

ВЛИЯНИЕ МЕТАСОМАТОЗА НА КЛИВАЖ ГРАНИТОИДОВ

Властивість гранітоїдів розколюватися під навантаженням у строго визначених напрямках (кливаж) обумовлен особливостями його орієнтованої структури і межзерновими напруженнями, що виникають при формуванні породи. У процесі сосюритизації – метасоматичним заміщенням плагіоклазу пелітоморфними агрегатами кальциту і серициту – гранітоїди втрачають спроможність розколюватися в результаті збільшення початкової стискальності породи і релаксації внутрішніх напружень.

METASOMATOSIS INFLUENCE ON CLEAVAGE OF GRANITOIDS

Property of granitoids to be cracked under power in strictly determinate directions (cleavage) is stipulated by features of its oriented frame and intergranular stresses arising at formation of a rock. In saussuritization process – metasomatoses plagioclase replacement by pelitemorphous aggregates of a calcite and sericite – the granitoids lose ability to be cracked as a result of an initial increase compressibility of a rock and internal stresses relaxation.

Технология отделения монолитов от массива на карьерах декоративного и облицовочного камня зависит не только от физико-механических свойств породы, но и в значительной мере от текстурно-структурных особенностей месторождения. В частности, в гранитоидах направления расколов (кливаж), используемых при добыче блоков камня, связаны с ориентировкой минеральных компонентов, слагающих породу [1].

В практике камнедобычи термином «раскол» или «рифт» (*rift*) обозначают направление наиболее легкого (наилучшего) вертикального раскола, которое, как правило, совпадает с параллельно расположенными полосками пузырьков газовой-жидких включений (ГЖВ) и мелкими трещинками в зернах кварца. Термином «волокнистость» (*grain*) обозначают другое, обычно горизонтальное направление легкого раскола, ориентированное под углом 90° к плоскости «рифта». «Волокнистость» параллельна плоскости, в которой расположены минеральные агрегаты, образующие в совокупности так называемую линейно-плоскостную структуру гранитоидов. И, наконец, термином «торец» (*hardway*) обозначают третье направление, в котором нужно расколоть породу, чтобы отделить монолит от массива и придать ему форму параллелепипеда. Причем в этом направлении порода раскалывается значительно хуже, чем в первом и втором.

Используя направления расколов при добыче гранитных монолитов, можно практически полностью избежать образования дополнительных, обычно скрытых трещин, которые приводят к браку и порче заготовок в процессе распиливания и полировки каменных изделий.

Одной из важнейших качественных характеристик месторождений облицовочного и декоративного камня при их разработке взрывным или иным способом является выход монолитных блоков I-II категории, объем которых равен соответственно 8,0-2,5 м³. Процент выхода таких блоков на каждом месторождении различный и взаимосвязан, как показали исследования [2], с двумя фак-

торами – ориентированностью породы по внутреннему строению (величина χ_v^2) и ее напряженным состоянием, весьма характерным для большинства массивов гранитоидов [3]. Следует отметить, что связь между величиной χ_v^2 , вычисляемой при построении и анализе структурных диаграмм [4], и процентом выхода монолитов носит скорее корреляционный характер, между тем влияние напряженного состояния на способность гранитов раскалываться под действием нагрузок в определенных направлениях более выражено, однако экспресс-методы измерения межзерновых напряжений, достигающих значений 100 МПа и более, в настоящее время не разработаны [5].

Автор настоящей статьи, исследуя методами микроструктурного анализа ориентированные образцы пород, отобранные из разновозрастных и значительно удаленных друг от друга массивов [6-8], обнаружил, что структурные особенности, собственно и обуславливающие кливаж, а именно однонаправленные плоскости ГЖВ в зернах кварца и линейно-плоскостная ориентировка агрегатов минеральных зерен, присущи практически всем магматическим, а также палингенным гранитоидам. Причем, определяемое в каменоломнях обычно опытным путем, т.е. методом проб и ошибок, направление наилучшего вертикального раскола (*rift*), может быть точно установлено либо с помощью микроскопа в тонких (20-30 мкм) срезах породы (шлифах) по методу Федорова [9], либо путем исследования протравленных концентрированной плавиковой кислотой ориентированных штуфов породы, объемом не более 1-3 дм³ [10].

