

УДК 552.322: 551.222

Грорудиты участка с. Васильевки зоны сочленения Донбасса с Приазовьем, их вещественный состав, условия залегания и деформации

Алехин В. И.*

Донецкий национальный технический университет, Донецк, Украина

Поступила в редакцию 01.07.10, принята к печати 15.10.10

Аннотация

Исследованы условия залегания, вещественный состав и деформации дайки грорудитов участка с. Васильевка зоны сочленения Донбасса с Приазовьем. Изучены системы трещин в дайке. Проведены реконструкции полей древних напряжений и изучены их параметры. Выполнены реконструкции полей суммарных хрупких деформаций дайки. Изучены параметры этих деформаций. Исследованы формы проявления разрывных дислокаций участка и их кинематические характеристики. Исследованы вопросы возраста тектонических активизаций на участке и возраста медного оруденения. Изучены возможности использования параметров поля суммарных хрупких деформаций для прогнозирования оруденения в регионе

Ключевые слова: дайка, грорудит, условия залегания, состав, деформации, напряжения, реконструкция, оруденение.

Жильные магматические образований традиционно привлекают внимание геологов как индикаторы геодинамической обстановки, относительного возраста пород, перспективности территории на полезные ископаемые. Обычно хорошо изучены вопросы минералогического и химического состава, структурно-текстурных особенностей этих пород. Меньше уделяется внимание деформационным процессам, развивающимся после внедрения в толщу вмещающих пород. Совершенно новые возможности открываются при реконструкции древних полей напряжений, исследовании деформаций жильных тел и связанных с ними вещественных преобразований. Такие исследования слабо представлены в научной геологической литературе. Особенно это касается грорудитов, которые редко встречаются в исследуемом регионе, да и в мире в целом.

Грорудиты в Приазовье впервые обнаружил и описал в 1903 году И. А. Морозевич [1]. В дальнейшем исследования этих пород проводили В. И. Лучицкий и П. И. Лебедев (1934), Н. Л. Елисеев и др. (1965), Н. В. Бутурлинов и др. (1972, 1980), Н. Н. Шаталов (1986) и др. [2, 3, 4].

Дайки грорудитов встречаются в зоне сочленения Донбасса с Приазовьем вблизи с. Васильевка по реке Кальмиус, сел Кумачево и Кузнецово-Михайловки по реке Грузский Еланчик, по балке Каменка вблизи с. Октябрьское [2, 3]. Эти жильные образования относятся к группе пород, которые пересыщены щелочами с одновременным сохранением в составе избыточной кремниевой кислоты [5]. В связи с этим эгириин наряду с кварцем относятся к основным породообразующим минералам.

По данным Н. Н. Шаталова грорудиты описываемого района представляют собой серые, плотные, мелко-тонкозернистые, полнокристаллические порфиновые породы. Основная масса породы представлена калиевым полевым шпатом (55–60 %), кварцем (20–25 %), эгирином (15–20 %). Эти же минералы формируют порфиновые выделения. По петрохимическим особенностям грорудиты района почти идентичны кварцевым тингуаитам г. Осло [3].

Вопрос абсолютного возраста грорудитов до конца не решен. По данным Н. В. Бутурлинова и др. изотопный возраст грорудитов составляет 330 млн. лет [2]. Детальный анализ изотопных и геологических данных по определению возраста этих пород приведен в работе Н. Н. Шаталова [3]. Н. Н. Шаталов отмечает, что ранее определенный изотопный возраст в 275–280 млн. лет не отвечает геологическим данным. Собственные исследования, выполненные этим автором с использованием калий-аргонового метода, дали возраст в пределах 326–340 млн. лет. Этот возраст

* Для переписки: vikalex07@rambler.ru

хорошо согласуется с геологическими данными. В связи с этим автор делает вывод, что формирование даек грорудитов в зоне сочленения Донбасса с Приазовьем проходило на границе девона и карбона в бретонскую фазу герцинского орогенеза.

Особенности распределения трещин в исследованных породах детально описаны в работе Н. В. Бутурлинова, В. А. Корчамагина и др. [4]. Опубликованные данные по реконструкции полей хрупких деформаций и напряжений по этим породам отсутствуют.

