

УДК 551.24.03

В.И. Алехин (д.геол.н., профессор), П.В. Койнаш  
Донецкий национальный технический университет, г. Донецк, Украина

## Поля напряжений и деформаций Дроновского поднятия северо-западной части Бахмутской котловины Донбасса

Показаны результаты структурно-тектонических и тектонофизических исследований пермских и меловых отложений Дроновского поднятия Бахмутской котловины Донбасса. Выявлены системы разрывных дислокаций, выполнена реконструкция полей суммарных хрупких деформаций и полей палеонапряжений. Установлены элементы залегания осей деформаций и палеонапряжений, вид напряженного состояния массива. Исследовано влияние палеонапряжений и деформаций на качество минерального сырья.

**Ключевые слова:** Бахмутская котловина, Донбасс, разрывные дислокации, деформации, палеонапряжения.

Изучение тектонофизических особенностей на современном этапе развития геологической отрасли играет важнейшую роль в процессе прогнозирования полезных ископаемых и их качественных характеристик. Ранее полномасштабные тектонофизические исследования на территории Бахмутской котловины Донбасса с целью прогнозирования минерального сырья и его качества не проводились.

В Бахмутской котловине выявлены месторождения и рудопроявления различных полезных ископаемых: месторождения пещего мела, доломитов (флюсовое сырье для металлургии), каолиновых глин (огнеупорные, кислотоупорные), месторождения бурого угля, проявления меди и др. Площадь Бахмутской котловины является потенциально привлекательной для поисков скоплений природного газа [1].

Нами изучены разрывные дислокации в различных отложениях небольшой площади Бахмутской котловины, расположенной в окрестностях с.Дроновка и с.Закотное Краснолиманского района Донецкой области. Работы проведены на трех локализованных участках (рис.1).

Цель исследований - выявление основных систем дислокаций, реконструкция полей напряжений и деформаций разновозрастных отложений и прогнозирование характера влияния параметров этих полей на качество минерального сырья (мела и доломита).

В геоморфологическом отношении площадь исследований относится к правому берегу р. Северский Донец и характеризуется холмистым рельефом с пойменными долинами.

В геолого-структурном отношении территория исследований расположена в пределах Дроновского поднятия Бахмутской котловины Донбасса. Особенностью площади исследований, как и всей северо-западной окраины Донбасса, является трехъярусное строение осадочной толщи. Нижний (палеозойский) структурный этаж включает каменноугольные и пермские отложения, средний представлен мезозойскими отложениями, верхний сложен кайнозойскими породами [2].

Каменноугольные отложения представлены араукаритовой свитой (аргиллиты, алевролиты и песчаники). Свита практически полностью перекрыта отложениями перми [3]. В составе пермских отложений выделяют картамышскую ( $P_{1kr}$ ), никитовскую ( $P_{1mk}$ ) и славянскую ( $P_{1sl}$ ) свиты. В состав отложений триасовой системы входят: дроновская свита нижнего триаса ( $T_{1dr}$ ), серебрянская свита нижнего-среднего триаса ( $T_{1-2sr}$ ), нерасчлененные отложения верхнего триаса ( $T_3$ ). Юрские отложения представлены козулинской  $J_{1-2kz}$  и черкасско-каменской ( $J_{2ch-km}$ ) свитами. В состав меловых отложений входят: святогорская свита ( $K_{1-2sg}$ ) и нерасчлененные меломергельные отложения верхнего мела  $K_2$  (см. рис.1).

Полевые исследования проводились в обнажениях горных пород по реке Бахмутка и карьерах у сел Дроновка и Закотное. Использовались традиционные методы структурно-

тектонических исследований и кинематический метод тектонофизического анализа полей напряжений и деформаций по разрывным дислокациям.