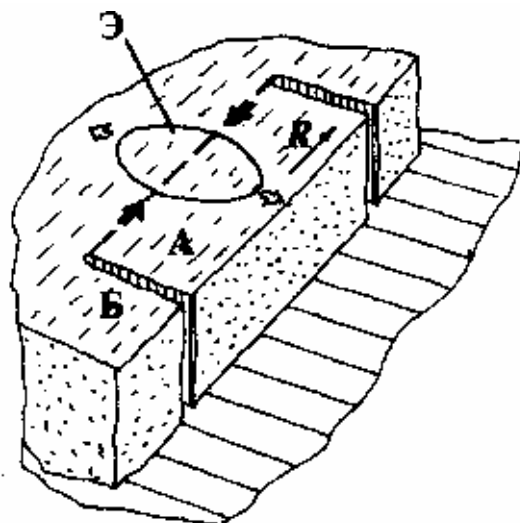
При отделении монолитов от массива по линии наилучшего раскола в них не образуется дополнительных скрытых трещин, которые приводят к браку и порче каменных изделий при их дальнейшей обработке. В случае отделения монолитов зарядами дымного пороха можно значительно увеличить расстояние между шпурами при их расположении по линии «рифта», благодаря чему существенно повышаются качество изделий, производительность труда и экономическая эффективность добычи.

Однако далеко не все граниты, имея потенциально возможное направление кливажа, обладают способностью легко раскалываться при действии нагрузки, что приводит к дополнительным затратам при добыче монолитных блоков и усложняют технологию их отделения от массива.

Причины этого, безусловно, негативного с точки зрения камнедобычи явления заключается в следующем.

Внутренние напряжения в гранитах, являющиеся, по сути, следствием специфического, присущего только данным породам режимом кристаллизации [11], могут сохраняться в массиве длительное время, но только до тех пор, пока не произойдет их релаксация в результате замещения полевых шпатов – главных породообразующих минералов – вторичными минералами, обычно сосюритом – тонкой смесью цоизита или эпидота, серицита, хлорита и кальцита [12]. Поэтому в тех месторождениях гранитоидов, где полевые шпаты не затронуты процессами замещения (метасоматоза) порода легко раскалывается под действием прилагаемых нагрузок. Этому в значительной мере способствуют деформации растяжения (рис. 1), высвобождающиеся в направлении «рифта»

при отделении монолита от массива шпуровыми зарядами дымного пороха либо металлическими клиньями – «пунчетами».



R – направление наилучшего вертикального раскола (*rift*); Э – горизонтальное сечение эллипсоида деформаций в напряженном гранитном массиве; светлые стрелки – направление максимального растяжения; темные стрелки – направление максимального сжатия

Рис. 1 – Монолит (А), отделяемый от массива (Б)

Все граниты в процессе кристаллизации в той или иной степени, как правило, подвергаются метасоматозу в результате «пропаривания» горячими постмагматическими растворами (флюидами). Однако на релаксацию внутренних межзерновых напряжений наибольшее влияние, по-видимому, оказывает *Ca*-метасоматоз, когда средний и главным образом основной плагиоклазы (натровые полевые шпаты) почти полностью замещаются той разновидностью соссюрита, в составе которого преобладает кальцит. Известно, что начальная сжимаемость минералов, слагающих породу (сжимаемость при $P = 0$), может быть подсчитана из упругих параметров, легче всего из констант податливости S_{pg} по формуле [13]

$$\beta_n = S_{11} + S_{22} + S_{33} + 2(S_{23} + S_{13} + S_{12}). \quad (1)$$

Для гипидиоморфно-зернистого гранита «усредненного» минералогического состава, содержащего примерно одинаковое количество кварца, натрового плагиоклаза и калиевого полевого шпата – главных породообразующих минералов – и до 10 % биотита, мусковита, амфибола и др. второстепенных минералов в табл. 1 приведены упругие параметры, по которым вычислены значения начальной сжимаемости β_n (β_n – положительное число, с размерностью, обратной размерности напряжения, т.е. $Mбар^{-1}$). Для олигоклаза, микроклина, биотита и мусковита β_n вычислена как для монокристаллов по формуле (1), что касается кварца и кальцита, учитывая тот факт, что кварц в составе гранитов содержится в виде удлиненно-уплощенных агрегатов, состоящих из 20-30 зерен [14],