Для уточнения условий залегания даек грорудитов, их взаимоотношений с вмещающими породами и разрывными нарушениями, выяснения особенностей деформаций на этапах внедрения и последующих тектонических активизаций района нами выполнена детальная съемка площади залегания дайки грорудитов в районе с. Васильевка.

Привязка точек наблюдения на площади проводилась по детальным космоснимкам с использованием геологического компаса и GPS. Исследовались геоморфологические условия, особенности почв и растительности.

При исследовании обнажений горных пород нами использовались общепринятые методы структурной геологии с описанием первичного состава вмещающих пород и всех эпигенетических изменений толщи. Отличительной чертой таких исследований было комплексирование традиционных методов со специальными тектонофизическими исследованиями и детальное изучение трещинных структур. В обнажениях изучался вещественный состав, структуры и текстуры породы, особенности деформаций и изменений вещественного состава, связанного с этими деформациями.

При выполнении исследований разрывных деформаций особое внимание уделялось признакам смещения по разрыву. При этом детально исследовалась поверхность зеркал скольжения с выделением ступеней и треугольников выкрашивания, борозд и штрихов скольжения. Определялись реперные структурные элементы, смещаемые швом – дайки, жилы, зоны метасоматоза, трещины. Исследовались оперяющие структуры – мелкие разрывы и трещины. Детально изучались не только зеркала, но и все системы трещин в обнажении. При этом определялся состав заполнителя и характер вторичных изменений. Тщательно изучались взаимоотношения между различными системами трещин (взаимные переходы, характер пересечения, слияния и т. д.) с предварительным установлением относительного возраста. Чтобы исключить пропуск отдельных систем трещин, для замеров выбирались участки обнажений с различной экспозицией стенок.

При изучении хрупких деформаций даек грорудитов и вмещающих пород использовался тектонофизический метод кинематического анализа О.И. Гуценко [6]. Метод основан на анализе направлений сдвиговых перемещений, возникающих по разрывам под действием единого поля напряжений. Принципиально важным положением метода принимается условие, что к началу действия поля напряжений в объеме горного массива уже существовали различно ориентированные разрывные дислокации. Действие на горный массив напряжений приводит к возникновению смещений по трещинам, которые фиксируются в виде борозд и штрихов скольжения. Разрывные дислокации 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 на участке исследований измерялись все трещины одного ранга. По штрихам и бороздам на зеркалах скольжения определяется направление подвижки. Точность последующих реконструкций увеличивается, если использовать различно ориентированные трещины, имеющие противоположные знаки смещения.

Направление знака смещения по разрыву легко установить, если наблюдается смещение маркеров (слоев, геологических границ, подвороты пластов и т. д.). При их отсутствии определить направление смещения по разрыву очень трудно. В такой ситуации нами применялось «правило Гофера», согласно которому крыло разрыва смещается вдоль штрихов скольжения в направлении наименьшей шероховатости вдоль ступеней отрыва. Опыт полевого изучения зеркал скольжения в обнажениях Приазовья, а также данные других исследователей показывают, что в ряде случаев направление смещения не подчиняется «правилу Гофера». На зеркалах скольжения формируются два типа ступеней, по которым обычно определяют направление смещения, – аккреционные и коренные.

Аккреционная ступень может состоять из плотно спрессованной глины трения, прижатой к зеркалу скольжения, а также часто сложена кальцитом или другим жильным заполнением. Коренная ступень, в отличие от аккреционной, врезана в породу и составляет с ней одно целое. Наши полевые наблюдения, а также данные других исследователей показывают, что аккреционные ступени являются согласными, то есть не препятствуют смещению по разрыву. Движение в этом случае происходит в направлении наименьшей шероховатости. Уступы же коренных ступеней ориен-

тированы в различных направлениях. Использование коренных ступеней и дает ошибку в определении направления смещений по разрывной дислокации.

Таким образом, если при полевых исследованиях удастся обнаружить аккреционные ступени, смещение по разрыву можно определить однозначно. Кроме того, надежно устанавливается направление смещения по треугольникам выкрашивания на поверхности зеркала скольжения. Направления смещения определяется также по ориентировке оперяющих систем трещин по отношению к плоскости сместителя. Полевым изучением и моделированием зон сдвигов установлено, что при их формировании образуются две системы сколовых оперяющих трещин, одна из которых располагается под более острым углом к плоскости сместителя, чем другая. Смещение крыла разрыва направлено в сторону острого угла. При этом отмечается важная особенность – строение зон скольжения мелких трещин на микроуровне (в шлифах и аншлифах) имеет принципиальное сходство со строением зон крупных тектонических разрывов. Все названные критерии использовались автором на участке исследований.