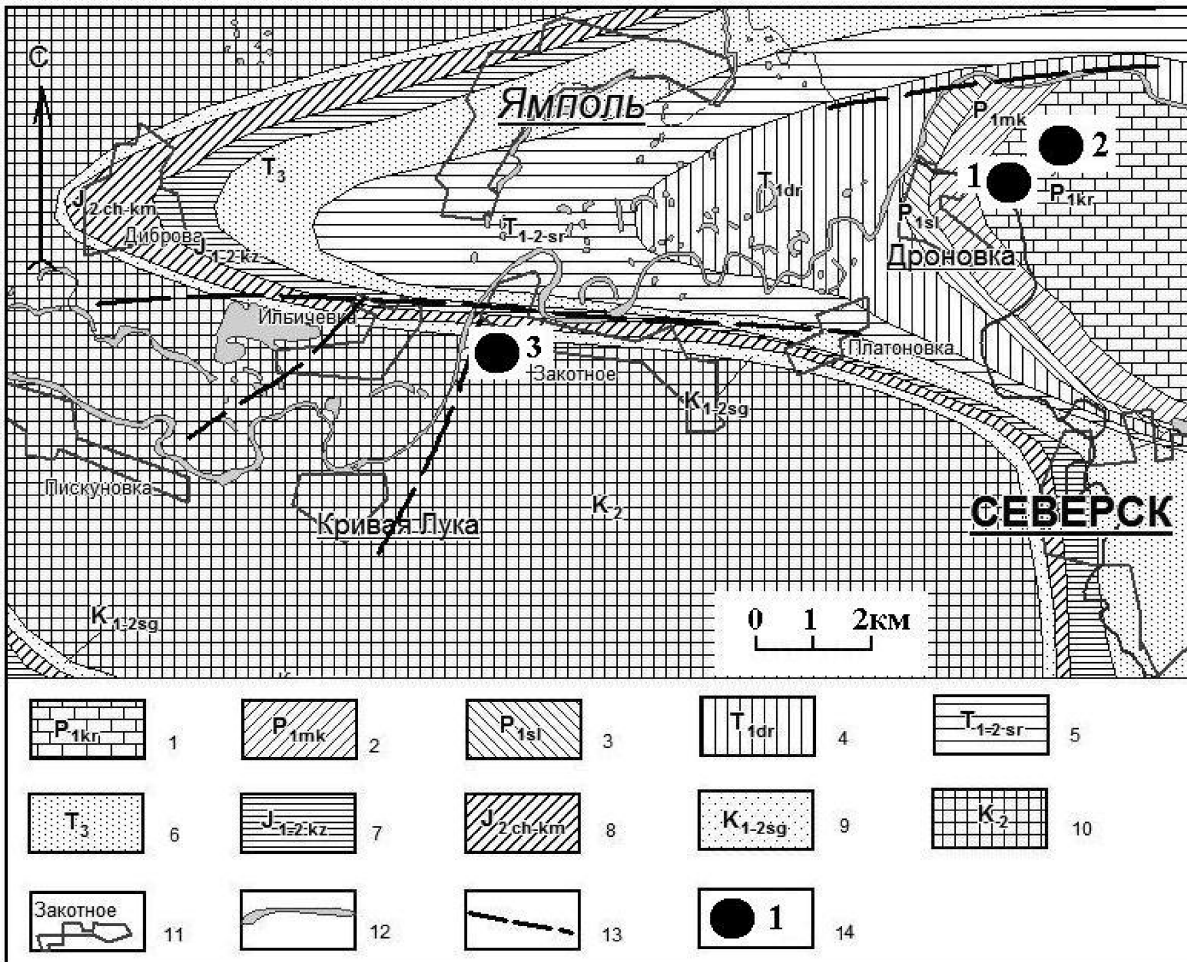


Рис.1. Схематическая геологическая карта площади исследований:

1 – 9 отложения свит: 1 – картамышской (аргиллиты, алевролиты, доломиты, известняки); 2 – никитовской (песчаники, алевролиты, гипсы); 3 – славянской; 4 – дроновской (песчаники, алевролиты, глины); 5 – серебрянской (песчаники); 6 – верхнего триаса (песчаники, глины); 7 – козулинской (глины); 8 – черкасско-каменской (песчаники, алевролиты, глины); 9 – святогорской (песчаники, глины); 10 – отложения верхнего мела (мел, мергель); 11 – контур населенного пункта; 12 – русло реки Северский Донец; 13 – разрывные тектонические нарушения; 14 – участки тектонофизических исследований.

Особое внимание уделялось признакам смещения по трещинам и разрывным нарушениям. С этой целью детально исследовалась поверхность зеркал скольжения с выделением ступеней и треугольников выкрашивания, борозд и штрихов скольжения. Определялись реперные структурные элементы, смещаемые швом – жилы, зоны метасоматоза, трещины. Полевое изучение трещин проводилось с обязательным делением их на сколы и отрывы. К сколам относились прямые протяженные трещины, выдержанные по простиранию, с гладкой поверхностью, часто со штрихами и бороздами скольжения. К отрывам относились трещины с неровными краями и извилистыми очертаниями, шероховатой поверхностью стенок.

