

А. Б. МАРКОВ

**ИНЖЕНЕРНО-  
ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ  
ОСОБЕННОСТИ  
ТЕКТОНИТОВ**

ДУШАНБЕ—1977

АКАДЕМИЯ НАУК ТАДЖИКСКОЙ ССР  
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ

А.Б.МАРКОВ

624

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ  
ТЕКТОНИТОВ

22/3

Ответственный редактор -  
кандидат геолого-минералогиче-  
ских наук В.И.Преснухин

Издательство "Дониш"  
Душанбе - 1977



УДК 624.131.25:624.131.37

Впервые приводятся результаты исследований особенностей глинисто-обломочного заполнителя тектонических трещин - тектонитов. Рассматриваются вопросы терминологии. Предлагается инженерно-геологическая классификация тектонитов с выделением в них гранулометрических групп и подгрупп и минералогических разновидностей. Приводятся рекомендации по опробованию тектонитов. Подробно описываются состав и свойства тектонитов. Книга может быть полезна научным сотрудникам и специалистам, занимающимся вопросами инженерной геологии скальных образований, горнякам, строителям и проектировщикам соответствующих специальностей, а также студентам соответствующих профилей.

№ 20806 - 019 не объявл.  
М 502 - 77

Издательство "Дониш", 1977г.

## В в е д е н и е

Проблема обеспечения сырьем предприятий черной и цветной металлургии в современный период решается непрерывным ростом добычи твердых полезных ископаемых наиболее прогрессивным и экономичным открытым способом. Современная горнодобывающая промышленность характеризуется наличием крупных карьеров. Применение новейшей техники и совершенствование способов добычи, внедрение прогрессивных методов проектирования карьеров позволяют осуществлять ведение горных работ на глубинах 500–700 м и более. С увеличением глубины разработок проблема устойчивости бортов карьеров является основой для правильного проектирования, так как углы откосов определяют как экономическую целесообразность, так и безопасность труда в карьерах.

При большой глубине карьеров изменение угла наклона бортов на несколько градусов приводит к изменению объема вскрышных работ на многие десятки миллионов кубических метров. Завышение углов откосов способствует возникновению оползне-овальных смещений по плоскостям и зонам ослабления, значительную опасность при этом представляют тектонические нарушения с глинисто-обломочным материалом, который при повышении влажности резко уменьшает сопротивление породы на сдвиг и тем самым значительно ослабляет трещиноватый скальный массив.

Тектонические трещины являются путями проникновения и циркуляции воды в толще пород, что создает, особенно при соответствующей их ориентировке в пространстве, благоприятные условия для смещения по ним скальных блоков. Это обстоятельство не раз служило причиной нарушений устойчивости естественных массивов и искусственных выемок.

Наиболее характерными и часто встречающимися инженерно-геологическими явлениями, связанными с зонами ослабления тектонического происхождения, являются оползни, обрушения, вывалы отдельных блоков пород и выбросы обломочного материала при проходе горных выработок. Большая часть оползней в карьерах (85% всех случаев) происходит осенью, весной и летом, что связано с максимальным выпадением осадков, подъемом уровня подземных вод в эти периоды.

Подавляющее число оползней (91–97%) в скальных массивах связано с наличием в них глинистых пород, в том числе и глинисто-обломочного заполнителя тектонических трещин /27/.

С 1966 по 1967 г. только на 87 карьерах Министерства черной металлургии зафиксировано 133 нарушения устойчивости, обусловленных преимущественно оползанием пород по тектоническим трещинам с глинисто-обломочным заполнителем. Экономический ущерб, связанный с ликвидацией последствий оползней и обвалов, например на Магнитогорском железорудном месторождении, составил около 1 000 000 руб. /33/.

В 1964 г. у поселка Айни (Таджикская ССР) произошел оползень-обвал объемом 20–25 млн. м<sup>3</sup> по сильно увлажненной тектонической трещине с глинистым заполнителем в палеозойских сланцах, протягивающихся параллельно берегу р. Зеравшан /36/.

В подземных выработках Северного Таджикистана неоднократно наблюдались вывалы блоков пород объемом 10–20 м<sup>3</sup> в узлах пересечения тектонических трещин, часто выполненных тонкораздробленным, глинистоподобным материалом /20/.

Выброс в штрек масс шлама, выполняющего зону дробления, в стволе № I дренажного комплекса КМА в 1961 г. описан Н.И. Камарницким /52/.

В Советском Союзе в настоящее время осуществляется широкое строительство гидроэнергетических объектов, основанием для которых в подавляющем большинстве случаев служат массивы скальных пород. Современное гидротехническое строительство часто ведется в сложных инженерно-геологических условиях, в том числе и в районах высокой тектонической нарушенности горных пород. По тектоническим трещинам, выполненным глинисто-обломочным материалом, возможно скольжение и разрушение плотин, а также значительная фильтрация воды из водохранилищ. В связи с этим вопросы, связанные с укреплением естественных оснований гидротехнических сооружений и устройством противофильтрационных завес, приобретают важное народно-хозяйственное значение.

За минувшее столетие в мире зарегистрировано примерно 1 000 катастроф и аварий с плотинами, из которых по данным /19/, 75,3% вызвано геологическими причинами, когда при изыскательских рабо-

тах не были выявлены зоны выветривания, не учтены прослойки пластичных глин или зоны тектонического дробления с глинистым материалом.

Секущие скальное основание гидротехнических сооружений тектонические трещины с глинистым заполнителем в статическом отношении не могут оказать существенного влияния, так как осадка сооружения от его веса по ним незначительна. В то же время, трещины, особенно падающие в сторону нижнего бьефа и выполненные глинисто-обломочным материалом, имеющим незначительный коэффициент внутреннего трения и малое сцепление, являются очагами возможного смещения горных масс под действием давления воды на плотину и берега.

По тектоническим трещинам с глинистым заполнителем произошло скольжение плотины Сен-Френсис в Калифорнии и Эль Хабра в Алжире. Разрушение трассы напорного трубопровода Храмской ГЭС произошло при вывале блоков гранита по трещинам, содержащим глинистый материал, влияние которого не было учтено при проектировании /III/.

Кроме оползне-обвальных смещений при строительстве и эксплуатации разнообразных горных, гидротехнических и других промышленных объектов может происходить еще целый ряд инженерно-геологических явлений, связанных с тектоническими трещинами. Наиболее часто встречаются /48/:

1) сдвиг и неравномерная осадка сооружений; 2) утечка воды из водохранилищ в обход плеч плотины и в ее основании; 3) обводнение строительных котлованов и горных выработок; 4) изменение физико-механических свойств пород (размокание, пучение, выветривание и другие), вызывающие необходимость изменения технологической системы разработки горных пород и крепления горных выработок; 5) выщелачивание циркулирующими водами растворенных частей породы и развитие карстовых процессов.

Поэтому основными задачами тектонических исследований, по Н.В. Коломенскому /50/, являются: выявление зон дробления, закономерностей расположения трещин, характер заполнителя, состав и свойства пород тектонически ослабленных зон, в том числе и глинисто-обломочного материала, выполняющего трещины.

На необходимость детального изучения тектонических условий при инженерно-геологическом картировании неоднократно указывали

И.В.Попов /88/, П.Н.Панюков /83/, М.В.Чуринов /113/ и многие другие исследователи.

Изучение инженерно-геологических условий при разведке месторождений твердых полезных ископаемых и прогнозировании устойчивости горных выработок должно учитывать зоны ослабления любого, в том числе и тектонического, генезиса, Большое значение при этом имеют лабораторные исследования заполнителя тектонических нарушений /20,63,68,101,110/.

Немаловажное значение изучению тектонической обстановки придается при проектировании и строительстве гидротехнических объектов. Для исследования сцепления основания плотин с породами проводятся испытания на сдвиг бетонных щеликов по трещинам /29,30/. Например, сдвиг щелика размером 7х7х6 м осуществлен на площадке строительства Братской ГЭС, а в 1965 г. опыты по сдвигу двух щеликов размером 8х12х24 м проводились на Красноярской ГЭС.

Несмотря на то что заполнитель тектонических трещин оказывает существенное влияние на устойчивость многих сооружений, возводимых на скальных трещиноватых массивах, детального исследования его состава и свойств практически не проводилось до сих пор. В то же время, учитывая инженерно-геологические особенности глинисто-обломочного материала, выполняющего тектонические нарушения, можно достаточно обоснованно прогнозировать изменение поведения тех или иных сооружений как в процессе проектирования, так и при их эксплуатации.

Настоящая работа является, вероятно, одним из первых исследований, касающихся состава и свойств тектонитов, т.е. заполнителя тектонических трещин. Объектами исследований были горные выработки (подземные и открытые) на ряде полиметаллических месторождений Средней Азии, Алтая и Урала, а также площадки гидротехнического строительства в Средней Азии и на Кавказе. В работе не показано влияние тех или иных категорий тектонитов на устойчивость различного рода горных выработок или иных сооружений. Методы исследования состава и свойств заполнителя, имеющих определенные специфические особенности описаны кратко. Автор считает целесообразным рассмотреть указанные вопросы в дальнейшем.

Автор глубоко признателем С.В.Николаеву за ценные советы и помощь в процессе работы над темой.

## Глава I

### ЗАПОЛНИТЕЛЬ ТЕКТОНИЧЕСКИХ ТРЕЩИН -ТЕКТОНИТЫ

Тектонические трещины и разломы возникают в горных массивах при определенных условиях, когда развивающиеся в результате деформаций земной коры нормальные и касательные напряжения превышают пределы прочности пород. Сплошность цельного массива нарушается и отдельные блоки пород претерпевают разнообразные движения, причем плоскостью перемещения их служат возникшие тектонические разрывы. По своему характеру и форме смещения блоков пород выделяется целый ряд тектонических нарушений: сбросы, взбросы, надвиги и т.д., подробная классификация которых рассматривается в специальных курсах структурной геологии /1,5,9,75 и др./. Нас тектонические нарушения интересуют с точки зрения инженерной геологии, поскольку они способствуют резкому ослаблению прочности массивов горных пород, что в свою очередь неизбежно ведет к возникновению целого ряда нежелательных явлений и процессов - обвалов, оползней и т.д.

#### Ослабление зоны в горных массивах

Тектонические нарушения можно считать поверхностями или зонами ослабления, т.е. участками с пониженными, по сравнению с монолитным массивом, прочностными и деформационными свойствами.

Под ослабленными зонами, согласно Н.И.Комарницкому /52/, понимаются "пространственно вытянутые части в толще горных пород, характеризующиеся определенным комплексом структурно-геологических, гидрогеологических, петрофизических и других особенностей строения, состава или состояния, заметно отличающихся от таковых у породы в массиве и значительно снижающих их прочностные свойства". "Поверхности ослабления - это естественные или искусственно возникающие места ослабления в толще горных пород в виде плоскостей или поверхностей иной формы, обуславливающие дробление, блочность и расслоение горных пород. Такими поверхностями являются трещиноватость и разрывные смещения различного генезиса, поверхности на-

пластования, сланцеватость, слоистость, т.е. поверхности раздела в геологической среде". Зоны же ослабления представляют собой более мощные образования, занимающие определенный слой, пласт или целый участок в толще горного массива.

Провести четкую границу между этими двумя категориями совершенно невозможно. В самом деле, тектоническое нарушение, имеющее например, мощность в несколько миллиметров, может быть классифицировано как плоскость ослабления. В то же время при более значительной мощности оно будет именоваться уже зоной ослабления; тем более что при увеличении размера тектонического нарушения усиливается раздробленность массива, что связано с развитием множества оперяющих трещин, и установить, к какой именно мощности тектоническое нарушение может быть отнесено к плоскости или зоне, невозможно. По этой причине тектонические нарушения в последующем будем именовать зонами или участками ослабления, учитывая при этом, что в случае маломощных образований, их скорее всего следовало бы отнести к плоскостям ослабления.