а тонкозернистый агрегат кальцита образуют псевдоморфозу по олигоклазу, то для вычисления начальной сжимаемости этих минералов лучше воспользоваться соотношением Реусса [15]

$$K = 1/(3a+6b), \text{ Мбар}, \quad (2)$$

где K – объемный модуль упругости; $3a = S_{11}+S_{22}+S_{33}$; $3b = S_{23}+S_{31}+S_{13}$, а K и β_n связаны между собой соотношением $\beta_n = 1/K$.

Таблица 1 – Упругие параметры породообразующих минералов гранитоидов «усредненного» состава

Минеральные компоненты	Коэффициенты податливости $S_{pg}, \text{ Мбар}^{-1}$						Начальная сжимаемость, $\beta_n, \text{ Мбар}^{-1}$
	S_{11}	S_{22}	S_{33}	S_{23}	S_{13}	S_{12}	
Триклинные sdвойникованные кристаллы							
Олигоклаз	2,3538	0,7421	1,3739	-0,1605	-1,0516	-0,1990	1,6476
Микроклин	1,9531	0,7396	0,9491	0,0294	-0,3652	-0,4790	2,0122
<i>Моноклинные кристаллы (испытаны как гексагональные)</i>							
$S_{11}=S_{22}; S_{13}=S_{23}; S_{44}=S_{55}; S_{66}=2(S_{11}-S_{12}); \text{ все другие равны } 0, \text{ за исключением } S_{33}$							
Мусковит	0,6038	0,6038	1,887	-0,1241	-0,1241	-0,1337	2,3308
Биотит	0,5598	0,5598	1,895	-0,1007	-0,1007	-0,0912	2,4042
Гексагональные кристаллы							
$S_{11}=S_{22}; S_{13}=S_{23}; S_{44}=S_{55}; S_{66}=2(S_{11}-S_{12}); \text{ все другие равны } 0, \text{ за исключением } S_{33}$							
Компоненты минеральных Агрегатов	S_{11}	S_{22}	S_{33}	S_{23}	S_{31}	S_{12}	Начальная сжимаемость, $\beta_n, \text{ Мбар}^{-1}$
Кварц	1,277	1,277	0,960	-0,122	0	-0,179	2,812
Тригональные кристаллы							
$S_{11}=S_{22}; S_{13}=S_{23}; S_{44}=S_{55}; S_{66}=2(S_{11}-S_{12}); \text{ все другие равны } 0, \text{ за исключением } S_{33}, S_{14}$							
Кальцит	1,130	1,130	1,750	-0,430	0	-0,370	2,410
Гематит	0,441	0,441	0,443	-0,023	0	-0,102	1,075

Начальная сжимаемость полиминеральной породы с некоторыми допущениями, поскольку в расчетах не учитывается анизотропия физико-механических свойств, пористость и микротрещиноватость, может быть определена из следующего выражения

$$\beta_n = \sum_{i=1}^n \beta_{n_i} C_i, \text{ Мбар}^{-1}, \quad (3)$$

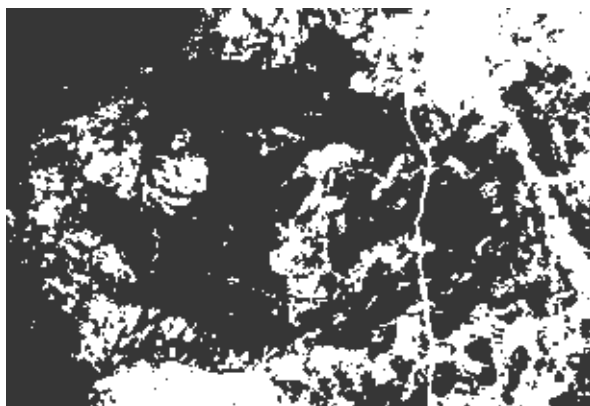
где β_{n_i}, C_i – соответственно начальная сжимаемость и доля i -того минерального компонента.