Реконструкция полей напряжений и суммарных хрупких деформаций по методике кинематического анализа проводилась с использованием компьютерной программы «Geos», разработанной О.И. Гущенко и А.О. Мострюковым [7]. При реконструкции полей напряжений определялась ориентировка в пространстве осей главных нормальных напряжений, устанавливался вид напряженного состояния. Результаты реконструкции представлялись расчетной таблицей и стереографическими проекциями. На стереографических проекциях в проекции на верхнюю полусферу изображались оси главных нормальных напряжений и оси эллипсоида деформаций. В данной методике и программе принято обозначать оси главных нормальных напряжений следующим образом: σ_1 – ось растяжения, σ_3 – ось сжатия, σ_2 – промежуточная ось. Для главных осей эллипсоида хрупких деформаций были приняты обозначения: ось преимущественного удлинения – ε_1 , ось укорочения – ε_3 , промежуточная ось – ε_2 .

Изучая ориентацию осей главных напряжений, можно получить лишь качественную картину напряженного состояния земной коры. Для количественной оценки полей напряжений нами использовался коэффициент Лодэ-Надаи μ_σ , который широко применяется в практике тектонофизических исследований. Коэффициент Лодэ-Надаи отражает соотношение главных осей напряжений, вызвавших подвижку в плоскости разрыва, и характеризует вид напряженного состояния массива. Все значения коэффициента заключены в пределах от -1 до $+1$. В «механическом смысле» при значениях $\mu_\sigma = 0$ коэффициент отражает состояние чистого сдвига, при $\mu_\sigma = +1$ наблюдаем условие одноосного сжатия, а при $\mu_\sigma = -1$ массив находится в условиях одноосного растяжения. Когда значения μ_σ изменяются в диапазоне от 0 до $+1$, можно говорить о преобладании условий сжатия. При значениях от 0 до -1 наблюдаем преобладание условий растяжения. Для поля суммарных хрупких деформаций аналогом μ_σ выступает коэффициенту μ_ε .

Программы «Geos» позволяют разделять и наложенные поля напряжений, т. е. поля напряжений разных эпох тектогенеза. При реконструкции полей суммарных хрупких деформаций выполняется оценка всей совокупности накопившихся хрупких деформаций за несколько этапов тектогенеза.

Применение комплекса методов позволило выявить новые черты в геологическом строении участка, установить влияние состава пород и разрывных нарушений на рельеф местности, почвы и растительность.

Установлено, что основная дайка грорудитов расположена в 100 м к востоку от восточной окраины села Васильевка на левом берегу реки Кальмиус. Дайка хорошо выражена в ландшафте и формирует положительную форму рельефа, вытянутую в СЗ направлении по азимуту 305° – 310° (рис. 1). Главной разрывным нарушением участка исследований является Васильевский взброс (рис. 2). Этот крупный разлом имеет субширотное простирание и отделяет палеозойские отложения Донбасса от докембрийских гранитоидов Приазовского блока Украинского кристаллического щита. В коренных породах разлом представлен зоной дробления и брекчирования, многочисленными мелкими разрывами и тектоническими трещинами с зеркалами скольжения. В разломной зоне развиты многочисленные кальцитовые жилы, интенсивное ожелезнение. Проявлены признаки щелочного метасоматоза. Вдоль основного шва отмечается глина трения и будинаж по базальтам девона. На зеркалах скольжения преобладают субгоризонтальные борозды. Мощность дислоцированной зоны достигает нескольких десятков метров. Разлом хорошо проявлен понижением в рельефе (см. рис.1) и просматривается на космоснимках.

Взаимоотношение Васильевского взброса и дайки грорудитов из-за плохой обнаженности коренных пород вблизи дайки до конца выяснить не удалось. Детальное исследование, проведенное по высыпкам коренных пород, показывает, что вмещающими породами являются гранитоиды анатольского комплекса докембрия. С ЮВ дайка обрывается разрывным нарушением. Нарушение

имеет простирание около 70° и четко проявлено в ландшафте по смене состава почвы и растительности. Над дайкой почвы обогащены обломками зеленовато-серого грорудита, которые придают почвам особый цвет. Растительность над телом дайки угнетена и малочисленна.