Помимо зон тектонического дробления в горных массивах встречается большое количество ослабленных участков иного генезиса. Это пласты глинистых пород среди скальных и полускальных, слои фильтрующих пород, коры выветривания и т.д. Тектонические нарушения секут и наиболее прочные породы, и другие ослабленные участки, в результате чего в местах их пересечения возможно возникновение наибольшей разгрузки напряжений и, как следствие, образование нежелательных геологических процессов и явлений. Поэтому, рассматривая ослабленные участки тектонического происхождения, ни в коем случае нельзя считать, что только они являются первопричиной возникновения оползней, обвалов и других нарушений устойчивости скальных массивов.

Горный массив представляет собой весьма сложное образование, в котором участки прочные и монолитные чередуются с ослабленными, имеющими значительно меньшую прочность и большую деформативную способность. В ослабленных поверхностях и зонах части тектонические нарушения, особенно выполненные тонкораздробленной массой глиноподобного облика, которая при увлажнении может перейти в текучее состояние, вследствие чего блок массива, ограниченный трещиной, теряет свою устойчивость, и создаются предпосылки для развития оползне-обвальных смещений. Кроме того, в массивах магматических,

особенно интрузивных, пород, в которых отсутствует слоистость или пласты с ярко выраженными невысокими прочностными свойствами, как это характерно для метаморфических и осадочных образований, тектонические нарушения являются почти единственными ослабленными зонами, если не считать развитых с поверхности зон выветривания и трещин разгрузки.

Тектонические разрывы могут быть заполнены кремнистым или карбонатным веществом, которое часто оказывается более прочным, чем вмещающие породы. Эти трещины и разломы уже не могут считаться ослабленными участками, поскольку они упрочают массив (особенно сложенный полускарльными образованиями) и создают весьма прочный жесткий каркас. Такие условия возможны при окварцевании, карбонатизации трещиноватых песчаных, алевроитовых или аргиллитовых пород, поэтому они в настоящей работе не рассматриваются.

#### Строение тектонических трещин

Тектонические трещины и разломы различаются по ориентировке в пространстве относительно горного массива или напластования, по длине, форме, мощности, обводненности, наличию или отсутствию заполнителя и т.д. Не останавливаясь в дальнейшем на классификации трещин по разнообразным параметрам, так как этот материал подробно изложен в /20, 52, 75, 77, 100, 103, 110/, перейдем непосредственно к особенностям внутреннего строения рассматриваемых образований.

В настоящее время влияние тех или иных особенностей тектонических нарушений на устойчивость естественных и искусственных горных склонов недостаточно изучено. Решающее влияние, по мнению Г.Л.Фисенко /110/, на устойчивость бортов карьеров, пройденных в скальных породах, оказывают тектонические трещины протяженностью свыше 10 м, падающие в направлении наклона борта, а также тектонические нарушения протяженностью более 10-20 м, ориентированные под острым углом к другим ослабленным зонам или участкам массива. Таким образом, заметное снижение устойчивости горных массивов наблюдается при развитии трещин длиной свыше 10 м. Но и более мелкие трещины снижают устойчивость, поскольку они разделяют массив на блоки, создавая условия для возникновения осыпей и способствуя проникновению активных агентов выветривания в глубокие зоны массива, что также приводит к уменьшению прочности пород.

Следует учитывать и мощность тектонического нарушения, особенно при развитии в трещине глинистого вещества. При насыщении такого заполнителя водой происходит резкое снижение величин угла внутреннего трения и сцепления. Устойчивость естественных склонов и бортов горных выработок по ослабленным участкам значительно падает.

мощность заполнителя различна и колеблется от нескольких миллиметров до сотен метров. Вероятно, опасность для горных сооружений представляют тектонические трещины и разломы с глинистым заполнителем любой мощности, так как последний при увлажнении выполняет роль смазки, способствуя смещению блоков горных пород. В то же время, если мощные зоны дробления, расположенные в глубине массива, легко обнаруживаются при бурении или геофизическими методами, то небольшие трещины установить чрезвычайно трудно. Их сложнее очистить от заполняющего материала, сложнее упрочить каким-либо способом при искусственном закреплении бортов горных сооружений. Они требуют самого тщательного изучения еще и потому, что могут служить причиной значительных нарушений устойчивости склонов и откосов. При возведении плотин могут оказаться опасными трещины мощностью в первые миллиметры, тогда как при сооружении других промышленных объектов, не связанных с увлажнением породы, а тем более с увлажнением под напором, они не вызовут разрушения сооружения при его эксплуатации.

Тщательное изучение заполнителя всех трещин, независимо от их мощности, необходимо, чтобы избежать возможных осложнений при возведении и эксплуатации объекта.

Состав и сложение заполнителя тектонических нарушений своеобразны. Здесь развиты раздробленные породы, имеющие различное наименование в зависимости от размеров слагающих их частиц и места расположения относительно стенок нарушения; внутреннее строение трещин отличается большим разнообразием и изменчивостью (рис. I). Наиболее распространены тектонические брекчии, которые встречаются вдоль поверхностей надвигов, сбросов, сдвигов и взбросов. Переход от брекчий к незатронутой дроблением вмещающей породе "совершается через так называемый орешник (какирит), который соответствует начальной стадии дробления" /9/. "Какирит - рыхлая, сильно катаклазированная брекчиевидная порода, в которой обломки первоначальной породы еще не смещены. Какирит характеризуется беспорядочным

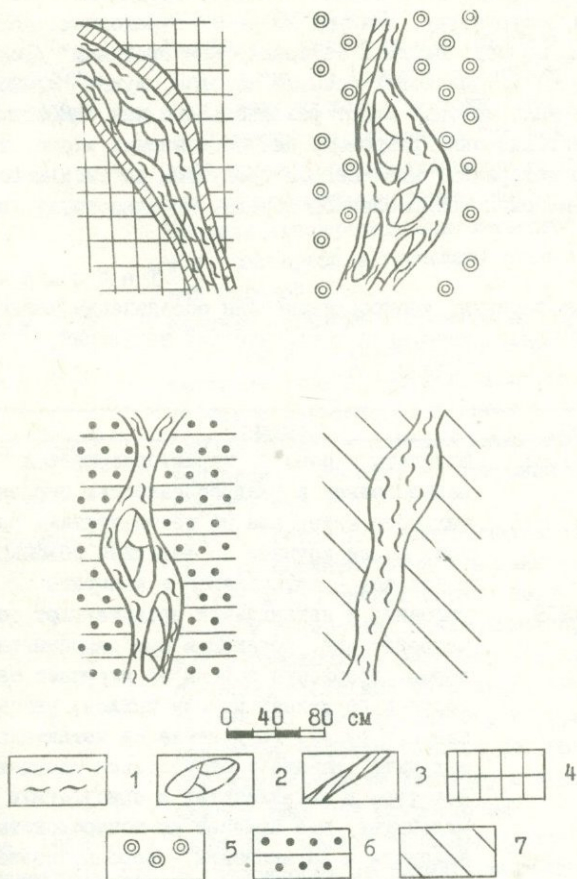


Рис. 1. Строение тектонических трещин в различных вмещающих породах: 1 - тектоническая глина; 2 - тектоническая брекчия; 3 - орешник; 4 - фельзит-порфир; 5 - туф андезитовых порфиритов; 6 - кварцит; 7 - альбитофир.

расположением многочисленных мелких трещин, создающих хаотически беспорядочную структуру. Какирит является переходным образованием от ненарушенной породы к тектоническим брекчиям" /18/.

Заполнителем тектонических брекчий нередко служит глинисто-дресвяный материал, который может развиваться и как самостоятельный элемент тектонических разрывов. Для обозначения этого тонко-раздробленного материала, являющегося продуктом интенсивного перетираия и изменения раздробленной породы, не существует единого термина.

#### Т а б л и ц а I

Основные термины, употребляемые для обозначения тонко-раздробленного материала тектонических нарушений, следующие:

Автор, год	Термины
В.В.Белюсов, 1961	Милониты = породы, характеризующиеся развальцеванием и раздробленностью первоначального материала по тектоническим разрывам. Более крупные по величине обломков образования - катаклазиты и какириты
Н.А.Елисеев, 1959	Милониты и катаклазиты представляют собой микробрекцию, возникшую при разламывании пород. Дробление породы не нарушает ее связности и не делает породу рыхлой, рассыпающейся в руках. Разделение на катаклазиты и милониты связано с отсутствием сланцеватой текстуры в катаклазитах и присутствии ее в милонитах, что придает им тонкослоистый вид
В.А.Обручев, 1931	Милониты и катаклазиты - породы, подвергшиеся рассланцеванию в тектонических нарушениях.
Г.Винклер, 1969	Милониты - породы, возникшие в результате измельчения, дробления и размалывания первичных пород в тектонических трещинах
Ф.Дж.Тернер, 1951, Ф.Дж.Тернер, Дж.Ферхуген, 1961	Катаклазиты и милониты возникают в разломах без существенного химического преобразования. В милонитовой основной массе могут

- Г.П.Горшков,  
А.Ф.Якушова, 1973  
Н.И.Буянов, 1957
- Г.Д.Ажгирей, 1956
- Ф.Н.Шахов, 1964
- П.Н.Кропоткин, 1961
- В.Мурхауз, 1963  
К.И.Богданович, 1903
- А.Е.Михайлов, 1973
- присутствовать глазки или линзы ненарушенных исходных пород.
- Милониты образуются при значительном измельчении породы и сильном истирании частиц. Пространство между тектоническими брекчиями и какиритом заполнено "песком" и "мукой" трения, представляющими собой кусочки тех же мелкораздробленных пород. Иногда трещины заполняются тектонической глиной, т.е. растертой в тончайший порошок имеющей породой
- Милонит - цемент тектонической брекчии, перетертый в тончайший порошок материал при тектоническом истирании. Милонит сопоставляется с тектонической глиной
- Глинка трения - жильные глинистые массы, возникающие за счет перетирания материала пород и руд
- Глинка трения или тектоническая глина похожа на обычную глину и возникает из перетертых и пластичных пород. Несет следы штриховки и полировки, возникающих при разрывных перемещениях. Милониты - тектонические брекчии, состоящие из мелких, микроскопических обломков горных пород, претерпевших некоторую перекристаллизацию. Имеют массивную или полосатую текстуру и хорошо различаются лишь под микроскопом
- Какирит - мелкий заполнитель трещин
- В зависимости от размера выделяет выскребки, глинистую дресву, жильную глину
- Заполнитель тектонических трещин называется брекчией трения. В зависимости от размеров обломков различается ряд пород. Какирит (орешник) - обломки меньше 1 см. При микроскопических размерах обломочная брекчия называется катаклазитом. Минеральные зерна в катаклазите сильно раздроблены.

Милонит – порода, в которой минеральные зерна растерты до состояния пыли. Текстура ленточная или волнистая

Исследователи, занимающиеся вопросами рудной геологии, глино-подобный заполнитель называют глиной, тектонической глиной, глиной трения /14, 41, 56, 92/.

Таким образом, единого термина для обозначения тонкораздробленного материала, а тем более размерных градаций между выделяемыми категориями, не существует. Мало того, как это совершенно справедливо замечает Ю.А.Косыгин /55/, один и тот же термин разные авторы употребляют для обозначения различных по крупности пород трещин. Например, В.В.Белюсов /6/ к какиритам относит тектонические брекчии, состоящие из обломков мельче 1 см. Такого же мнения придерживается и А.Е.Михайлов /75/. В.Мурхауз /76/ считает, что какирит – это брекчия, обломки которой, вне зависимости от размера (следовательно, и очень крупные глыбы), включены в порошокобразную массу. Н.И.Буялов /9/ и составители "Геологического словаря" /18/ относят к какириту породу, развитую вдоль стенок трещины и не смещенную со своего первоначального положения.

Разделение милонитов и катаклазитов, по Н.А.Елисееву /31/, основано на присутствии сланцеватой текстуры у первых и отсутствии ее у вторых. В то же время П.Н.Кропоткин /57/ выделяет катаклазиты именно в связи с развитием в них сланцеватой текстуры.

Едиственное, в чем мнение большинства исследователей сходится, – это то, что все они считают милониты и катаклазиты продуктами динамометаморфизма, т.е. продуктами, возникшими при дизъюнктивных дислокациях в тектонических трещинах и разломах. При этом подобные породы не сопровождаются явлениями перекристаллизации и минералообразования /18/.