Для неизмененного вторичными процессами «усредненного» гранита теоретическая начальная сжимаемость, определенная по формуле (3) на основании данных табл. 1, равна $2,17829 \text{ Мбар}^{-1}$.

При замещении олигоклаза тонкозернистыми агрегатами кальцита (*Ca*-метасоматоз) теоретическое значение начальной сжимаемости гранита увеличится и составит $2,40701 \text{ Мбар}^{-1}$, а при замещении пелитоморфной смесью, состоящей наполовину из серицита (мелкодисперсного мусковита) и кальцита начальная сжимаемость увеличится до $2,43524 \text{ Мбар}^{-1}$. Иными словами сжимаемость метасоматически измененного гранита возрастает примерно на 9-11 %, что и приводит в итоге к релаксации внутренних межзерновых напряжений в магматической породе, формирующейся в неоднородном силовом поле (давление вмещающих пород или так называемая реакция «рамы»). Такие граниты полностью утрачивают способность легко раскалываться в направлении «рифта» под действием нагрузки и становятся совершенно непригодными в качестве сырья для получения монолитных блоков-заготовок.

Ярким примером метасоматически измененных гранитоидов является Изербельское месторождение блокового гранита, расположенное в Хакасской Автономной Республике (Российская Федерация) и разрабатываемое комбинатом «Саянмрамор».

Плагиоклазы в составе гранитов образуют таблитчатые зерна с характерным зональным строением. Под микроскопом четко видно, что пелитовые агрегаты псевдоморфно замещают массивное ядро плагиоклаза среднекислого состава в результате интенсивного процесса сосюритизации (рис. 2).



светлое – ядро неизменного вторичными процессами минерала,
 темное – пелитоморфные агрегаты серицита и кальцита;
 (увеличение $25\times$, проходящий неполяризованный свет)

Рис. 2 – Микрофотография плагиоклаза (альбит-олигоклаза), измененного вторичными процессами, в составе изербельских гранитов

Исследованиями установлено, что процессами пелитизации затронуто в среднем около 50 % всей массы полевых шпатов.

Несмотря на то, что эти граниты обладают достаточно высокой величиной коэффициента ориентированности по внутреннему строению χ_{23}^2 ($\chi_{23}^2 = 128$) и в них существует потенциальное направление наилучшего раскола R , азимут которого ЮВ 143° , изербельские граниты значительно хуже раскалываются под действием нагрузки, чем, например, неизменные и малоизмененные вторич-

ными процессами граниты Украинского щита с более низкими значениями коэффициента χ_{23}^2 (Кудашевское месторождение – $\chi_{23}^2 = 60$ и Каранское месторождение – $\chi_{23}^2 = 92$).

Процессы метасоматоза и катаклаза являются причиной крайне низкого выхода монолитных блоков на Изербельском месторождении. Реальный выход блоков I-II категории на Основном участке составляет всего 5-7 %, в то время как по проектным данным он должен был достигать 35-40 % [16]. Повысить эффективность камнедобычи с использованием энергии взрыва не удалось даже путем применения специальных приемов отделения монолитов от массива, а именно: наведение «искусственной» подошвы, т.е. использование довольно опасных с точки зрения техники безопасности горизонтальных пороховых зарядов и применение зарядов направленного действия.

Среднезернистые граниты Изербельского месторождения, учитывая их значительные запасы и декоративные особенности, в частности розово-серую окраску, планировалось использовать при строительстве мемориального комплекса на Поклонной Горе в г. Москве. В связи с этим, для комбината «Саянмрамор» было закуплено дорогостоящее импортное оборудование и построен цех по производству облицовочной плитки. Поэтому, чтобы определить дальнейшие перспективы эксплуатации месторождения, было принято решение об изучении степени вторичных изменений пород на различных гипсометрических уровнях, так как была надежда, что изменения породообразующих минералов вызваны гипергенными процессами, но на определенной глубине, проведя вскрышные работы, объем которых в подобных случаях обычно небольшой, можно встретить неизменные («свежие») граниты.