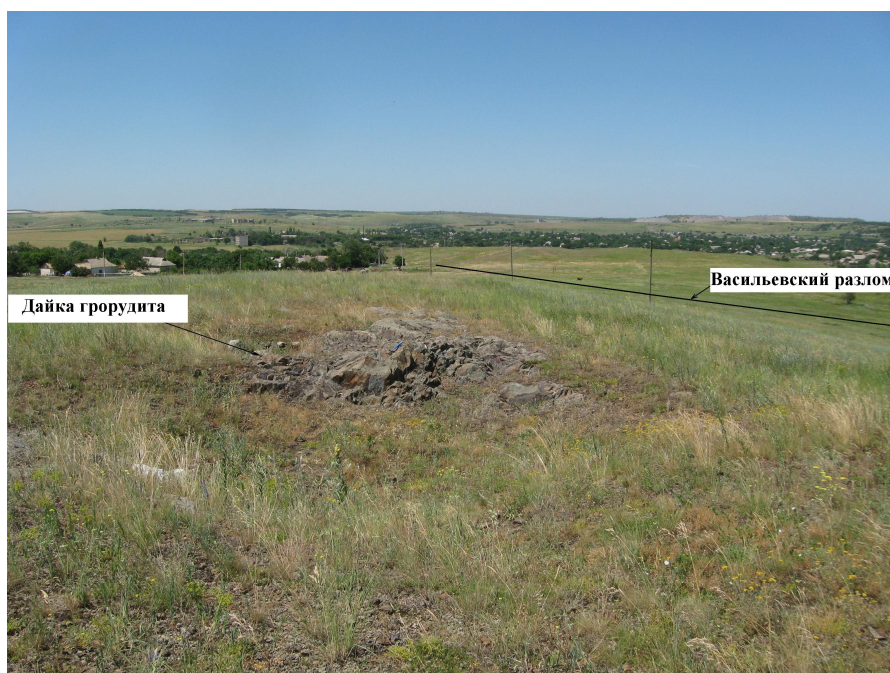


Рис. 1. Дайка грорудита на восточной окраине села Васильевка

Основная дайка прослеживается на расстоянии 150 м. Мощность дайки меняется от 8 м (вблизи карьерчика) до 25–30 м. Простирание дайки изменяется от 305° до 320° . Предполагаемое падение субвертикальное. С СЗ дайку срезает разрывное нарушение СВ простирания (около 30°). По этому нарушению наблюдается правый сдвиг по смещению маломощной дайки-сателита. Амплитуда смещения в горизонтальной плоскости составляет около 4 м. Дайки-сателиты сопровождают основную дайку грорудита с ЮВ стороны, образуя кулисы (см. рис. 2). Мощность их колеблется в пределах 0,8–1,2 м. Дайки-сателиты хорошо проявлены в ландшафте, но протяженность их небольшая – 10–20 м.

Минеральный состав, структура и текстура грорудитов основной дайки исследованы в стенках небольшого карьерчика (см. рис. 2). Глубина горной выработки около 1,5 м, диаметр достигает 6,5 м. Порода имеет серый с зеленоватым оттенком цвет, хорошо раскристаллизована. Структура породы мелкозернистая, размер минеральных зерен основной массы не превышает 1 мм. В основной массе преобладают порфиновые включения калиевого полевого шпата размером 5–7 мм. Реже встречаются порфиновые выделения эгирина призматической и игольчатой формы размером чаще до 7 мм (в редких случаях до 1 см) по удлинению. В порфиновых выделениях отмечаются изометричные зерна кварца размером до 3 мм. Тщательное изучение стенок карьерчика и сколов породы с различной экспозицией позволило установить тенденцию к некоторой упорядоченности включений калиевого полевого шпата и эгирина. В горизонтальной плоскости эти минералы вытягиваются вдоль простирания дайки, в вертикальной плоскости имеют крутые падения (под углами 80 – 90°) на СВ и ЮЗ.

В стенках горной выработки проведены измерения элементов залегания трещин и зеркал скольжения. Всего изучено 85 разрывных структур, из которых 20 составляют зеркала с бороздами и штрихами.