Следовательно, если милонит или катаклазит претерпел явления, сопровождающиеся новообразованиями минералов или перекристаллизацией вещества, то это уже не милониты и катаклазиты, а нечто другое, может быть тектоническая глина трения. "Глина трения, – свидетельствует "Геологический словарь", – глинистая масса, образующаяся вдоль плоскости разрыва при движении его крыльев. Глина трения является результатом интенсивного дробления, скалывания и перетирания исходных пород. Синоним: "глинка тектоническая". Таким образом, согласно только что приведенному определению, – это

или милонит, или катаклазит. Получается, что для подвергнутых перекристаллизации тонкораздробленных масс заполнителя тектонических трещин специального термина не существует.

Между тем образованием тонкого заполнителя тектонических трещин не кончается процесс преобразования породы. В результате геологического развития происходит значительное изменение первоначального материала, на который воздействует множество факторов. Во-первых, это, особенно на рудных месторождениях, гидротермальные растворы, значительно изменяющие первоначальное вещество, превращающие его в совершенно новую горную породу. Происходит при-внесение одних элементов и вынос других. Появляются новые минералы - глинистые, карбонатные, кварц. Наблюдается перекристаллизация вещества, возникновение новых структур и текстур. Во-вторых, если тектонические трещины выводятся в приповерхностные условия, то по ним возможна циркуляция грунтовых вод - наиболее активного из агентов выветривания, в этих условиях также происходит значительное изменение горной породы. Наложение гидротермальных и гипергенных процессов может настолько изменить породу, что от нее в ряде случаев остаются трудно поддающиеся расшифровке остатки.

Породы в пределах тектонического нарушения очень часто сложно разделить на участки, которые бы соответствовали тектоническим брекчиям, катаклазитам, милонитам или другим категориям. Довольно часто в основную тонкораздробленную массу вкраплены более крупные включения, достигающие в поперечнике несколько сантиметров или больше, они образуют порой целые линзы обломочного характера, но при этом связаны постепенным переходом с основной массой. В других тектонических нарушениях орешник (какирит) может быть настолько преобразован, что отделить не смещенные со своего первоначального положения обломки от остальной массы совершенно невозможно. Кроме того, развитие только крупных обломков сопровождается появлением мелкозернистого материала, являющегося цементирующей массой для крупных частиц. По этой причине выделение в полостях разрывов тектонических брекчий, тектонической глинки трения (милонита, катаклазита), орешника (какирита) часто является весьма условным.

Чтобы не создавать путаницы в названии пород тектонических нарушений и не вносить в них размерные, текстурные, структурные или иные разграничения пород трещин, в дальнейшем для всех подоб-

ных образований нами применен термин - тектониты или просто - заполнитель тектонических нарушений. "Тектониты - общий термин для обозначения горных пород, испытавших дифференциальные немоллекулярные движения вещества, как сопровождавшиеся, так и не сопровождавшиеся перекристаллизацией", - указано в "Геологическом словаре". Кстати, Н.Н.Маслов /71/ тектонитами называет породы, состоящие из раздробленных и затем сцементированных обломков, возникших вдоль линий разломов при проявлении динамометаморфизма.

Авторы /100/ классифицируют породы, претерпевшие катакластический метаморфизм (динамометаморфизм), как тектониты. Типичными представителями тектонитов можно считать брекчии трения, катаклазиты и милониты. Они представляют собой раздробленные, в некоторой степени перетертые породы, обладающие различной сцементированностью.

Брекчии трения сложены обломками различной величины, сцементированные более тонкораздробленной массой тех же исходных пород. Катаклазиты отличаются меньшим размером, несут черты начального изменения породы. Отличительной чертой милонитов можно считать их рассланцованность. Представлены они микробрекчией, составные части которой различаются лишь под микроскопом. Все тектониты обладают высокой плотностью, поэтому их невозможно представить как "рыхлые", рассыпающиеся в руках массы" /100/.

Тектониты слагают маломощные зоны, приуроченные к разнообразным разрывным дислокациям. В приповерхностных условиях такие породы легко выветриваются, в результате чего породы превращаются в образования менее плотные, чем первоначальные. Добавим к этому, что прочность тектонитов может резко уменьшиться и при воздействии гидротермальных процессов.

По определению Г.П.Горшкова и А.Ф.Якушовой /21/, "горные породы, несущие признаки динамометаморфизма, объединяются под общим названием тектониты".

Таким образом, тектониты - это горные породы, возникшие в тектонических трещинах и разломах и представляющие собой продукты дробления, развальцевания и истирания первоначальных пород, подвергшиеся в дальнейшем вторичным изменениям под влиянием гидротермальных или гипергенных факторов или тех и других вместе. Тектониты могут и не нести следов вторичных изменений.

В результате развития последующих процессов тектониты могут оказаться значительно преобразованными, перекристаллизованными и превращенными в совершенно новую породу, резко отличающуюся от первоначальной.

#### Классификация смешанных глинисто-обломочных пород

Глинисто-обломочный заполнитель тектонических трещин - неоднородная масса, в которой беспорядочно перемешаны частицы самых различных размеров, начиная от тонких дисперсных и тех, что достигают величины многих сантиметров или даже метров. Тектониты различаются как по размеру слагающих их обломков, так и по соотношению между ними. В одних случаях тектониты представляют глиноподобную массу, в которой даже микроскопически трудно различить составные частицы. В других наблюдается развитие только крупных обломков почти без примеси глинистого вещества. Необходимо заметить, что весьма редко встречается заполнитель, представляющий собой более или менее однородную по величине слагающих его обломков массу. Почти всегда в тектонитах наблюдается смесь частиц различного размера, поэтому тектониты в подавляющем большинстве следует относить к смешанным горным породам.

22/3  
Существуют различные гранулометрические классификации, в основу которых положен принцип преобладающего размера частиц. Наиболее употребительной можно считать классификацию, приведенную в "Справочнике по инженерной геологии" /103/, которую (со значительными сокращениями) приводим далее; в ней показаны только крупные подразделения пород на группы гранулометрических фракций. Эта классификация удобна тем, что дает наименования обломочным породам определенного размера.

При характеристике грунтов смешанного типа употребляют классификацию В.В.Охотина /81/, Е.М.Сергеева /99/ и др. Но эти классификации, как правило, ограничиваются рассмотрением горных пород - от глинистых до песчаных. Авторы указывают, что классификации построены с учетом присутствия в породе не выше 10% гравийных частиц. Кроме того, считается, что грунты можно называть гравелистыми, если в них содержится от 10 до 50% гравийных частиц /82/. Если обломков крупнее 2 мм содержится свыше 50%, то грунт называют гравием.

Более удобна для оценки смешанных грунтов классификация гравелистых пород, которую дает Н.Н.Иванов (табл. I).



## Классификация гранулометрических фракций /103/:

Фракция	Размер частиц, мм
Валуны, камни	Более 200
Галька, щебень	40 - 200
Гравий, дресва	2 - 40
Песок	0,05- 2
Пыль	0,001 - 0,05
Глина	Менее 0,001

Для разделения крупнообломочных грунтов по гранулометрическому составу существует классификация, рекомендованная СНиП П-Б, I-62 для строительных целей.

Виды крупнообломочных грунтов по СНиП П-Б, I-62:

Крупнообломочный грунт	Распределение частиц по крупности, % от веса сухого грунта
Щебенистый (галечниковый)	Вес частиц крупнее 10 мм составляет более 50%
Дресвяный (гравийный)	Вес частиц крупнее 2 мм составляет более 50%

Все эти классификации имеют один недостаток: они не дают полной характеристики грунта по размерности слагающих его частиц, и не учитывают основные фракции: глинистые, пылевые, песчаные и крупнообломочные. Классификации детально разработаны только для тонкозернистых грунтов. Для них построены многочисленные треугольные диаграммы гранулометрического состава, в которых каждая точка соответствует тому или иному соотношению слагающих породу компонентов. В вершинах треугольников обычно отмечено 100%-ное содержание основных гранулометрических фракций. Чаще всего это глинистые, пылевые и песчаные категории. Целый ряд треугольных диаграмм построен для размерного отображения определенных, например песчаных или глинистых, пород /62/. Очень подробно охарактеризованы тонкозернистые породы и в литологии /97/, но почти нет работ, посвященных смешанным глинисто-обломочным горным породам.

Т а б л и ц а I

Классификация гравелистых пород по Н.Н.Иванову /61/

Порода	Содержание фракций, %	
	гравийных (2-20 мм)	песчаных (0,05-2 мм)
Гравелистая (песок, супесь и т.д.)	10-50, но меньше, чем песчаных или пылевато-глинистых, отдельно взятых	-
Гравий песчаный	30-50, но больше, чем песчаных или пылевато-глинистых, отдельно взятых	Больше, чем пылеватых и глинистых
Гравий пылеватый	То же	Меньше, чем пылеватых и глинистых
Гравий	Больше 50	Больше, чем пылеватых и глинистых

В.Д.Ломтадзе /62/ приводит треугольную диаграмму для изображения гранулометрического состава гравелистых пород, с помощью которой можно охарактеризовать грунты, сложенные фракциями мельче 20 мм. В зависимости от соотношения фракций меньше 0,05 мм, 0,05-2 мм и 2-20 мм выделяется четыре группы пород, соответствующих классификации Н.Н.Иванова: гравий, гравий песчаный, гравий пылеватый и гравелистая порода.

А.К.Ларионовым /59/ на основании инженерно-геологических исследований в Предкавказье и Средней Азии построена рабочая классификация галечно-щебневатых пород (табл. 2). К галечным (щебневатым) породам отнесены грунты, содержащие более 10% фракции крупнее 40 мм. Преимущество классификации перед другими состоит в том, что она позволяет дробно разделить гравелисто-галечниковые грунты с учетом содержания в них песчано-глинистого заполнителя, т.е. может быть применена для смешанных крупнообломочно-глинистых пород.

Детальное изучение гранулометрического состава смешанных глинисто-обломочных пород провел А.И.Шеко, проанализировав породы Южного берега Крыма /106/. Им предложена своеобразная гранулометрическая классификация глинисто-обломочных грунтов и построена гранулометрическая диаграмма.

Таблица 2

## Классификация галечно-щебневатых грунтов (по А.К.Ларионову)

Класс грунта	Группа грунта	Солежание фракций, %			
		галечных, бо- лее 40 мм	гравелистых, 2 - 40 мм	песчаных, 0,5 - 2 мм	глинистых, менее 0,002 мм
Галечный (щебневатый) грунт, содержит фракцию больше 40 мм от 10 до 50%	Гравелисто-древяно-галечный	10-50	Больше, чем песчаных	Меньше, чем гравелистых	Меньше 3
	Песчано-галечный (щебневатый)	10-50	Меньше, чем песчаных	Больше, чем гравелистых	" 3
	Супесчано-галечный (щебневатый)	10-50	То же	То же	3 - 10
	Суглинисто-галечный (щебневатый)	10-50	" "	" "	10 - 30
	Глинисто-галечный (щебневатый)	10-50	" "	" "	Больше 30
Галечник (щебень) с заполнителем, содержащим фракцию больше 40 мм от 50 до 90%	С гравелистым (древяным) заполнителем	50-90	больше, чем песчаных	Меньше, чем гравелистых	Меньше 3
	Супесчаным заполнителем	50-90	Меньше, чем песчаных	Больше, чем гравелистых	" 3
	С супесчаным заполнителем	50-90	То же	То же	3 - 10
	С суглинистым заполнителем	50-90	" "	" "	10-30
	С глинистым заполнителем	50-90	" "	" "	Больше 30
Галечник (щебень), содержит фракцию более 40 мм свыше 90%	Очень крупный	Фракции более 100 мм больше 50%	Не регламентируется		Меньше 3
	Крупный	Фракции 60-100 мм больше 50%	То же		
	Мелкий	Фракции 40-60 мм больше 50%			

По содержанию обломков (по весу) крупнее 2 мм А.И.Шеко выделяет пять классов: первый класс - меньше 10%, второй - от 10 до 35%, третий - от 35 до 65%, четвертый - от 65 до 90% и пятый - свыше 90%. Выделение этих классов А.И.Шеко обосновывает следующим образом /118/.