К сожалению, эти надежды не оправдались, так как степень вторичных изменений (*СВИ*) – пелитизация плагиоклаза, установленная в прозрачных петрографических шлифах линейным методом, по формуле

$$СВИ = (l_n / (l_n + l_n)) \cdot 100\% , \quad (4)$$

где l_n – суммарная длина пелитизированной части зерен плагиоклаза и l_n суммарная длина участков зерен этого же минерала, не затронутого вторичными процессами, монотонно возрастала с глубиной (рис.3), вплоть до нижней границы контура подсчета запасов.

Характер изменений породообразующих минералов (*Ca*-метасоматоз и катаклаз) предопределили, таким образом, плохое качество и низкую долговечность изербельских гранитов, а, следовательно, и их непригодность для изготовления облицовочных изделий. В свете вышеизложенного Изербельское месторождение гранитов является классическим примером вовлечения в производство так называемого «некондиционного» сырья.



Рис. 3 – Изменение степени пелитизации плагиоклазов изербельских гранитов с глубиной

Не исключено, тем не менее, повторение подобных случаев при вводе новых месторождений блочного гранита в эксплуатацию, поскольку ГОСТ 9479-84 «Блоки из природного камня для производства облицовочных изделий» [17], предусматривающий оценку физико-механических и петрографических свойств интрузивных пород, не содержит сведений о способах определения пригодности интрузивных массивов для добычи блочного камня.

Месторождения облицовочного гранита встречаются как на кристаллических щитах – устойчивых и малоподвижных зонах земной коры, так и в геосинклинальных областях (подвижных зонах) – поясах максимальной подвижности, раздробленности и проницаемости горных пород [18].

Геологическая позиция месторождений, вернее характерный для нее режим в период формирования массива гранитоидов, безусловно, оказывает влияние на качество облицовочного сырья. По этой причине архей-протерозойские гранитоиды щитов в меньшей степени, за редким исключением, о котором пойдет речь ниже, затронуты процессами метасоматоза, чем гранитоиды подвижных зон, как, например, палеозойские изербельские граниты, что обусловлено интенсивными тектоническими напряжениями при горообразовании. Поэтому в геосинклинальных областях сравнительно мало месторождений облицовочного гранита, имеющих промышленное значение (немногим более 20 % валового объема добычи полезного ископаемого).

Но даже те немногочисленные месторождения гранитов подвижных зон, разрабатываемые в качестве сырья для производства облицовочных изделий, уступают гранитам щитов по основным физико-механическим и качественным характеристикам – прочности, упругости, потери при истирании и др. (табл. 2).

Таблица 2 – Усредненные физико-механические характеристики облицовочных гранитоидов (составлена по данным работы [19])

Регион, зона	Возраст	Плотность, ρ , г/см ³	Пористость, m , %	Временное сопротивление сжатию, $R_{сж}$, кг·см ⁻²	Модуль Юнга, $E \cdot 10^5$, кг·см ⁻²	Твердость, Ед. Шора	Потери при истирании, г·см ⁻²
Украинский щит	Архей-протерозой	2,67	0,53	2700	6,24	89	0,20
Балтийский щит	Архей-протерозой	2,65	0,58	2510	6,60	80	0,21
Подвижные зоны	Фанерозой	2,62	2,45	2295	5,31	75	3,47

Данные, приведенные в таблице, убедительно свидетельствуют о низком качестве облицовочных гранитов геосинклинальных областей (подвижных зон) в сравнении с аналогичными породами щитов.

Основываясь на результатах обработки данных замеров ориентировки трещин в карьерах блочного камня, авторы работы [19] объясняют этот феномен высокой упорядоченностью трещинной тектоники щитов. При этом утверждается, что трещины значительно удаленных друг от друга гранитных массивов образовались под действием сил одного направления, поэтому центры главных максимумов полюсов систем трещин частных диаграмм трещиноватости практически совпадают на сводной (синоптической) ориентирной диаграмме, изображение которой опубликовано во многих учебниках и монографиях по структурной геологии.