Для тектонофизических исследований хрупких деформаций использовался метод кинематического анализа Гущенко-Корчемагина [4, 5]. Метод основан на анализе направлений сдвиговых перемещений, возникающих по разрывам под действием единого поля напряжений. Принципиально важным положением метода является то, что реконструкция поля напряжений проводится исходя из условия существования различно ориентированных разрывных дислокаций до начала действия поля напряжений. Действие на горный массив напряжений приводит к возникновению смещений по трещинам, которые фиксируются в виде борозд и штрихов

скольжения. Разрывные нарушения одного размера образуют единый структурный уровень, который определяет масштаб осреднения (ранг) реконструируемого поля напряжений. В основу метода положена зависимость между ориентировкой главных осей напряжений и следами скольжения на плоскостях разрывов.

Нами в полевых условиях измерялись все разрывные дислокации одного ранга. Направление подвижки определялось по штрихам, бороздам скольжения, треугольникам выкрашивания и аккреционным ступеням по жильному заполнению трещин.

Обработка полевых структурно-тектонических данных сводилась к построению стереограмм плотности полюсов деформационных структур (в изолиниях), выделения главных систем и установления их элементов залеганий; построению роз-диаграмм простираний основных систем. При этом использовалась компьютерная программа STEREO.

Обработка данных тектонофизических исследований выполнялась с установлением главных нормальных напряжений и напряженного состояния массива. При этом использовалась компьютерная программа Geos, разработанной О.И.Гущенко с соавторами. Реконструкции полей напряжений сводились к определению ориентировок в пространстве осей главных нормальных напряжений и определения вида напряженного состояния. Оси изображались на верхнюю полусферу стереографической проекции. В данной методике принято изображать главные нормальные оси следующим образом:  $\sigma_1$  – ось растяжения,  $\sigma_3$  – ось сжатия,  $\sigma_2$  – промежуточная ось. Для количественной оценки полей напряжений использовался коэффициент Лодэ-Надаи  $\mu_\sigma$ . Коэффициент Лодэ-Надаи характеризует вид напряженного состояния и отражает соотношение главных осей напряжений, вызвавших подвижку в плоскости разрыва. Все значения коэффициента заключены в пределах от -1 до +1. В «механическом смысле» при значениях  $\mu_\sigma = 0$  коэффициент отражает состояние чистого сдвига, при  $\mu_\sigma = +1$  – чистого (одноосного) сжатия, при  $\mu_\sigma = -1$  – чистого (одноосного) растяжения. Когда значения  $\mu_\sigma$  располагается от 0 до +1, можно говорить о преобладании условий сжатия, а при значениях от 0 до -1 – условий растяжения.

Программа Geos позволяет выполнить и реконструкции полей суммарных хрупких деформаций, отражающих всю совокупность накопившихся деформаций за несколько этапов тектогенеза. Преимуществом данного пакета является возможность обработать не только трещинные структуры и разрывы, но и все виды хрупких деформаций массива - трещины и разрывы с определенными направлениями смещений крыльев, трещины и разрывы с неизвестными направлениями смещений, а также дайки, жилы, зоны метасоматоза. Нами в результате реконструкции полей деформаций определялось положение в пространстве оси преимущественного удлинения эллипсоида деформаций –  $\epsilon_1$ , оси укорочения –  $\epsilon_3$ , промежуточной оси –  $\epsilon_2$ , а также их соотношения по коэффициенту  $\mu_\epsilon$ .

Результаты структурно-тектонических исследований позволили установить несколько систем разрывных дислокаций в пермских и меловых отложениях. На участке села Закотное изучались разрывные дислокации в меловых отложениях. Всего исследовано более 70 разрывных дислокаций. Подавляющее число трещин и мелких разрывных нарушений имеет субширотное простирание и формирует две системы. Одна система имеет крутое падение на север: азимут падения 355°, угол падения 85°. Вторая система характеризуется пологим падением на юг: азимут падения 180 – 190°, угол падения 30 – 36° (рис. 2). Жильные образования также формируют две системы. Первая система имеет северо-восточное простирание с падением на северо-запад под углом 65°. Вторая система простирается в направлении север-северо-запад (азимут 345°) и падает в восточном направлении (см. рис. 2). Результаты реконструкции полей суммарных деформаций и палеонапряжений (табл. 1, 2) показывают, что первая система жил и система разрывов субширотного простирания с крутым падением на север начиная с палеогена находились в состоянии растяжения. На это указывает тот факт, что оси удлинения и растяжения располагаются вблизи полюсов названных систем (см. рис. 2). При этом самое молодое поле напряжений характеризуется сдвиговым типом и видом напряженного состояния близким к одноосному растяжению (см. табл. 2).

