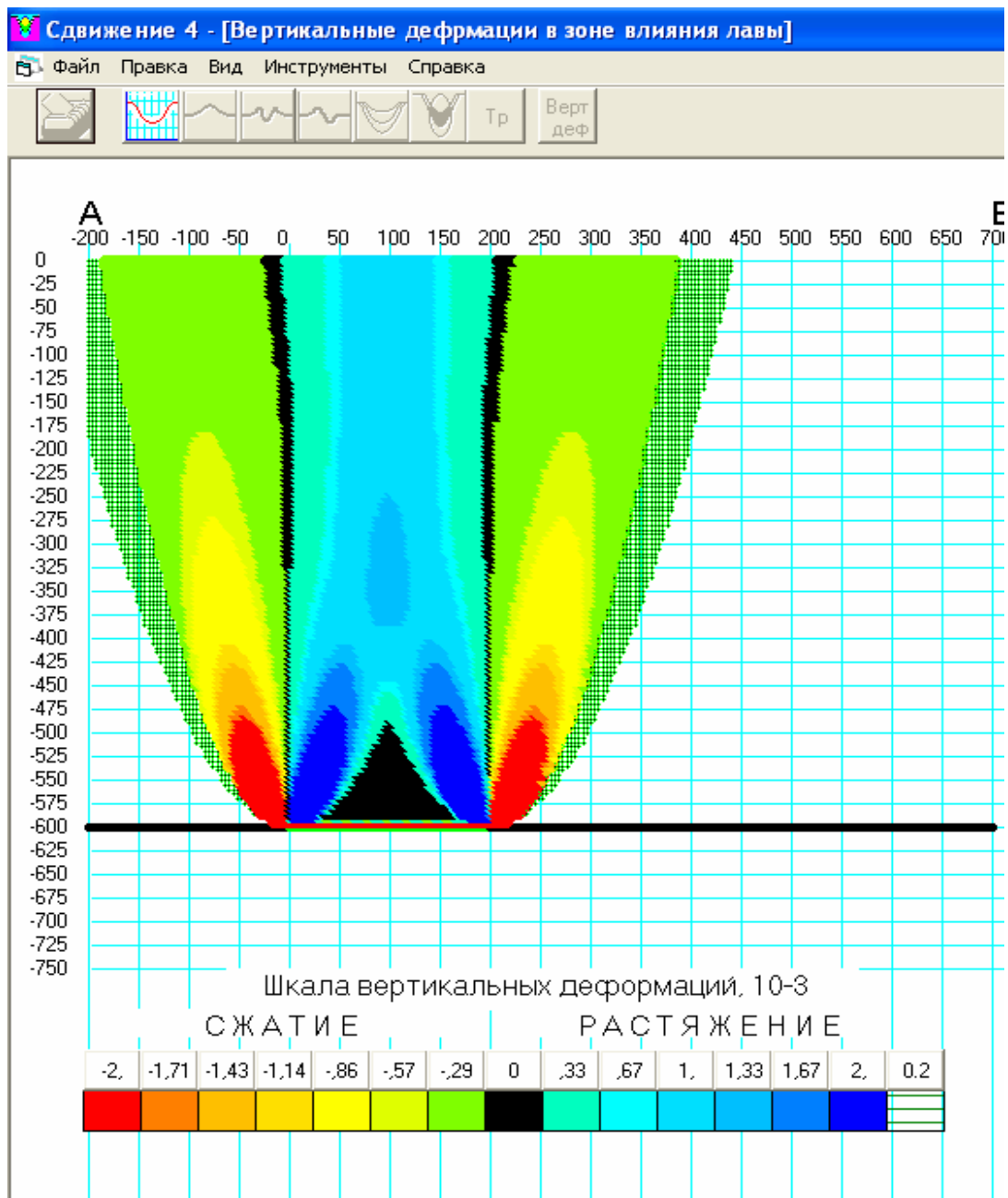


Рис. 6. Распределение деформаций в зоне влияния лавы.

- выполнять научные исследования сдвижений горных пород и земной поверхности, для проверки существующих и поиска новых закономерностей данного физическо-го процесса.

Библиографический список:

1. Правила подработки зданий, сооружений и природных объектов при добыче угля подземным способом.- Донецк: УкрНИМИ, 2004.- 127с.
2. Б.А. Кодунов. Метод прогнозирования сдвижений горных пород и земной поверхности при подземной разработке угольных месторождений // Уголь.- 1991.-№2.-С.54-56.