Построена роза-диаграмма простираний разрывных структур. Анализ этой розы-диаграммы показывает, что две системы трещин (простирания 315° и 45°) строго симметричны относительно дайки. Система трещин простирания 315° вытянута вдоль дайки, а система трещин простирания 45° строго перпендикулярна ей (см. рис. 2). Такая закономерность указывает на их контракционную природу. Первоначально эти трещины возникли как трещины отрыва при остывании расплавленного материала дайки. С другой стороны, вдоль них наблюдаются зеркала скольжения, т. е. сколы. Это хорошо видно на стереограммах плотностей полюсов трещин и зеркал скольжения (рис. 3). Очевидно, в последующие этапы тектогенеза вдоль контракционных трещин

происходили неоднократные подвижки в изменяющихся полях напряжений. О последующих этапах тектонической активизации свидетельствует тектонически сорванный ЮВ зальбанд дайки. В карьерчике наблюдается катаклиз и тонкое расланцевание пород вдоль этого контакта. При этом формировалась система оперяющих трещин простирания 335° , расположенная под острым углом к системе трещин простирания 315° . Соотношение этих систем в пространстве свидетельствует о том, что тектонический срыв ЮВ зальбанда дайки осуществлялся по типу правого сдвига. Такая кинематика очень характерна для структур СЗ простирания в герцинскую эпоху тектогенеза.

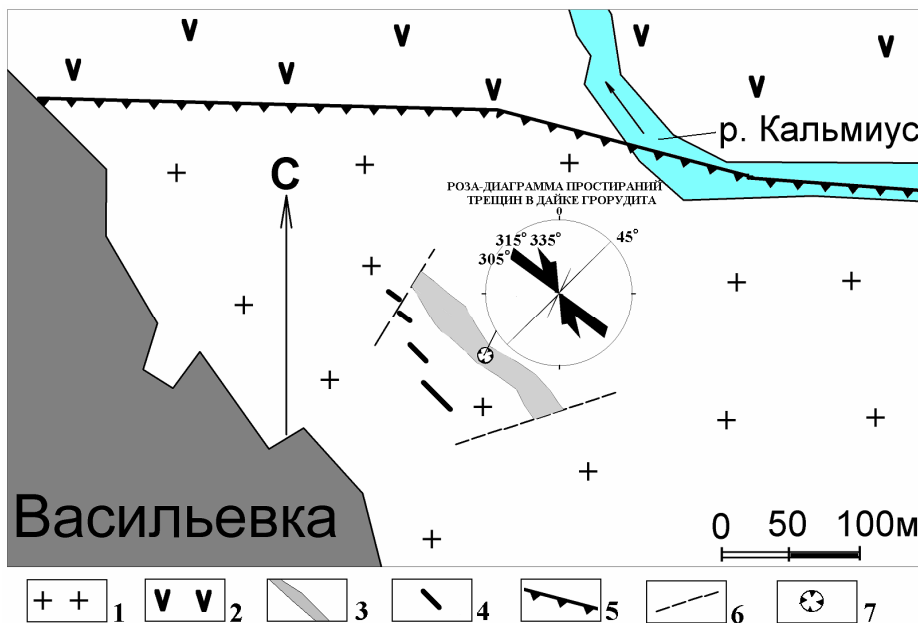


Рис. 2. Схематическая геологическая карта участка исследований по материалам Приазовской КГП с результатами исследований автора:

- 1 – гранитоиды анадольского комплекса докембрия; 2 – основные эффузивы антоновской свиты верхнего девона; 3 – основная дамба грорудитов; 4 – дайки грорудитов малой мощности (1–1,2 м); 5 – Васильевский разлом (взброс); 6 – предполагаемые мелкие разрывные нарушения; 7 – разведочная горная выработка (карьерчик).