Ошибка здесь кроется в том, что диаграммы трещиноватости были составлены без учета таких факторов как генезис трещин и ориентировка породообразующих минералов, с которыми тесно связан кливаж гранитоидов [1]. Кроме того, при обработке данных замеров трещин использовались математически необоснованные методы [20], неизбежно приносящие элемент субъективизма исполнителя в окончательный результат.

На самом деле ориентировка *первичных*, т.е. связанных со структурами течения, трещин в гранитоидах Украинского щита имеет вполне определенное и самостоятельное для каждого месторождения значение [2,6-8,11], при этом угловые соотношения между ориентировкой минералов и простиранием раскрытых и плотносомкнутых трещин во всех изученных интрузивных массивах строго подчиняются закономерности распределения в гранитах кварцевых зерен и дефектов их строения [6]. Но поскольку в гранитных массивах имеется как минимум четыре системы попарно сопряженных вертикальных трещин [21] (раскрытые, плотносомкнутые и две системы диагональных трещин скалывания), угол между которыми приблизительно равен 45°, а магматические проявления на Украинском щите пространственно взаимосвязаны с закономерно ориентированными глубинными разломами, характеризующимися следующи-

ми парами азимутов простираний: 0 и 270°, 17 и 287°, 35 и 305°, 45 и 315°, 62 и 332°, 77 и 347° [22], то всегда найдется система трещин, соответствующая максимумам, приведенным на вышеупомянутой синоптической диаграмме [19].

Различия в качестве гранитов щитов и подвижных зон обусловлены в большей степени геологической позицией каждого конкретного месторождения, и в этом трудно не согласиться с авторами работы [19], нежели интенсивностью тектонических напряжений. Подвижные пояса – геосинклинальные области, отличающиеся большей проницаемостью для постмагматических (а также и сквозьмагматических) горячих растворов, воздействие которых на породу приводит к метасоматозу и, самое главное, к полной или частичной потере способности гранитов раскалываться под действием нагрузки, что обусловлено релаксацией внутренних межзерновых напряжений за счет увеличения начальной сжимаемости породы.

Большинство гранитоидов щитов, несмотря на древний возраст (1500-2800 млн. лет), являются напряженными породами, так как в них практически отсутствуют изменения породообразующих минералов в результате метасоматоза. Например, в гранитах Янцевского месторождения (Запорожская обл.), возраст которых составляет 2550-2650 млн.лет [23], при бурении близкорасположенных шпуров имеет место взрывной характер разрушения из-за высвобождающейся силы горного давления, что иногда приводит к заклиниванию бурового инструмента.

В значительной мере метасоматически изменены граниты Токовского массива (Днепропетровская обл.), где серая и красная окраска полевых шпатов, интенсивность которой увеличивается с глубиной, вызвана гематитизацией [24]. Причины этого явления неясны, но вероятнее всего этот процесс (*Fe*-метасоматоз) был обусловлен активизацией примыкающих к Криворожско-Кременчугскому глубинному разлому глубинных разломов второго порядка, расположенных в богатом на железорудные рудопроявления Чертомлыкском районе [22]. В токовских гранитах гематит в виде мельчайших вкрапленников встречается в полевых шпатах, а также выполняет микротрещины и контакты между зернами породообразующих минералов. Несмотря на изменения породообразующих минералов гранитов под действием *Fe*-содержащих растворов, токовские граниты не утратили способности раскалываться под действием прилагаемых нагрузок (кливаж). Выход блоков I и II категории на карьере блочно-го камня довольно высокий и составляет 30-36 %.