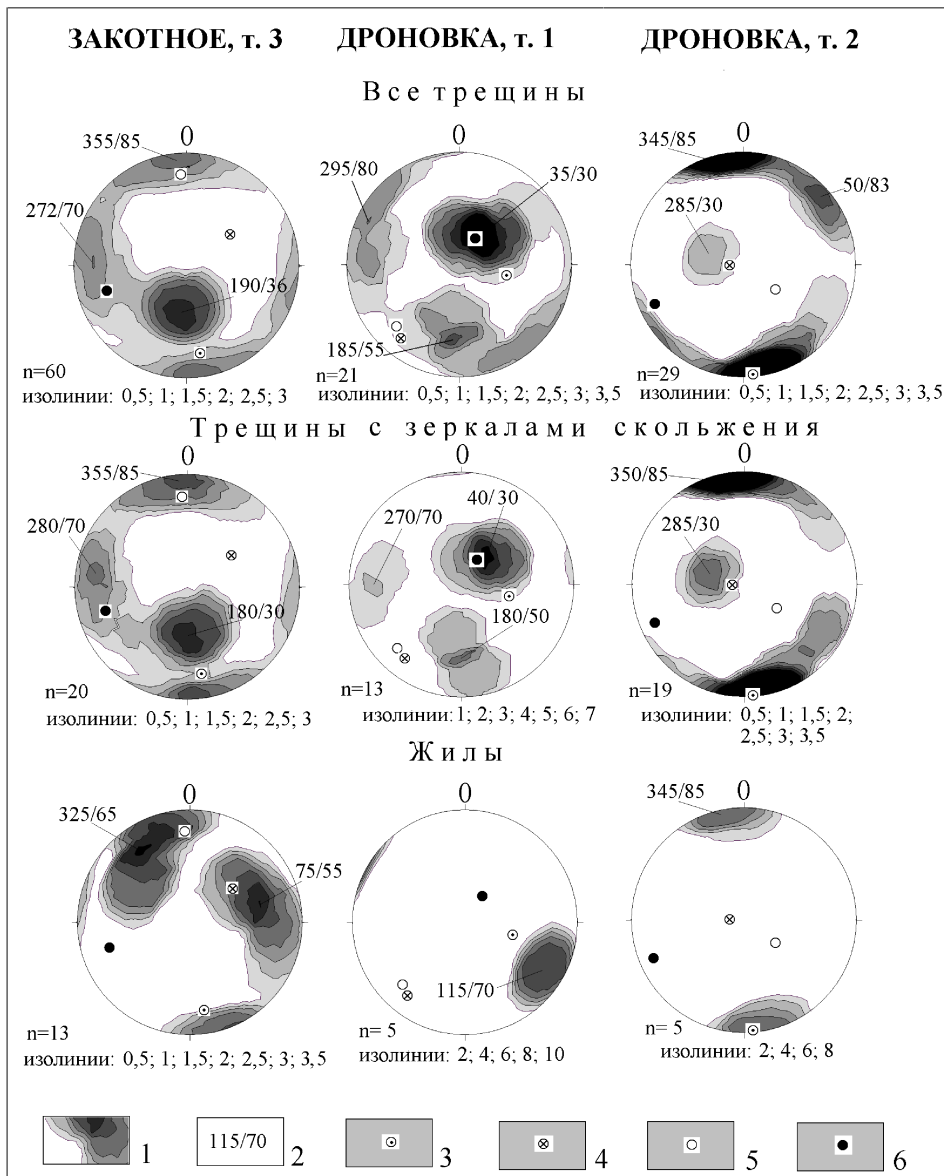


Рис. 2. Стереодиаграммы разрывных дислокаций в меловых и пермских отложениях участков сел Закотное и Дроновка:

1 – изолинии плотности дислокаций; 2 – элементы залегания систем дислокаций: 115 – азимут падения, 70 – угол падения; 3 – ось удлинения поля суммарных деформаций; 4 – ось укорочения поля суммарных деформаций; 5 – ось растяжения главных нормальных напряжений; 6 – ось сжатия главных нормальных напряжений.