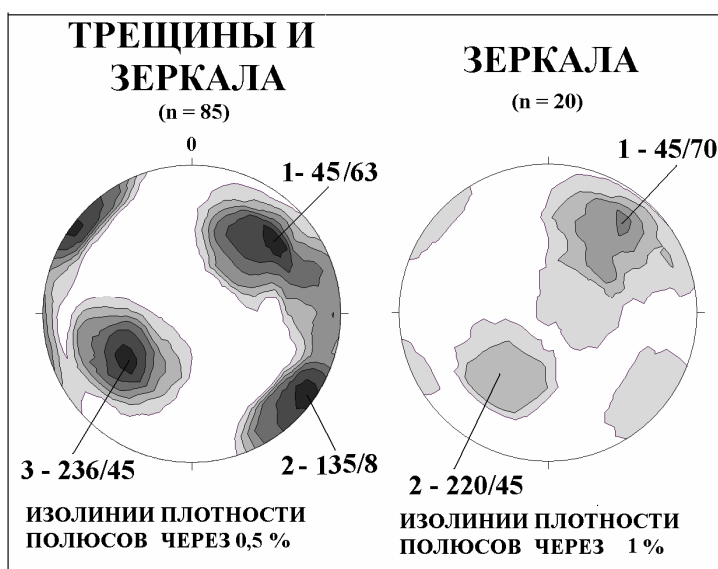


Рис. 3. Стереографические проекции плотности полюсов трещин и зеркал скольжения в основной дамбу грорудита с. Васильевки

3 – 236/45: 3 – номер системы трещин и зеркал; 236 – азимут падения; 45 – угол падения

По зеркалам скольжения и признакам смещений на их поверхности проведена реконструкция полей напряжений, результаты которой представлены в табл. 1. Установлено два разновозрастных поля напряжений, которые отличаются ориентировкой в пространстве осей главных нормальных напряжений. Вид напряженного состояния массива во всех случаях близкий к одноосному растяжению. При этом положение главных нормальных осей самого молодого поля № 1 грорудитов относительно дайки подтверждает кинематику правого сдвига по ЮВ зальбанду. Тип поля напряжений в этом случае сдвиговый. Древнее поле напряжений № 2 имеет сбросовый тип. Это поле находит свое подтверждение на участке в базальтах девона (см. табл. 1).

Результаты реконструкции поля суммарных хрупких деформаций представлены в табл. 2. Ранее нами отмечалась важность этого поля для оценки рудоносности разрывных структур.

Автором установлено, что ось удлинения поля суммарных хрупких деформаций контролирует в пространстве положения рудоносных структур, располагаясь вкрест их простираения [8]. В данной работе проведено сопоставление медьсодержащих карбонатных жил ближайшего рудопроявления в базальтах с осью удлинения восстановленного поля суммарных хрупких деформаций в грорудитах. Рудопроявление расположено в нескольких сотнях метров от участка исследований. Выявлено что ось располагается в области полюсов рудоносных жил. Так как возраст грорудитов относят к границе девона и карбона [3], то деформации этих пород должны формироваться значительно позже и возраст медного оруденения не может быть старше карбона.

Табл. 1. Параметры полей напряжения по данным измерения зеркал скольжения в дайке грорудита и базальтах участка с. Васильевка (реконструкция выполнена с помощью компьютерной программы Гущенко–Мострюкова GEOS, количество зеркал в грорудитах – 20, в базальтах – 237)

Порода, № поля	Элементы залегания осей главных нормальных напряжений			Тип поля напряжений	Коэффициент Лоде-Надаи μ_{σ}	Вид напряженного состояния
	Ось сжатия	Промежуточная ось	Ось растяжения			
Грорудит, № 1	11/10	248/72	103/15	сдвиговый	-0,85	близкий к одноосному растяжению
Грорудит № 2	61/74	222/15	313/5	сбросовый	-0,85	близкий к одноосному растяжению
Базальт № 2	71/65	227/23	321/9	сбросовый	-0,85	близкий к одноосному растяжению

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

Табл. 2. Параметры поля суммарных хрупких деформаций по данным измерения зеркал скольжения и общей трещиноватости в дайке грорудита участка с. Васильевка (реконструкция выполнена с помощью компьютерной программы Гущенко–Мострюкова GEOS, количество зеркал и трещин – 85)

Использованные данные	Элементы залегания осей эллипсоида деформаций			Тип поля деформаций	Коэффициент Лоде-Надаи μ_{ϵ}	Вид напряженного состояния
	Ось укорочения	Промежуточная ось	Ось удлинения			
Все трещины и зеркала (85)	344/19	148/72	252/5	сдвиговый	-0,89	близкий к одноосному растяжению

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

По итогам проведенных исследований можно сделать следующие выводы. Уточнены условия залегания основной дайки грорудитов, установлены сопровождающие ее дайки-сателлиты, образующие кулисный ряд. Выявлены признаки несколько этапов тектонических активизаций участка в карбоне и, вероятно, в мезо-кайнозое. В эти этапы сформировались тектонические трещины и разрывы, секущие и смещающие дайки грорудитов. Установлены параметры полей напряжений и полей суммарных хрупких деформаций. Эти параметры позволяют определить кинематику разрывных дислокаций на участке в разные этапы их развития. На примере меднорудного проявления в девонских базальтах подтверждена практическая ценность параметров поля суммарных хрупких деформаций для прогнозирования рудоносных структур в регионе.