"При содержании в породе крупнообломочных включений меньше 10% по весу физические свойства ее практически ничем не отличаются от сходных пород, не содержащих включений. К этим породам применимы обычные методы исследований.

При содержании включений в пределах 10-35% обломки соприкасаются друг с другом; при деформациях в отдельных случаях возможно зацепление обломков друг с другом. Однако при сжати крупнообломочные включения жесткого скелета, как правило, не образуют. Для перехода породы в текучую консистенцию требуется воды на 15-40% меньше, чем для пород, не содержащих включений. Обычные лабораторные методы к изучению этих пород уже неприменимы.

Породы с содержанием крупнообломочного материала в пределах 35-65% по своим качествам довольно сильно отличаются от вышеописанных. При деформациях неизбежны зацепления частиц за другие. Давление, прилагаемое к породам, может восприниматься жестким скелетом. Поэтому эти породы слабо сжимаемы.

При содержании крупнообломочного материала больше 65% все обломки находятся во взаимном зацеплении. Песчано-глинистый заполнитель не воспринимает нагрузки от вышележащей толщи, прочность такой породы определяется прочностью обломков".

Построение классификации основано на использовании треугольной диаграммы (рис. 2), в вершинах которой размещены следующие три группы гранулометрических фракций: обломки крупнее 2 мм, песок и пыль, глина. Выделено 17 типов грунтов (цифры соответствуют номерам полей на диаграмме, рис. (2): I - глина; 2 - дресвяная глина; 3 - дресвяно-глинистая порода; 4 - дресва с глиной; 5 - суглинок; 6 - дресвяный суглинок; 7 - дресвяно-суглинистая порода; 8 - дресва с суглинком; 9 - супесь; 10 - дресвяная супесь; 11 - дресвяно-супесчаная порода; 12 - дресва с супесью; 13 - песок; 14 - дресвяный песок; 15 - дресвяно-песчаная порода; 16 - дресва с песком; 17 - дресва.

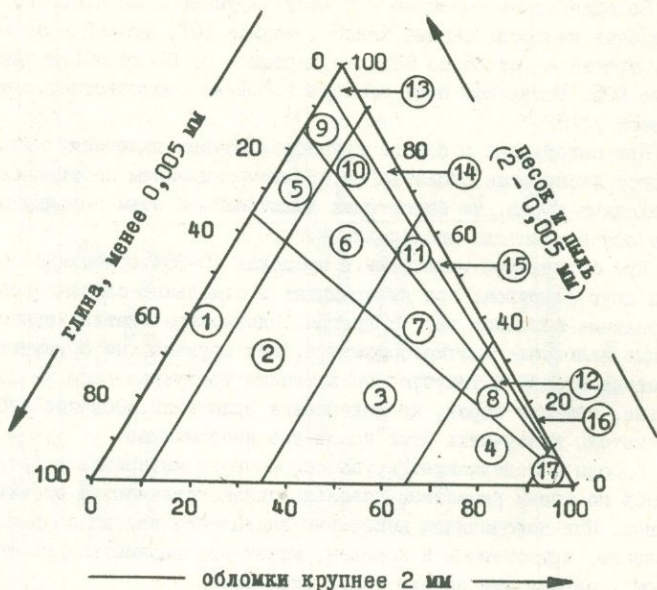


Рис. 2. Треугольная диаграмма Шеко для выделения категорий грунта по гранулометрическому составу

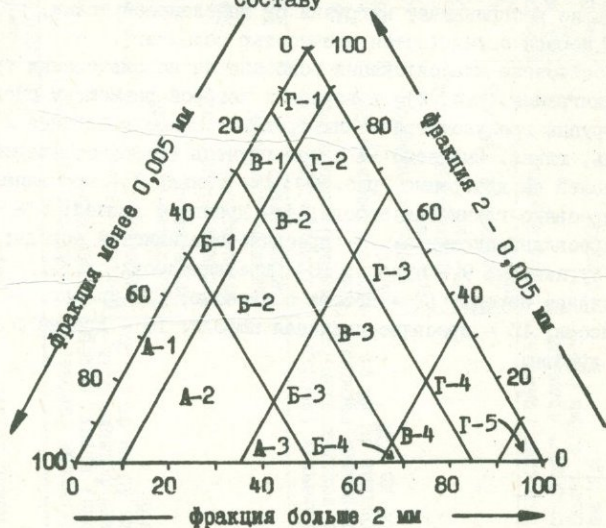


Рис. 3. Классификационный треугольник гранулометрического состава тектонитов

Классификация разработана для всех крупнообломочных пород, т.е. для дресвяных (гравийных), щебенистых (галечниковых) и каменистых (валунных). Поэтому в приведенных выше наименованиях типов пород вместо "дресвы" можно использовать другие категории, соответствующие преобладающему размеру частиц грунта.

Данная классификация имеет следующие недостатки.

Нет четкости при определении наименования искомой породы. Например, дресва с супесью /II7/ имеет следующее соотношение слагающих грунт частиц: обломки крупнее 2 мм составляют 65-90%, песок и пыль - от 8 до 33%, глина - от 0,5 до 5%. Вероятно, целесообразнее было бы выделение полей, граничные размеры которых не являлись бы столь дробными.

Не решен вопрос о наименовании пород, представляющей смесь дресвяного, щебенистого и каменистого материала.

Нами была предложена инженерно-геологическая типизация наиболее тонкораздробленного материала тектонических трещин - тектонической глинки трения, к которым отнесены образования мельче 20 мм, т.е. дресвяно-глинистые породы /67/. В основу типизации положено содержание в породе пелитовой (меньше 0,005 мм) фракции, на основании чего выделено четыре группы: А - больше 50% глинистых частиц, Б - от 30 до 50%, В - от 15 до 30% и Г - меньше 15% пелитового материала. В соответствии с гранулометрической классификацией А.И.Шеко /II8/ каждая группа разделена на подгруппы (табл. 3) по содержанию дресвяного материала.

Т а б л и ц а 3

Инженерно-геологическая типизация тектонической глинки трения по гранулометрическому составу

Индекс	Группа		Индекс	Подгруппа	
	Содержание фракции меньше 0,005 мм. %			Содержание фракции больше 2 мм. %	
А	Больше 50		-	-	
Б	30-50		1	Меньше 10	
В	15-30		2	10-35	
			1	Меньше 10	
			2	10-35	
Г	Меньше 15		3	35-65	
			1	Меньше 10	
			2	10-35	
			3	35-65	
			4	65-90	
			5	Больше 90	

## Гранулометрическая классификация тектонитов

Наша классификация, однако, не охватывает все возможные комбинационные сочетания гранулометрических фракций в породе. Например, в группе А не выделены подгруппы, что связано с отсутствием в исследованных пробах образцов с содержанием в наиболее пелитовых разностях тектонитов свыше 10-15% крупных обломков. Кроме того, типизация не распространялась на более крупные образования, т.е. на тектоническую брекчию и орешник (какирит).

Для гранулометрической характеристики тектонитов нами используется принцип А.И.Шеко. Заполнитель тектонических трещин в первую очередь разделяется по содержанию в нем политового материала так же, как и в первоначальной типизации, на 4 группы (табл. 4), соответствующие содержанию глинистого вещества более 50%, от 30 до 50%, от 15 до 30% и меньше 15%.

Выделение в самостоятельную группу пород с содержанием свыше 50% глинистого вещества обусловлено довольно значительным различием в составе и свойствах тектонитов, содержащих высокий процент пелитовой фракции.

Построен треугольник гранулометрического состава (рис. 3), вершины которого, как и в классификации А.И.Шеко, соответствуют 100% глинистой, песчано-пылеватой и крупнообломочной фракций. В рис. 3 выделены четыре гранулометрических ряда: I - существенно глинистый, содержащий более 50% пелитовой фракции, соответствует группе А. В группе А выделены три подгруппы, в которых крупнообломочной фракции содержится менее 10%, 10 - 35% и 35 - 50%. Причем последняя категория А - 3 скорее всего возможна лишь теоретически. Трудно представить себе заполнитель тектонических трещин, сложенный только глинистыми и крупными частицами, без промежуточного по размеру песчано-пылеватого материала. По этой же причине образцы подгруппы А - 2 могут быть встречены тоже весьма редко, да и то они будут характеризовать преимущественно верхнюю половину поля, показанного на диаграмме (см. рис. 3).

II гранулометрический ряд, соответствующий группе Б и содержащий пелитовую фракцию от 30 до 50%. Выделены четыре подгруппы по количеству обломочного материала: меньше 10%, 10-35%, 35-65% и 65-70%. Встречаемость образцов подгруппы Б - 4 вероятна только теоретически по той же причине, что и проб подгруппы А - 3. Образцы подгруппы могут быть обнаружены только для наиболее смешанных

разновидностей, содержащих значительное количество песчано-пылевых частиц и соответствующий верхней половине рассматриваемого поля диаграммы.

Т а б л и ц а 4

Инженерно-геологическое разделение тектонитов  
по гранулометрическому составу

Группа		Подгруппа	
Индекс	Содержание глинистой фракции, %	Индекс	Содержание фракции крупнее 2 мм, %
А	Больше 50	1	Меньше 10
		2 <sup>X</sup>	10-35
		3 <sup>XX</sup>	35-50
Б	30-50	1	Меньше 10
		2	10-35
		3 <sup>X</sup>	35-65
		4 <sup>XX</sup>	65-70
В	15-30	1	Меньше 10
		2	10-35
		3	35-65
		4 <sup>X</sup>	65-85
Г	Меньше 15	1	Меньше 10
		2	10-35
		3	35-65
		4	65-90
		5	Больше 90

X - встречаются редко

XX - возможны, вероятно, только теоретически.

III гранулометрический ряд, т.е. группа Б. Выделено 4 подгруппы с содержанием обломков крупнее 2 мм: меньше 10%, 10 - 35%, 35-65% и 65 - 85%. Подгруппа Б - 4 может быть охарактеризована пробами, занимающими верхнюю половину поля на диаграмме. Возможно, что и в подгруппе Б - 3 не будет встречено образцов, располагающихся в нижней части занимаемого этой категорией тектонитов размерного поля.

IV гранулометрический ряд - супесчано-песчаный (группа Г). Пелитового материала меньше 15%. Выделены пять подгрупп, соответ-

Т а б л и ц а 5

## Гранулометрическая классификация тектонитов

Группа	подгруппа	Содержание фракций, %		Порода
		менее 0,005 мм	более 2 мм	
А	А-1	Более 50	Менее 10	Глина Глина с обломками Обломочно-глинистая
	А-2		10-35	
	А-3		35-50	
Б	Б-1	30-50	Менее 10	Глина Глина с обломками Обломочно-глинистая Обломки с глиной
	Б-2		10-35	
	Б-3		35-65	
	Б-4		65-70	
В	В-1	15-30	Менее 10	Суглинок Суглинок с обломками Обломочно-суглинистая Обломки с суглинком
	В-2		10-35	
	В-3		35-65	
	В-4		65-85	
Г	Г-1	Менее 15	Менее 10	Супесчано-песчаная Супесчано-песчаная порода с обломками Обломочно-супесчано-песчаная Обломки с супесью и песком Существенно обломочная порода (дресва, щебень и т.д.)
	Г-2		10-35	
	Г-3		35-65	
	Г-4		65-90	
	Г-5		Более 90	

## Сравнение гранулометрических классификаций смешанных глинисто-обломочных пород

А.И.Шеко	А.К.Ларионов	"Геологический словарь", 1973 г.	Предлагаемая нами классификация тектонитов
Глина	Глина	Ультрамилонит	А-1
Обломочная глина	Глинисто-щебневатый грунт	Милонит	А-2
Глина	Глина		Б-1
Обломочная глина	Глинисто-щебневатый грунт		Б-2
Суглинок	Суглинок		Б-1
Обломочный суглинок	Суглинисто-щебневатый грунт	Катаклазит	Б-2
Супесь и песок	Супесь и песок		Г-1
23 Обломочные супесь и песок	Супесчано- и песчано-щебневатый грунт		Г-2
Обломочная глинистая порода	Глинисто-щебневатый грунт	Какирит, тектоническая брекчия	А-3
Обломочно-глинистая порода	Глинисто-щебневатый грунт и щебень с глинистым заполнителем		Б-3
Обломочно-суглинистая порода	Суглинисто-щебневатый грунт и щебень с суглинистым заполнителем	Какирит, тектоническая брекчия	Б-3
Обломочно-супесчано-песчаная порода	Супесчано- и песчано-щебневатый грунт и щебень с супесчаным и песчаным заполнителем		Г-3

продолжение табл. 6

А.И.Шеко	А.К.Ларионов	"Геологический словарь". 1973 г.	Предлагаемая нами классификация тектонитов
Обломки с глиной	Щебень с глинистым заполнителем		Б-4
Обломки с глиной	Щебень с суглинистым заполнителем		В-4
Обломки с глиной, суглинком, супесью и песком	Щебень с супесчаным и песчаным заполнителем		Г-4
Обломки	Щебень		Г-5

Примечание. Под обломками, в классификации А.И.Шеко, подразумевается фракция более 2 мм. В зависимости от преобладающего размера частиц она может быть дресвяной, щебенистой и т.д.