Из всего выше сказанного следует, что на участке с. Закотное дислокации субширотного и северо-западного простирания и крутого падения, начиная с конца мелового периода, были наиболее проницаемы для различных растворов. С такими структурами могут быть связаны инфильтрационные изменения мела, ухудшающие качество этого минерального сырья за счет привноса гидроокислов железа.

На участке села Дроновка исследования проведены в двух точках, расположенных на удалении до 800 м друг от друга. В точке 1 изучались обнажения пермских доломитов непосредственно в русле реки Бахмутка и вдоль ее берегов. Точка 2 располагалась в старом карьере по добыче доломитов (см. рис. 1). Всего на участке исследовано более 60 трещин, мелких разрывов и жил. Как показывают результаты исследований, тектоническое строение участка от точки 1 до точки 2 резко меняется (см. рис. 2). Это проявлено в изменении элементов залегания пермских доломитов (см. табл. 1) в различных системах трещин (см. рис. 2) и в различных параметрах полей суммарных деформаций и палеонапряжений (см. табл. 1, 2). Такие резкие

изменения связаны с расположением точек наблюдения в ядре Дроновского поднятия. Здесь, очевидно, формировались многочисленные различно ориентированные разрывы, которые и нашли свое отражение в различных системах трещин и жильных образований. Наиболее существенным на данном участке является хорошо проявленная система разрывных дислокаций субширотного простирания с крутым падением на север, выявленная в точке 2 (см. рис. 2). Вблизи полюса трещин, зеркал скольжения и жил этой системы располагается ось удлинения поля суммарных деформаций. Коэффициент  $\mu\epsilon$  этого поля имеет отрицательное значения и приближается к 1 (см. табл. 1). Все это указывает на то, что система дислокаций субширотного простирания, начиная с перми, длительное время находилась в состоянии растяжения и была проницаема для различных растворов, которые существенным образом влияли на качество доломитов. Эта же система дислокаций хорошо проявила себя и в меловых отложениях на участке села Закотное (см. рис. 2).

Табл.1. Параметры суммарного поля хрупких деформаций пород в районе сел Дроновка и Закотное (по элементам залегания трещин, зеркал скольжения и жил)

№ участков	Число замеров	Вмещающие породы, расположение пункта наблюдений	Элементы залегания пород	Элементы залегания осей, град.		$\mu\epsilon$
				$\epsilon_1$	$\epsilon_3$	
1	25	Доломиты картамышской свиты нижней перми (P <sub>1</sub> kr), правый берег р. Бахмутки у с. Дроновка	256/25	282/55	41/19	-0,06
2	39	Доломиты картамышской свиты нижней перми (P <sub>1</sub> kr), 800м от участка 1 на СЗ	360/28	356/1	91/80	-0,58
3	72	Мел и мергель верхнего мела (K <sub>2</sub> ), карьер по добыче мела на ЮЗ окраине с. Закотное	185/32	351/23	232/50	+0,15

Примечание: в числителе – азимут падения оси, в знаменателе – угол падения оси.

Табл. 2. Параметры поля палеонапряжений пород в районе сел Дроновка и Закотное (по элементам залегания зеркал скольжения)

№ участков	Число замеров	Вмещающие породы, расположение пункта наблюдений	Элементы залегания осей, градусы			$\mu\sigma$
			$\sigma_1$	$\sigma_2$	$\sigma_3$	
1	13	Доломиты картамышской свиты нижней перми (P <sub>1</sub> kr), правый берег р. Бахмутки у с. Дроновка	43/20	312/4	212/69	0,65
2	19	Доломиты картамышской свиты нижней перми (P <sub>1</sub> kr), 800м от участка 1 на СЗ	308/61	163/24	67/14	0,65
3	20	Мел и мергель верхнего мела (K <sub>2</sub> ), карьер по добыче мела на ЮЗ окраине с. Закотное	176/20	304/52	72/26	-0,7

Анализ расположения в пространстве главных нормальных осей поля напряжений в точках наблюдения 2 и 3 показывает одинаковое положение оси сжатия (см. рис. 2). Промежуточная ось и ось растяжения меняются местами (см. табл. 2). В результате этого взбросовый тип поля напряжения в пермских доломитах меняется на сдвиговый в меловых отложениях. Преобладание сдвигового поля напряжения в молодых отложениях характерно для многих регионов. Такие особенности полей напряжений следует ожидать для всей территории Бахмутской котловины Донбасса.