В чем же отличие *Fe*-метасоматоза от *Ca*-метасоматоза с позиции его влияния на кливаж гранитоидов? Как было показано выше, метасоматоз влечет за собой изменение начальной сжимаемости породы. Расчеты, сделанные по формуле (3), приведенной в начале данной статьи, показывают, что при частичной замене полевых шпатов гематитом (степень вторичных изменений 5 %) в граните «усредненного» состава его начальная сжимаемость β_n уменьшится на 3 %. Повлечет ли это за собой увеличение внутренних межзерновых напряжений в кристаллической породе сказать трудно, но, по крайней мере, следует ожидать, что они не уменьшатся. Можно сказать, что *Fe*-метасоматоз не оказы-

вает существенного влияния на кливаж гранитоидов.

Примеры *Ca*-метасоматоза можно найти в некоторых гранитоидах Приазовья. Особенно широко этот вид метасоматоза развит в измененных розовых среднезернистых гранитах Старокрымского месторождения, расположенного недалеко от г. Мариуполя. *Ca*-метасоматоз нехарактерен для гранитоидов щитов, но в данном случае необходимо отметить, что Приазовский блок является вполне самостоятельным геологическим образованием, строение которого отражает весьма характерный для позднего архея–раннего протерозоя режим так называемой «пермобильной» (*пермобильный* – непрерывно мобильный) тектоники, а также «тектоники горячих точек» [25]. Такой тектонический режим очень близок к геосинклинальному режиму, так на границе Приазовского блока с Украинским щитом в зоне субдукции – зоне сжатия – широко развиты высокометаморфизованные гнейсы и мигматиты гранитного состава, а в центральной части блока – зоне растяжения – зеленокаменные породы и щелочные граниты.

При интенсивной вулканической деятельности – типичном процессе для модели «тектоники горячих точек» – выделяется большое количество углекислого газа, большая часть которого, растворяясь в воде, участвует в образовании хемогенных известняков. В периоды последующих активизаций тектонических процессов, *Ca*-содержащие растворы вызвали сосюритизацию плагиоклазов, что обусловило в итоге низкое качество гранитов Старокрымского месторождения (высокая пористость, низкая прочность и упругость).

Выводы

Свойство гранитоидов раскалываться под нагрузкой в строго определенных направлениях (кливаж) обусловлен особенностями его ориентированной структуры и внутренними межзерновыми напряжениями, возникающими в породе на стадии формирования.

В процессе метасоматоза – преобразования минерального состава под воздействием горячих постмагматических растворов (флюидов) – происходит изменение начальной сжимаемости полиминеральной среды, что приводит к изменению напряженного состояния гранитов.

Большинство гранитоидов щитов, несмотря на древний возраст, являются напряженными породами, так как в них практически отсутствуют изменения породообразующих минералов в результате метасоматоза. В некоторых гранитных массивах, расположенных на территории Украинского щита, наблюдаются метасоматические изменения в виде частичной замены полевых шпатов гематитом (*Fe*-метасоматоз). Однако, несмотря на гематитизацию породообразующих минералов, такие граниты не утратили способности раскалываться под действием прилагаемых нагрузок, поскольку *Fe*-метасоматоз уменьшает начальную сжимаемость породы, что не приводит к уменьшению внутренних напряжений.

Для гранитов подвижных зон (геосинклинальных областей) характерен *Ca*-метасоматоз – замещение плагиоклазов пелитоморфными агрегатами сос-

сюрита (тонкозернистой смесью кальцита, серицита и минералов группы хлорита), в результате чего увеличивается начальная сжимаемость породы. При этом происходит релаксация внутренних межзерновых напряжений, и граниты теряют способность раскалываться под действием нагрузки. По этой причине граниты геосинклинальных областей существенно уступают гранитам щитов по прочности и качественным показателям и менее пригодны для производства облицовочных изделий.