Мы попытались сопоставить выделенные нами категории с качественной оценкой заполнителя трещин, для чего использована терминология "Геологического словаря" /18/.

ствующих содержанию крупных обломков в количестве меньше 10%, от 10 до 35%, от 35 до 65%, от 65 до 90% и свыше 90%.

В отличие от классификации А.И.Шеко, мы не проводим деления песчаных и супесчаных категорий. Это связано с тем, что песчаные и супесчаные **тектониты незначительно** различаются по своим физико-механическим свойствам. Расхождения в результатах лабораторного анализа образцов супесчаного и песчаного рядов лежат обычно в пределах ошибок самих методов определения тех или иных физико-механических показателей. Поэтому было признано целесообразным проводить выделение тектонитов без подразделения их на супесчано-обломочные и песчано-обломочные.

Предлагаемая нами гранулометрическая классификация тектонитов также не решает вопроса о наименовании породы, составленной обломками различной крупности: дресвяной, щебенистой и глыбовой. Поскольку в изученных пробах в основном встречались обломки лишь дресвяно-щебенистой размерности, то в дальнейшем эта категория будет именоваться "крупнообломочным" заполнителем.

В табл. 5 приведены наименования тектонитов в зависимости от размера и соотношения слагающих их зерен. Необходимо заметить, что названия тектонитов, принадлежащих группам А и Б, совпадают, поскольку к глинам, согласно общим инженерно-геологическим классификациям, относятся породы, содержащие свыше 30% пелитового материала. Мы выделили наиболее глинистые разности, соответствующие содержанию глинистой фракции меньше 0,005 мм свыше 50%, так как анализ целого ряда инженерно-геологических параметров тектонитов показал, что свойства пород при высоком содержании тонкого материала изменяются, иногда весьма существенно по сравнению с другими образцами.

Для сравнения нашей классификации с уже существующими составлена табл. 6.

В принципе, для дальнейшего подразделения тектонитов по величине и соотношению крупных частиц следует выделять дресвяные, щебенистые или крупнообломочные разности, исходя из преобладания обломков определенного размера.

#### Классификация тектонитов

Свойства горных пород глинисто-обломочного характера зависят не только от размера и соотношения слагающих их гранулометрических

фракций, но во многом определяются и петрографо-минералогическими особенностями входящих в них компонентов. При более или менее близком гранулометрическом составе свойства породы зависят от состава глинистых минералов и обломочных частиц, степени вторичного изменения последних и структурно-текстурных особенностей тектонитов. Известно /25, 99/, что примесь монтмориллонита в количестве 5-10% значительно изменяет свойства осадочной породы: увеличивает число пластичности, величину набухания и другие параметры. Развитие по глинисто-обломочной породе вторичных процессов окремнения или карбонатизации неизбежно приводит к упрочению материала, возникновению прочных кристаллизационных связей. Порода становится непластичной, ненабухаемой, слабобразуемой. Наличие галлуазита или талька способствует созданию также более прочной структуры. В то же время галлуазит, как минерал весьма влагоемкий (в связи с очень сложной и пористой структурой), значительно увеличивает влажность пределов раскатывания и текучести по сравнению с гидрослюдами, каолинитом или хлоритом.

В предложенной ранее типизации тектонической глинки трения /67/ помимо гранулометрических групп и подгрупп выделено несколько минералогических разновидностей, соответствующих развитию в породе того или иного минерала. В случае малого количества глинистого вещества и слагающих дисперсную фракцию гидрокислов железа, выделяются обломочные разновидности тектонической глинки трения, сложенные преимущественно обломками исходных пород и минералов. Этот принцип применен и к общей инженерно-геологической классификации тектонитов. Разделение тектонитов ведется по следующему плану: гранулометрическая группа → гранулометрическая подгруппа → минералогическая разновидность. Общая классификация тектонитов, которая может быть использована при инженерно-геологическом изучении заполнителя тектонических трещин, приведена в табл. 7.

Хлорит и гидрослюды, входящие в состав глинистого вещества заполнителя тектонических трещин, по своим инженерно-геологическим особенностям довольно близки, благодаря чему эти минералы объединены в одну группу. В том случае, если в породе наблюдается развитие серицита, представляющего одну из разновидностей гидрослюды, в результате чего тектониты приобретают фибролитовую структуру, следует выделять отдельно "серицитовую" разновидность, так как заполнитель по своим свойствам будет отличаться от более дисперсных и менее уплотненных гидрослюдистых образований.

При наложении на тектониты процессов окремнения, карбонатизации, оплакивания и др. происходит упрочение первоначально рыхлого и связного материала трещин. Значительно увеличивается его прочность, происходит укрупнение гранулометрического состава, уменьшается набухаемость и т.д. По гранулометрическому составу такие тектониты относятся уже к весьма крупнообломочным образованиям. При одинаковом же гранулометрическом составе тектониты, сложенные обломочным материалом, являющимся продуктом разрушения материнских пород, могут отличаться по своим свойствам от окремненной или карбонатизированной породы. Это можно объяснить как раз-

Т а б л и ц а 7

Общая классификация тектонитов

Группа	Подгруппа	Минералогическая разновидность
А	1	Каолитовая
	2	Монтмориллонитовая
Б	1	Хлорит-гидрослюдистая
	2	Тальковая
	3	Галлуазитовая
В	1	Лимонитовая
	2	Агрегатная
	3	Обломочная
	4	Рудная
Г	1	Кремнистая
	2	Карбонатная
	3	Флюоритовая
	4	и другие
	5	

**П р и м е ч а н и е.** Из таблицы исключены подгруппы А-3 и Б-4, так как нахождение в природных условиях тектонитов с подобным гранулометрическим составом скорее всего невозможно. Минералогические разновидности могут встречаться в различных гранулометрических категориях тектонитов.

личной прочностью вмещающих пород и продуктов вторичного воздействия, так и наличием глинистых минералов, значительно уменьшающих прочностные свойства массива. Поэтому в классификации предусмотрено выделение агрегатной, обломочной, кремнистой, карбонатной и других разновидностей.

Выделение агрегатной разновидности связано со степенью изменения породы. В тех случаях, когда количество измененных обломков

превышает 30-40% всех обломочных частиц, следует выделять тектониты агрегатной разновидности. При меньшем содержании измененного материала речь идет об обломочной разновидности, отличающейся по своим свойствам от агрегатной.

Некоторые тектониты сложены в основном рудными минералами, например сульфидами. Такие породы отнесены к категории "рудных".

## Г л а в а П

### ОПРОБОВАНИЕ ТЕКТОНИТОВ

Изучение горных пород начинается с отбора образцов на требуемые геологическим заданием анализы. Причем комплекс аналитических исследований выбирается с учетом поставленных целей и задач, которые могут быть самыми разнообразными. Изучение заполнителя трещин для целей рудничной геологии требует прежде всего определения его гранулометрического и минералогического состава; особое внимание уделяется рудным компонентам. Большое значение в этом случае имеют химические и физико-химические методы анализа.

В нефтяной геологии, когда тектоническое нарушение служит экраном для газово-жидких флюидов, большое значение имеет изучение минеральных и размерных особенностей, водо- и газопроницаемости породы, ее пористости.

При инженерно-геологических исследованиях необходимо тщательное изучение заполнителя трещин, физико-механических свойств породы, ее петрографо-минералогических особенностей и установление связи между полученными результатами.

Далее будут изложены правила отбора образцов тектонитов из трещин переменной мощности, различной влажности и гранулометрического состава заполнителя; будет рассмотрена методика опробования тектонических трещин, представлены схемы испытания тектонитов при небольшом количестве каменного материала, показаны наиболее рациональные виды анализов, проводимых в лабораториях.

#### Типы горных пород

В настоящей работе приведены данные по результатам испытания образцов тектонитов, отобранных из разнообразных горных пород во многих областях нашей страны. Работая на целом ряде рудных месторождений, автор собрал коллекцию пород из ослабленных зон, а также образцы исходных образований. Часть образцов взята с некоторых объектов промышленного строительства (гидротехнические сооружения, тоннели) или отобрана в естественных горных обнажениях. Незначительное число проб поступило с угольных месторождений.

Были изучены, с той или иной полнотой, тектониты, исходным материалом которых послужили магматические, метаморфические и осадочные горные породы. Объекты инженерно-геологических исследований располагались в республиках Средней Азии (рудные месторождения, строящиеся гидротехнические и дорожные сооружения Таджикистана, ряд месторождений Узбекистана и Киргизии), в Казахстане (рудные полиметаллические месторождения Алтая), на Южном Урале (в том числе Сибайское и Гайское месторождения), небольшое количество проб получено из Донбасса.

Согласно существующим петрографическим классификациям /26, 98/, горные породы, из которых были исследованы образцы, охватывают почти все основные категории магматических образований, за исключением ультраосновных и щелочных пород: основные интрузивные - габбро-диориты; основные эффузивные - диабазы, диабазовые порфириты, спилиты; средние интрузивные - сиениты; средние эффузивные - андезитовые порфириты; средние вулканокластические - туфы андезитовых порфиритов; кислые интрузивные - граниты, гранодиориты; кислые эффузивные - кварцевые порфиры, фельзит- и сферолит-порфиры, альбитофиры.

Среди метаморфических пород, в которых были отобраны образцы тектонитов, основное место занимают гнейсы, кристаллические альбит-эпидот-актинолитовые сланцы, разнообразные глинистые сланцы, кварциты.

Осадочные породы представлены известняками, песчаниками, алевролитами и туфо-песчаниками.

Тектониты изучались только в скальных и полускальных породах, рыхлые горные породы автором не рассматривались.

#### Характер опробования тектонитов

Тектонические трещины и разломы представляют собой довольно сложные образования, что связано не только с протяженностью, мощностью и конфигурацией дизъюнктивных нарушений, но и с разнообразием типов пород, заполняющих разрывное пространство. Наличие в одной и той же трещине тектонитов различных размеров и минералогических особенностей неизбежно требует изучения всех основных разновидностей заполнителя, которые визуальным образом значительно отличаются друг от друга, чтобы иметь представление о свойствах всего материала тектонического нарушения. Кроме того, наличие глиноподобно-

го вещества, часто представляющего собой как бы "прослой" тонко-раздробленной массы в тектоническом нарушении, требует изучения и более крупнообломочных тектонитов по обе стороны от него, так как глинистая порода может служить определенной преградой, экранной одной сторону трещины от другой, и препятствовать проникновению через нее движущихся растворов гидротермального характера или грунтовых вод, циркулирующих по трещине. Поэтому опробование тектонитов - очень важная и ответственная задача. Необходимо также изучить вмещающие горные породы, чтобы установить изменение состава и свойств от материнских пород к наиболее разрушенному материалу, заполняющему тело трещины.