Длительная тектоническая активность субширотной системы дислокаций могла влиять на формирования различных полезных ископаемых и изменение их качественных характеристик. Система субширотных дислокаций активна и в современную эпоху. Нами в районе точки

наблюдения 3 у села Закотное наблюдались проявления многократных оползневых процессов, затрагивающих четвертичные образования и нарушающих современные постройки.

**Выводы.** Проведенные исследования позволили выявить различные системы разрывных дислокаций в пермских и меловых отложениях, впервые выполнена реконструкция полей суммарных хрупких деформаций и полей палеонапряжений в районе Дроновского поднятия. Установлены элементы залегания осей деформаций и палеонапряжений, вид напряженного состояния массива в различные периоды. Выявлена длительная тектоническая активность и преобладания условий растяжения для субширотных разрывных дислокаций, что оказывало влияние на формирование различных полезных ископаемых и их качественные характеристики. Установлены резкие локальные отличия полей деформаций и напряжений в ядре Дроновского поднятия. Наблюдается смена положения главных нормальных осей полей напряжений от перми до мела с изменением типа поля напряжений. При этом молодое поле напряжений характеризуется сдвиговым типом.

### Библіографічний список

1. Лазаренко Е.К., Панов Б.С., Груба В.И. Минералогия Донецкого бассейна: в 2 ч. – К.: Наукова думка, 1975. - Ч.1. – 275 с.
2. Геология СССР. – М., 1944. - Том VII. Донецкий бассейн. – 899 с.
3. Стратиграфічний кодекс України. – К., 1997. – 40 с.
4. Гущенко О.И. Метод кинематического анализа структур разрушения при реконструкции полей тектонических напряжений // Поля напряжений и деформаций в литосфере. – М.: Наука, 1979. – С. 7–25.
5. Корчемагин В.А. К методике выделения и реконструкции наложенных тектонических полей напряжений / В.А. Корчемагин, В.С. Емец // ДАН СССР. – 1982. – Т. 263, № 1. – С. 163–168.

© Алехин В.И., Койнаш П.В., 2011

Стаття надійшла до редакції 03.08.2011.

В.И. Алюхін, П.В. Койнаш  
Донецький національний технічний університет, м. Донецьк, Україна

### ПОЛЯ НАПРУЖЕНЬ Й ДЕФОРМАЦІЙ ДРОНІВСЬКОГО ПІДНЯТТЯ ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОЇ ЧАСТИНИ БАХМУТСЬКОЇ УЛОГОВИНИ ДОНБАСУ

Показані результати структурно-тектонічних і тектонофізичних досліджень пермських і крейдяних відкладень Дронівського підняття Бахмутської улоговини Донбасу. Виявлені системи розривних дислокацій, виконана реконструкція полів сумарних крихких деформацій і полів палеонапруги. Встановлені елементи залягання осей деформацій і палеонапруги, вид напруженого стану масиву. Досліджений вплив палеонапруги і деформацій на якість мінеральної сировини.

**Ключові слова:** Бахмутська улоговина, Донбас, розривні дислокації, деформації, палеонапруга.

ALYOHIN V.I., KOYNASH P.V.  
Donetsk national technical university, Donetsk, Ukraine

### STRESS AND DEFORMATION FIELDS OF DRONOVSKOE SWELLING AT NORTH-WEST PART OF DONBASS' BAKHMUT SYNCLINE

Results of structural and tektonophysical researches of permian and cretaceous deposits of Dronovsk dome of Bakhmutsk basin of Donbass are presented. The systems of disjunctive dislocations are exposed, the reconstructions of the fields of total fragile deformations and old strains have been executed. The elements of the bedding of axes of deformations and old strains, type of the tense state of array have been set. Influence of old strains and deformations on quality of mineral products is investigated.

**Keywords:** Bakhmut basin, Donbass, disjunctive dislocations, deformations, old strains.