Теоретическое значение начальной сжимаемости гранитов может служить в качестве критерия при прогнозной оценке пригодности месторождений гранитоидов для производства облицовочных изделий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Dale, T.N. The commercial granite of New England// U.S. Geol.Surv.Bull. – 1923. – No.738. – 9 p.
2. Кратковский И.Л. Степень ориентированности дефектов строения кристаллических пород и характер их разрушения под действием нагрузок// Геотехническая механика: Межвед. сб. науч.тр./Ин-т геотех. мех. НАН Украины. – Днепропетровск, 2003. – Вып. 42. – С.115-122.
3. Бейтс Р. Геология неметаллических полезных ископаемых. – М.: Мир, 1956. – 545 с.
4. Вистелиус А.Б. Структурные диаграммы. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1958. – 175 с.
5. Морозов В.В. Остаточные напряжения в минералах и горных породах// Изв.вузов. Геология и разведка. – 1980. – № 12. – С.87-93.
6. Кутузов Б.Н., Кратковский И.Л., Мяделец Б.Н. Закономерность распределения в гранитах кварцевых зерен и дефектов их строения// Изв.вузов. Горн.журн. – 1982. – № 1. – С.9-11.
7. Кратковский И.Л. Механизм образования вертикальных трещин в гранитных массивах// Геотехническая механика: Межвед. сб. науч.тр./ Ин-т геотех. мех. НАН Украины. – Днепропетровск, 2001. – Вып. 27. – С. 169-174.
8. Кратковский И.Л. Реконструкция палеонаправлений «север-юг» по данным гравитационного поля над интрузивными массивами// Науковий вісник Нац.горн.акад. України. Дніпропетровськ, НГАУ. – 2002. – № 4. – С. 11-14.
9. Саранчина Г.М. Федоровский метод. – Л.: Изд-во Ленинградского ун-та, 1963. – 153 с.
10. А.с. 715995, СССР. МКИ G 01 N 31/00. Способ определения наилучшего раскола горных пород/ Ю.Ф.Кучерявый, Ф.И.Кучерявый, И.Л.Кратковский, Б.Н.Мяделец. – Опубл. 15.02.80. Бюл. № 6.
11. Кратковский И.Л. Развитие ориентированных структур гранитоидов: теория, экспериментальные результаты и прикладное значение// Геотехническая механика: Межвед. сб. науч.тр./ Ин-т геотех. мех. НАН Украины. – Днепропетровск, 2003. – Вып. 44. – С.141-150.
12. Лодочников В.Н. Главнейшие породообразующие минералы. – М.: Недра, 1974. – 248 с.
13. Справочник физических констант горных пород/ Под ред. С.Кларка мл. – М.: Мир, 1969. – 543 с.
14. Мяделец Б.Н., Кратковский И.Л. Особенности внутреннего строения гранитов и методы их исследования. – Днепропетровск, 1975. – 9 с. Рукопись деп. в ВИНТИ 07.04.75. – № 933-75 Деп.
15. Hearmon. Rev. Mod. Phys., 18. 409. 1946.
16. Осколков В.А. Облицовочные камни месторождений СССР: Справочное пособие. – М.: Недра, 1984. – 192 с.
17. ГОСТ 9479-84. Блоки из природного камня для производства облицовочных изделий. Введ. 01.07.85. – М.: Изд-во стандартов. 1984. – 25 с.
18. Справочник по тектонической терминологии/ Под ред. Ю.А.Косыгина и Л.М.Парфенова. – М.: Недра, 1970. – 584 с.
19. Беликов Б.П., Петров В.П. Облицовочный камень и его оценка. – М.: Недра, 1977. – 138 с.
20. Вистелиус А.Б. Структурные диаграммы. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1958. – 175 с.
21. Болк Р. Структурные особенности изверженных горных пород. – М.: Госгеолтехиздат, 1946. – 212 с.
- 22.Тяпкин К.Ф., Кивелюк Т.Т. Изучение разломных структур геолого-геофизическими методами. – М.: Недра, 1982. – 239 с.
23. Критерии прогнозирования месторождений Украинского щита и его обрамления/ под ред. акад. Н.П.Семеновко – Киев: Наук.думка, 1974. – 560 с.
24. Про забарвлення гранітів Токівського масиву/ Б.О. Гаврусевич, В.Т.Латиш// Наук.зап.Київськ. ун-та. – 1956. – Вып.15. – № 2. – С.109-114.
25. Eyfe W.S. The evolution of the Earth's crust: modern plate tectonics to ancient hot spot tectonics? – Chem. Geol. – 1978. – Vol.23. – P.89-114.