Породы тектонических трещин и разломов, протягиваясь на значительные расстояния по глубине, могут иметь не только горизонтальную, но и вертикальную зональность, выражающуюся в изменении состава и, следовательно, свойств тектонитов по падению тектонического нарушения. Это объясняется двумя причинами. Во-первых, глубина проникновения агентов выветривания по тектоническим нарушениям в тело горного массива. По свидетельству В.П.Петрова /87/, "языки" выветрелых пород по зонам дробления могут опускаться на глубину в 1,5-2 раза большую, чем обычная мощность коры выветривания, характерная для данного района. При этом "языки" и ответвления, отходящие от выветрелой толщи в область свежих пород, могут уходить от нее на 100 м и более. Во-вторых, выветривание пород, довольно интенсивно проявляющееся по тектоническим нарушениям, связанным с земной поверхностью, не является единственной причиной преобразования раздробленных пород. На рудных месторождениях, особенно полиметаллических, существенную роль в образовании полезного ископаемого играют гидротермальные растворы. Их движение так же, как и воздействие агентов выветривания, осуществляется по наиболее ослабленным зонам, т.е. по тектоническим нарушениям. Горячие рудные растворы, несущие высокие активные начала, участвуют в изменении первоначальной породы. Если же процессы выветривания и гидротермального преобразования накладываются, то возникает очень сложная картина вторичного изменения горной породы.

Воздействие на продукты тектонического дробления выветривания и гидротерм приводит к развитию в тектонических нарушениях различных глинистых и других минералов по всей длине трещины, к разрушению существовавших до этого обломков в результате их химичес-

кого разложения или к укрупнению материала при раскristализации кремнистого, карбонатного или иного вещества, выпадающего из раcтворов. Поэтому по длине трещины можно, по всей видимости, наблюдать изменение петрографо-минералогического состава заполнителя и, следовательно, физико-механических его свойств. Это требует отбора образцов на различные анализы не в одном только месте тектонического нарушения, например в его средней части, а по нескольким поперечным профилям. Расстояние между профилями опробования выбирают в каждом конкретном случае свое и зависит оно от целей опробования, характера проводимых исследований и длины тектонического нарушения. Вероятно, опробовать породы менее чем через 30-50 м по падению трещины нецелесообразно.

Тектониты - весьма разнообразный материал по величине слагающих их обломков. Для получения достоверных результатов следует пользоваться формулами, рекомендуемыми "Справочником по инженерной геологии" /103/.

В зависимости от величины коэффициента вариации минимальное количество проб, отбираемых для одного вида испытаний, должно составлять:

значения коэффициента вариации, %	число проб, штук
30	9
25	6
20	4
15	3

Таким образом, наименьшее количество проб с одной точки должно быть равно 3. Наибольшее, при достижении предельной величины коэффициента вариации, - 9. Горные породы считаются однородными, если коэффициент вариации равен или меньше 30%. При большей величине этого коэффициента необходима проверка исполнения анализов, чтобы убедиться в отсутствии ошибок при лабораторных определениях, горную породу можно считать настолько неоднородной, что полученные в ходе анализа данные невозможно сравнить с аналогичными результатами по другим участкам. Эта неоднородность может являться следствием различных размеров обломочного материала или неоднородности минералогической. В первом случае испытания следует вести по методу А.И.Шеко /117/, разработавшего схему изучения глинисто-обломочных пород: отдельно изучается мелкозем (фракция

меньше 2 мм) и крупные обломки. Исследуются обязательно все петрографические разновидности встречающихся в породе обломков. Затем проводится пересчет на всю массу породы с учетом процентного содержания фракций крупнее и мельче 2 мм.

Минералогическая неоднородность, видимо, требует изучения свойств горных пород в каждой из выделяемых по составу разновидностей. Тектониты очень часто бывают изменены вторичными процессами – карбонатизацией, окремнением и т.д., что приводит к упрочению породы и появлению среди более или менее рыхлой породы участков с высокими прочностными свойствами. Вероятнее всего, опробование и изучение таких разнородных по составу участков необходимо проводить отдельно, чтобы охарактеризовать все разновидности тектонитов, развитых в описываемом нарушении.

#### Отбор образцов тектонитов

Опробование пород тектонических трещин и разломов отличается от методики, применяемой для других горных пород. Тектоническое нарушение – линейно вытянутое образование, заполнитель в котором развит в довольно ограниченном пространстве. Значит прежде чем получить образцы тектонитов, необходимо удалить часть вмещающих пород, ограждающих доступ к заполнителю.

Тектонические трещины и разломы выполнены неоднородной по гранулометрическому составу массой, поэтому методы опробования различных по размерам обломков должны быть различны.

Мощность тектонических нарушений чрезвычайно разнообразна, поэтому отбор проб из разломов, внутренняя полость которых составляет десятки сантиметров и даже метры, отличается от опробования трещин, имеющих незначительную мощность.

Существенное значение при опробовании имеет влажность тектонитов. В зависимости от величины этого показателя могут быть применены различные средства отбора заполнителя и несколько видоизменены обычно используемые методы лабораторного изучения проб.

Схема факторов, влияющих на методику отбора тектонитов:

Мощность зоны развития тектонитов, см	Содержание крупных обломков, %	Влажность тектонитов, %
Меньше 1-2	Меньше 10-15	До 5-10
От 1-2 до 5-7	От 10-15 до 30-50	Свыше 5-10
От 5-6 до 10-15	Свыше 30-50	Свыше 5-10
Свыше 10-15		

На первое место среди факторов, от которых зависит методика отбора тектонитов, поставлена мощность тектонического нарушения. При этом размеры выбраны с учетом получения монолитов, из которых в дальнейшем можно вырезать кольцо для того или иного вида физико-механических анализов (на сдвиг, фильтрацию и т.д.). При размере трещины до 1-2 см практически нельзя вырезать кольцо для любого вида лабораторных анализов. При мощности заполнителя до 5-7 см возможно проведение испытания породы на набухаемость. При толщине тектонита до 10-15 см материала оказывается вполне достаточно для проведения сдвиговых и фильтрационных испытаний, при больших размерах - практически для всех видов физико-механических определений.

Свойства тектонитов определяются также содержанием в породе крупнообломочной фракции. При небольшом ее количестве, т.е. до 10-15%, свойства горной породы практически зависят только от свойств мелкозема и крупные включения на их изменение влияния не оказывают. Поэтому в тонкораздробленных тектонитах необходимо изучать преимущественно мелкозем.

Увеличение крупнообломочного материала приводит к тому, что свойства породы оказываются в зависимости и от мелкозема, и от количества, величины крупных обломков, и соотношения их с более тонкой массой. Испытывать необходимо как мелкозем, так и крупные обломки.

При большом содержании обломочного компонента свойства мелкозема оказывают уже меньшее влияние на физико-механические особенности тектонитов. Поэтому испытания необходимо проводить в первую очередь для крупных обломков. Заполняющий поры материал изучается в меньшей степени. Необходима также характеристика прочностных свойств крупных обломков, тогда как в мелкоземе следует изучать пластичные и другие свойства, определяемые с нарушением структуры образца. Проведение сдвиговых испытаний возможно в большинстве случаев лишь на образцах нарушенного сложения.

На отбор проб влияет и влажность заполнителя. При влажности до 5%, а часто и до 10% бывает невозможно отобрать цельный монолит, пригодный для выбранного комплекса испытаний. Кроме того, многие существующие приборы не приспособлены для проведения испытаний пород, по своим прочностным параметрам часто приближающихся к полускальным образованиям (например, сдвиговые приборы).

В других случаях вырезать отвечающие стандартным условиям кольца из сухих монолитов также довольно сложно, особенно при подготовке проб к фильтрационным испытаниям. При значительной влажности отбор проб для различных лабораторных анализов затруднений не представляет.

Таким образом, дальнейшее описание методики отбора образцов для физико-механических лабораторных исследований будет проводиться от мощности через гранулометрический состав к влажности.

#### Отбор проб из тектонических нарушений мощностью свыше 10-15 см

При мощности тектонического нарушения свыше 10-15 см получение каменного материала может быть достигнуто методами, используемыми при опробовании рыхлых, связных или скальных пород.

При содержании обломочного материала менее 10-15% из зоны тектонического дробления вырезают обычным способом монолит /4,7,10, 103/, размеры которого лимитируются мощностью опробуемого участка, но не должны превышать 20-25 см по ребру куба. При необходимости отбирают два-три монолита. Ориентируют монолиты по направлению падения тектонического нарушения, т.е. его верхняя грань должна быть направлена параллельно висячему боку нарушения.

Перед началом работы заполнитель очищают от закрывающего его обломочного материала. Затем ножом или лопатой (в зависимости от мощности трещины) вырезают монолит требуемого размера. При небольшой мощности (до 20-30 см) рекомендуется по возможности отбить скальную породу около места отбора тектонитов.

Монолиты можно отбирать практически при любой влажности. После вырезания монолит парафинируют в соответствии с существующей методикой консервации грунтов /4,7,103/.

При значительном содержании крупных частиц (обычно свыше 50%) монолиты на ряд испытаний, свойственных связным грунтам, вырезать очень сложно. Поэтому можно рекомендовать отбор нескольких монолитов размером примерно 7x7x7 см или другой величины, но чтобы они могли быть использованы для проведения основных видов анализа. Эти монолиты также парафинируются. Из мелкозема отбирают дополнительно пробы на определение влажности, объемной массы и размокания. Размер образцов для каждого вида испытаний должен составлять не менее 30-50 см<sup>3</sup>. Для проведения анализов, не требующих

сохранения природной влажности и структуры, образцы следует отбирать в пробный мешочек или заворачивать в бумагу.

При отсутствии в заполнителе участков, из которых можно вырезать монолит необходимого размера, парафинируют пробы только на определение естественной влажности, объемной массы и размокания. Для остальных анализов пробу отбирают в мешочек или заворачивают в бумагу и испытания проводятся с нарушением естественного сложения породы.

Крупные обломки в зоне тектонического нарушения бывает обычно разбиты множеством мелких трещин. Из таких образований отбирают пробы на определение объемной массы, влажности и размокания, по два-три кусочка на каждый вид анализа, объемом не менее 30-50 см<sup>3</sup> каждый. Эти образцы сразу же парафинируют. Из довольно крупных обломков можно приготовить образцы на прочностные и деформационные испытания. Для этого несколько кусков породы неправильной формы, имеющих в поперечнике хотя бы 5-7 см парафинируют, чтобы сохранить естественную влажность.

Для получения гранулометрической характеристики заполнителя отбирают пробы весом в 2-10 кг, а в случае очень крупных обломков - даже больше.

Описанная методика применяется преимущественно для влажных горных пород. С понижением влажности возможность отбора даже небольших монолитов из мелкозема, на сдвиговые, например, испытания, резко снижается. Поэтому при невысокой влажности каменный материал отбирается преимущественно с нарушением его природной структуры, испытания проводят на искусственно приготовленной массе, уплотняя ее до объемной массы, соответствующей объемной массе природного образца.

Значительное количество крупных частиц часто не позволяет осуществить для мелкозема целый ряд анализов, применяемых для связанных горных пород. В частности, почти невозможно в лабораторных условиях провести сдвиговые испытания естественного образца, а также определить коэффициент фильтрации. Поэтому из материала с нарушенной структурой возможен отбор проб лишь на определение объемной массы и размокания, а также естественной влажности породы в момент описания тектонического нарушения. Размеры проб такие же, как указано выше. Парафинирование их обязательно.

Более крупный материал изучается методами, используемыми при исследовании скальных горных пород. Ввиду того, что обломки пород в зоне тектонического нарушения обладают высокой трещиноватостью, определение прочностных свойств лучше всего проводить по ускоренной методике, требующей небольшого количества каменного материала, например по методике /47/, тем более что на приготовленной для изучения прочностных свойств пластинке ультразвуковым методом первоначально могут быть определены деформационные показатели - модуль Юнга и коэффициент Пуассона.

Для определения прочности свойств, объемной массы, влажности и размокания образцы парафинируют. Размер проб тот же.