Библиографический список

1. Морозевич, И. А. О некоторых жильных породах Таганрогского округа / И. А. Морозевич // Труды Геол. ком., нов. серия / Геол. ком. – 1903. – № 8. – С. 1–54.
2. Справочник по петрографии Украины (магматические и метаморфические породы) / И. С. Усенко, К. Е. Есипчук, И. Л. Личак и др.; под редакцией чл.-кор. АН УССР И. С. Усенко. – К.: Наукова думка, 1975. – 580 с.
3. Шаталов, Н. Н. Дайки Приазовья / Н. Н. Шаталов; отв. редактор В. В. Науменко. – К.: Наукова думка, 1986. – 192 с.
4. Бутурлинов, Н. В. Дайковые породы и их роль в минерагии Приазовья / Н. В. Бутурлинов, В. А. Корчемагин, В. И. Купенко, Н. Н. Шаталов // Геологический журнал. – 1980. – Т. 40. – № 3. – С. 127–132.
5. Заварицкий, А.Н. Введение в петрохимию изверженных пород / А. Н. Заварицкий. – Л.: изд-во АН СССР, 1950. – 400 с.
6. Гущенко, О. И. Метод кинематического анализа структур разрушения при реконструкции полей тектонических напряжений / О. И. Гущенко // Поля напряжений и деформаций в литосфере; отв. редакторы А. С. Григорьев, Д. Н. Осокина. – М.: Наука, 1979. – С. 7–25.
7. Гущенко, О.И. Тектонический стресс-мониторинг и поля напряжений Причерноморского региона / О. И. Гущенко, Н. Ю. Гущенко, А. О. Мострюков [и др.] // Наук. праці ДонНТУ. Сер. гірничо-геологічна. – Донецьк. – 2001. – Вип. 32. – С. 104–117.
8. Корчемагин, В. А. О связи тектонических полей деформаций и напряжений с рудоносностью в Донбассе / В. А. Корчемагин, В. А. Дудник, Б. С. Панов, В. И. Алехин // Геофизический журнал. – 2005. – Т. 27. – № 1. – С. 97–109.

© Алехин В. И., 2011.

Анотація

Досліджені умови залягання, речовинний склад та деформації дайки грорудитів ділянки с. Василівка зони зчленування Донбасу з Приазов'ям. Вивчені системи тріщин в дайці. Проведені реконструкції полів стародавніх напружень і встановлені їх параметри. Виконані реконструкції полів підсумкових крихких деформацій дайки. Вивчені параметри цих деформацій. Досліджені форми прояву розривних дислокацій ділянки та їх кінематичні характеристики. Досліджені питання віку тектонічних активізацій на ділянці і віку мідного зруденіння. Вивчені можливості використання параметрів поля підсумкових крихких деформацій для прогнозування зруденіння в регіоні..

Ключові слова: дайка, грорудит, умови залягання, склад, деформації, напруження, реконструкція, зруденіння

Abstract

The conditions of bedding, material composition and deformations of dike grorudites area, are investigational p. Vasil'evka of zone of coarticulation of Donbassa with Priazov'em. The systems of cracks are studied in dike. The reconstructions of the fields of ancient tensions are conducted and their parameters are studied. The reconstructions of the fields of total fragile deformations of dike are executed. The parameters of these deformations are studied. The forms of display of break distributions of area and their kinematics descriptions are investigational. The questions of age of tectonic activations on an area and age of copper mineralization are investigational. Possibilities of the use of parameters of the field of total fragile deformations are studied for prognostication of ore mineralization in a region.

Keywords: dike, grorudite, conditions of bedding, composition, deformations, tensions, reconstruction, ore mineralization