#### Отбор проб из тектонических нарушений мощностью от 5-7 до 10-15 см

При мощности тектонических нарушений от 5-7 до 10-15 см и менее основная трудность заключается в отборе монолитов достаточных размеров для испытания породы с ненарушенной структурой. Для получения монолитов лучше всего использовать нож. Предварительно трещину очищают от насыпавшегося на заполнитель материала. По возможности трещина расширяется, для чего вмещающая скальная порода сбивается кувалдой, молотком или другим способом.

Отобрать один монолит на все испытания бывает невозможно. Поэтому необходимо отобрать несколько монолитов такой величины, чтобы осуществить намеченные анализы. Во всех случаях из мелкозема и крупных частиц, независимо друг от друга, берутся пробы на определение естественной влажности, объемной массы и размокания. Размер проб 30-50 см<sup>3</sup>, на каждый анализ берется два-три кусочка, которые парафинируются непосредственно в поле.

Во влажных тектонитах, содержащих менее 10-15% крупнообломочного материала, монолиты вырезаются ножом. Размер каждого монолита на сдвиговые испытания должен составлять в поперечнике не менее 7 см при такой же высоте. Монолиты ориентируют таким образом, чтобы сдвиговые испытания проводить по направлению падения тектонического нарушения. При определении коэффициента фильтрации размер монолита зависит от применяемого прибора. При использовании трубок типа "Спецгео" монолиты должны иметь в поперечнике не менее 5-7 см при длине 12-15 см; для приборов ПВ и Ф-1м - в поперечнике не менее 12 см при толщине около 5 см. Ориентируют их таким образом

чтобы изучать фильтрацию по падению трещины. При достаточном количестве каменного материала коэффициент фильтрации можно определить и вкрест простирания трещины. Поэтому во всех случаях на монолит наносится направление, по которому следует проводить испытания, а в полевой книжке фиксирует это положение относительно стенок трещины и ее падения.

Для определения величины набухания можно брать монолит размером в поперечнике около 5 см при толщине 2-3 см. Ориентирован он должен быть так, чтобы изучать набухание вкрест простирания трещины (рис. 4).

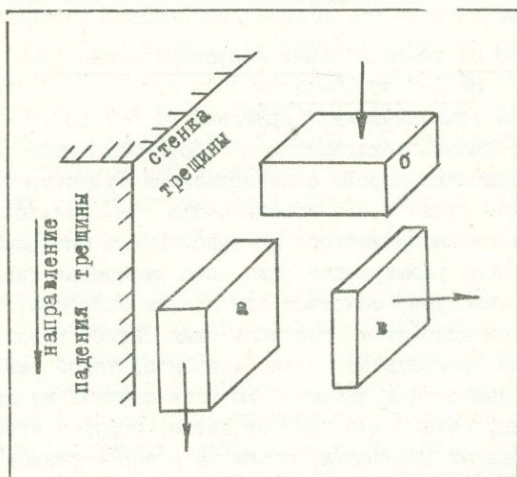


Рис. 4. Ориентировка монолитов тектонитов в трещине, отбираемых с целью проведения анализов: а - сдвиговых; б - фильтрации; в - набухания.

При содержании крупных обломков свыше 10-15% отобрать монолиты из мелкозема на определение сопротивления сдвигу, набухание, фильтрацию и на ряд других анализов часто не представляется возможным, даже если заполняющий трещину материал имеет достаточно высокую влажность. Поэтому на подобные анализы следует стремиться отбирать пробы ненарушенного сложения при любой возможности. Если же этого сделать нельзя, то приходится проводить испытания с на-

рушением естественной структуры, уплотняя предварительно образцы до их природной объемной массы. При небольшой влажности мелкозема большая часть испытаний может быть осуществлена с нарушением первоначальной структуры породы.

Для анализа крупных частиц следует брать обломки по возможности наибольшего размера, пробы требуется парафинировать для сохранения их естественной влажности.

Обязательным является отбор проб для изучения гранулометрического состава заполнителя. Зная количество крупных обломков и мелкозема, можно провести пересчет объемной массы, влажности, плотности и пористости на всю массу породы, выполняющей тектоническое нарушение. Вес пробы зависит от размера слагающих частиц.

#### Отбор проб из тектонических нарушений мощностью от 1-2 до 5-7 см

При мощности тектонического нарушения от 1-2 до 5-7 см возможность проанализировать породу, сохраняя ненарушенной структурой, значительно уменьшается. В тонкозернистых образованиях при достаточной мощности тектонического нарушения, еще есть вероятность провести сдвиговые испытания, если влажность образца достаточно высока. Возможно также получение монолита для определения набухания породы. Размер монолитов должен достигать в поперечнике 5 см при толщине не менее 2-3 см. Ориентируют монолиты таким образом, чтобы получить искомые параметры вкрест простирания трещин. Монолиты парафинируют.

Все остальные испытания мелкозема, в том числе определение величины набухания при незначительной влажности заполнителя, можно проводить только с нарушением естественной структуры породы. Для определения объемной массы, естественной влажности и размокания пробы парафинируют. На каждый вид анализа необходимо иметь по два-три кусочка породы, размер которых в поперечнике должен составлять 2-3 см. Пробы отбираются и из мелкозема, и из крупных частиц.

Небольшая мощность тектонического нарушения предопределяет и размеры крупных обломков - не более 5-6 см. Длина же и ширина их может быть и более значительной. Такие обломки можно использовать для оценки прочности и других характеристик. Но, как правило, величина обломков значительно меньше, и определение прочностных по-

казателей по ним чаще всего затруднено, а в большинстве случаев и невозможно. Крупные обломки парафинируются для сохранения естественной влажности.

Необходим отбор проб на гранулометрический анализ для пересчета значения влажности, объемной массы, плотности и пористости на всю породу. Используемое количество породы зависит от величины слагающих ее частиц.

#### Отбор проб из тектонических нарушений мощностью менее 1-2 см

Малая мощность тектонических нарушений значительно сокращает число испытаний монолитов, проводимых с сохранением их естественной структуры. В природном сложении определяют только влажность, объемную массу и размокание, для чего пробы (по две-три на каждый вид анализа) парафинируют непосредственно при отборе. Размер каждой пробы 20-50 см<sup>3</sup>. На все остальные анализы, независимо от крупности слагающих породу частиц и ее влажности, отбирают пробу в пробный мешочек или заворачивают в бумагу.

При инженерно-геологическом изучении тектонитов необходимо иметь сравнительные данные по незатронутой дроблением породе, т.е. важно одновременно с отбором проб заполнителя изучать и вмещающие материнские горные породы. В связи с тем что прочностные и деформационные свойства крупных частиц определяются на небольших образцах и по ускоренной методике, необходимо эти параметры во вмещающих породах исследовать теми же методами, чтобы исключить ошибку, неизбежно возникающую при сопоставлении результатов, полученных при применении различных методик. Подробно методы отбора и анализ скальных горных пород рассмотрены в целом ряде руководств (41, 62, 74, 78, 103, и др.).

#### 4. Виды анализов тектонитов

При изучении свойств тектонитов, представляющих собой экраны для залежей нефти и газа, основными параметрами можно считать проницаемость вкрест простирания нарушения и пористость породы. В рудной геологии, когда требуется выяснить распределение рудного компонента по трещине, большую роль играет величина коэффициента фильтрации по падению трещины.

Инженерно-геологические исследования требуют дифференцированного и комплексного анализа тектонитов. Например, при обследовании

крупных тектонических нарушений, развитых в районе строительства гидротехнических объектов, необходимо знать величину сжатия материала под нагрузкой, возникающей под действием веса сооружения и от массы воды водохранилища. В то же время проведение компрессионных испытаний для оценки устойчивости горных выработок является необязательным. В этом случае наиболее важными характеристиками можно считать сдвиговые, которые, безусловно, необходимы и для оценки грунтов под другие виды строительства.

Лабораторные анализы, осуществляемые в инженерно-геологических целях, можно разбить на две группы: используются все категории горных пород: мелкозем, крупные обломки и вмещающие материнские породы или одна-две из них.

Анализы, применяемые для всех пород тектонических нарушений: 1) петрографо-минералогический (при полевом описании и просмотре петрографических шлифов; для оценки степени изменения горных пород и изучения глинистых минералов необходимо проведение комплексного анализа - термического, рентгеноструктурного и электронно-микроскопического); 2) влажность, объемная масса, плотность и пористость; 3) размокаемость.

Эти показатели дают возможность, как и петрографо-минералогические, проследить изменение свойств и состава вкрест простирания трещин, от материнских пород до наиболее дезинтегрированных тектонитов (табл. 8).

Т а б л и ц а 8

Лабораторные анализы, необходимые для изучения тектонитов и вмещающих пород

Мелкозем	Крупные обломки	Вмещающие породы
Гранулометрический состав		
Пластичность	Прочность на сжатие	
Величина набухания	Прочность на растяжение	
Давление набухания	Сцепление	
Сцепление	Угол внутреннего трения	
Угол внутреннего трения	Водонасыщение	
Фильтрация	Модуль Юнга и коэффициент Пуассона	

### Испытание мелкообломочных тектонитов при малом количестве каменного материала

Описанные схемы применимы преимущественно к тонкораздробленным тектонитам, содержащим небольшое количество (не свыше 10-30%) обломочного компонента. Эти схемы предполагают наличие очень мало количества пробы. В таком случае важна последовательность лабораторного анализирования материала.

Изучение тонкораздробленных тектонитов предполагает проведение следующих анализов: сопротивление сдвигу (с нарушением текстуры и при нескольких заранее выбранных влажностях), набухание (с естественной или нарушенной структурой, в зависимости от мощности заполнителя; в последнем случае начальную влажность следует задавать, исходя из конкретных условий), пластичность, гранулометрический состав, минералогическое определение глинистых компонентов, петрографическая характеристика породы по шлифам, размокание, объемная масса, плотность, влажность, пористость. Для проведения сдвиговых испытаний, изучения набухания в образцах с нарушенной структурой и определения пластичности тектониты следует дробить до размера 0,25 мм. Как показало сравнение полученных в этом случае показателей с аналогичными данными при сохранении естественной структуры образца, сходимость результатов наиболее высокая. Кроме того, при дроблении до 0,25 мм порода быстрее реагирует с водой (интенсивнее "распускается"), чем при дроблении до более крупных размеров. Для определения плотности порода дробится до 0,1 мм.

Из рис. 5 виден порядок анализа тонкораздробленного заполнителя тектонических трещин при наличии 400-600 г каменного материала. При незначительном количестве породы указанная схема значительно упрощается (рис. 6). В этом случае осуществление сдвиговых испытаний, набухания, размокания, пластичности представляется невозможным, так же как и изготовление прозрачного шлифа, и, следовательно, проведения тщательных петрографических исследований. Последние могут быть заменены описанием пробы при ее полевом изучении.

При чрезвычайно малом количестве каменного материала приходится ограничиваться проведением анализов, наиболее важных для конкретной цели исследования, например, определением влажности и состава глинистых **минералов**.

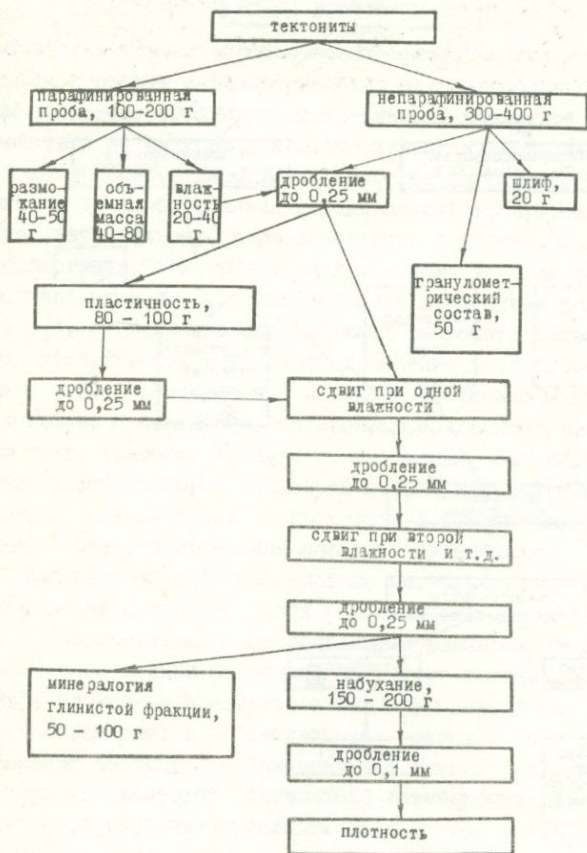


Рис. 5. Схема № I - испытания тектонитов при небольшом количестве каменного материала.

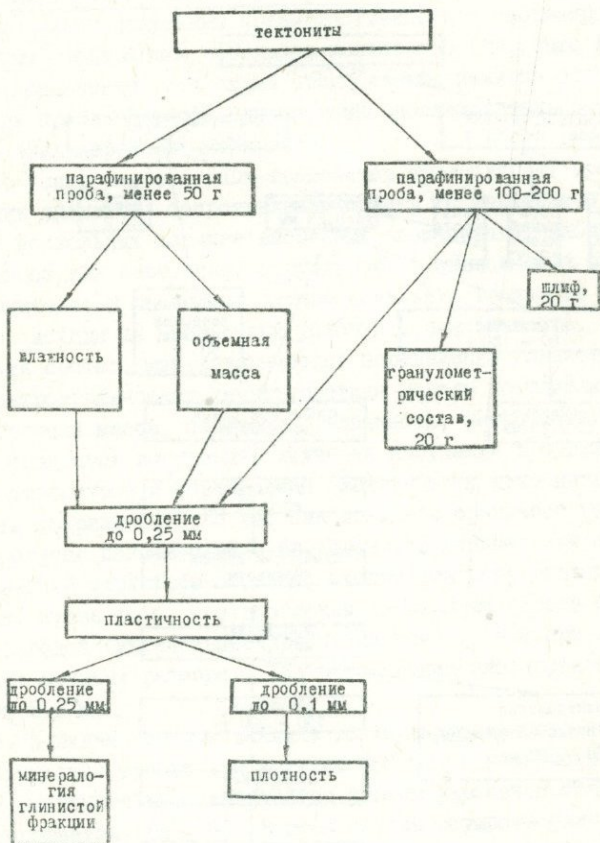


Рис. 6. Схема № 2 испытания тектонитов при незначительном количестве каменного материала

### Г л а в а Ш

#### ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ СОСТАВ ТЕКТОНИТОВ

Свойства горных пород в зонах тектонических нарушений определяются в первую очередь степенью их раздробленности, т.е. размером обломков, ограниченных трещинками различной протяженности. Воздействие на тектониты многочисленных агентов как эндогенного, так и гипергенного характера, наиболее интенсивно проявляющихся именно по зонам ослабления горных массивов, приводит к изменению, иногда значительному, первоначального вещества. Скорость процесса образования, при прочих равных условиях (климатических, гидрогеологических и др.), будет зависеть от степени разрушенности породы, т.е. от величины составляющих тектонитов обломков.

Со степенью тектонического дробления и вторичного преобразования связано, естественно, и изменение физико-механических свойств заполнителя. К сожалению, материалов по данному вопросу почти не существует. Наиболее крупные исследования, касающиеся зернового состава самой тонкораздробленной породы заполнителя трещин - тектонической глинки трения - проведены Л.Ф.Ильичевой /40/, изучавшей связь степени дробления пород с оруденением.

Л.Ф.Ильичевой было обследовано несколько десятков проб глинки в известняках и гранодиоритах Юго-Западного Карамазара (Таджикистан). В соответствии с преобладающим размером частиц все пробы тектонической глинки разделены на четыре группы: 1 - "гравийные глинки", сложенные преимущественно крупными, более 2 мм в поперечнике, обломками; 2 - "песчанистые глинки", состоящие в основном из песчаных частиц; 3 - "алевроитовые глинки", в которых преобладают зерна алевроитовой (пылеватой) размерности; 4 - "пелитовые глинки" - образования с большим количеством тонкодисперсного глинистого материала (табл. 9).

Во всех изученных пробах, даже в самой дисперсной четвертой группе, содержание глинистых частиц не превысило 50%. Именно по этому показателю рассматриваемые образования резко отличаются от типичных глин, возникших в осадочных бассейнах. Для осадочных глин как раз характерно преобладание пелитовой фракции. К глинам

В литологии относятся породы, в которых содержание тонких частиц превышает 50%. В грунтоведении /6I,8I,100,103/ глинами именуются породы с содержанием глинистой фракции свыше 30%. Но и здесь подразумевается, что основная масса пород данной категории содержит пелитового материала в количестве более 50%. Л.Ф.Ильчева не отмечает тектоническую глинку трения с содержанием глинистой фракции свыше 50%.

Т а б л и ц а 9

Содержание преобладающих фракций в тектонической  
глинке трения /40/

Группа глинки	Содержание преобладающей фракции, %		
	максимальное	минимальное	среднее
1	65	40	52
2	49	31	40
3	74	38	54
4	46	35	42

Методика определения гранулометрического  
состава тектонитов

Данная методика отличается от обычно применяемой для исследования рыхлых осадочных пород. Основной задачей проводимых исследований тектонитов по величине слагающих их частиц необходимо считать получение фактических результатов, характеризующих степень наибольшего дробления породы и ее последующего изменения. Для этого следует установить, на какие наименьшие по величине частицы порода в ослабленной зоне разрушилась в результате тектонических подвижек и при ее дальнейшем преобразовании.

При тектоническом дроблении происходит необратимое разрушение кристаллизационных связей между составными минералами горных пород, возникают многочисленные обломки, концентрирующиеся в определенной зоне, здесь они связаны силами трения и зацепления в местах соприкосновения друг с другом. Этих сил достаточно для удержания контактирующих массивов пород, **разделенных тектоническим нарушением, в равновесии.** Гидротермальные и гипергенные процессы, активные агенты которых проникают в породу по множеству трещин различной протяженности, извилистости и ширины, значительно разрушают первоначальный материал. Возникают силы молекулярного взаимодействия или силы сцепления за счет развития глинистых минералов.

Проявление этих сил в каждом отдельном случае неодинаково и зависит от типа, количества и соотношения между глинистыми минералами. Наложение процессов **карбонатизация**, окремнения и ряда других приводит к возникновению кристаллизационных связей. В результате этого меняются прочностные, деформационные и иные свойства пород в зонах тектонического дробления.

Наибольшее ослабление между частицами, особенно при значительном увлажнении, возникает, когда в породе развивается монтмориллонит. Причем уменьшение прочности исходного материала и резкое изменение его свойств можно ожидать уже при наличии данного минерала в количестве всего 5-10% /25,99,100/. Самые прочные связи; характерные для глинистых минералов, образуются при развитии в породе талька и галлуазита. По своей прочности эта связь приближается к кристаллизационной, хотя уступает связи, осуществляющей между минеральными зернами в интрузивной породе.

Возникновение глинистых минералов неизбежно влечет за собой дальнейшее дробление горных пород. Возникают более дисперсные, более однородные массы, чем первоначальные.

Таким образом, гранулометрический состав пород зон тектонического дробления определяется двумя основными факторами: механическим измельчением породы при тектонических подвижках и химическим преобразованием возникших разрушенных частиц, наложением на раздробленную массу гидротермальных и гипергенных процессов, находящихся в сложном временном и пространственном взаимодействии.

При гранулометрическом анализе необходимо учитывать взаимодействие и нечеткие переходы одних компонентов в другие, что повсеместно наблюдается в тектонитах и что связано преимущественно с химической переработкой материала, происходящей избирательно даже в пределах одной обособленной частицы. Собственно, обломок и глинистый материал — это одна и та же порода, находящаяся, однако, в различной степени изменения. В осадочных же образованиях обломки и глинистое вещество — чаще всего **кластические** частицы, отложившиеся в бассейне седиментации самостоятельно; наличие их зависит от многих условий, связанных с характером переноса, захоронения и дальнейшего изменения. Для характеристики величины слагающих зону тектонического дробления обломков необходимо иметь в виду их минимальные размеры, что обусловлено не только **трещиноватостью**, но и развитием в породе глинистых или иных вторичных минералов, легко

отделяющихся от обломка при обработке образца. Порода после замачивания в воде следует тщательно оттирать от рыхлосвязанного глинистого вещества и по возможности разрушать по имеющимся трещинкам на "элементарные зерна", т.е. на обломки, которые по своей величине могли бы считаться предельными, не поддающимися дальнейшему расчленению при обработке. Таким путем можно установить максимальную степень природной дезинтеграции данной породы в том или ином участке зоны тектонического дробления.

Основные расчетные показатели по зонам ослабления - угол внутреннего трения и сцепление - зависят от крупности частиц в породе и их взаимоотношения. В зоне тектонического нарушения обломки могут находиться преимущественно в двух сочетаниях. С одной стороны, при значительном их содержании они контактируют непосредственно друг с другом, входя в зацепление отдельными участками своей поверхности. В этом случае степень зацепления будет во многом зависеть не только от величины обломков, но и от их формы и тесноты соприкосновения. Последние же два параметра определяются трещиноватостью обломочного материала и степенью его изменения, т.е. количеством глинистых и лимонитовых частиц, составляющих иногда существенную часть тектонита, легко отделяющихся от исходных образований. Тонкодисперсные частицы, особенно глинистые, здесь играют роль смазочного материала, так как они, особенно при увлажнении, приобретают текучую консистенцию, в результате чего между обломочными зернами резко снижается величина трения и зацепления. Поэтому для выяснения характера взаимодействия частиц в породе следует определять их размерное содержание, исходя их максимально возможного дробления материала, т.е. необходимо тектониты дезинтегрировать таким образом, чтобы образовались обломки, лишённые как трещин, так и слабо связанных с этими частицами глинистых минералов и гидроксидов железа.

С другой стороны, обломки исходных пород могут быть погружены в общий глинисто-лимонитовый цемент, когда непосредственное взаимодействие между ними почти исключается или проявляется весьма слабо. Глинистый и лимонитовый материал в подобных образованиях возник за счет глубокого преобразования первоначальной раздробленной массы. Более крупные, неглинистой размерности частицы находятся в тесной взаимосвязи с цементом. Для того чтобы установить истинное соотношение между крупными и мелкими частицами, следует

проводить тщательно дезинтеграцию заполнителя, приводя материал в состояние, близкое к его природной разрушенности.

В целях разделения породы на "элементарные" частицы, которые невозможно разрушить при подготовке проб к гранулометрическому анализу, тектониты подвергаются следующей обработке. Взвешенный образец (объем его выбирается в соответствии с размерностью обломочных частиц) замачивается в воде не менее чем на сутки. Порода пропитывается **водой**, размокает на кусочки по трещинкам, одновременно происходит отторжение глинистых чешуек.

Для более полного разрушения породы по трещинкам ее растирают в фарфоровой ступке резиновым пестиком. Затем подготовленный таким образом тектонит пропускается вместе с водой через сито с диаметром отверстий 1 мм. Остающиеся на сите кусочки слегка растираются резиновым пестиком, промываются водой до тех пор, пока порода не перестанет разрушаться. Не прошедшие через сито обломки собираются, высушиваются и просеиваются через несколько сит, выбранных для анализа (обычно сита 20, 10, 5 и 2 мм). Каждая фракция взвешивается. Разница между начальным весом и весом крупных обломков показывает количество материала меньше 1 мм. Пршедшую через сито 1 мм породу высушивают, тщательно перемешивают и из нее отбирают пробу на пипеточный и ситовой анализ. Затем пробу замачивают дистиллированной водой с добавкой пиррофосфата натрия для лучшей дезинтеграции породы. Перед анализом пробу растирают резиновым пестиком. Комбинированный пипеточный и ситовой анализы осуществляются в дальнейшем по общепринятой методике. Начальная навеска, в зависимости от крупности частиц, изменяется от 12 г до 2-3 кг, в ряде случаев до 5-10 кг и даже более.

#### Гранулометрическая характеристика тектонитов

Тектониты имеют различный гранулометрический состав. Встречаются как тонкораздробленные разности, сложенные на 70-80% пелитовой фракцией и совершенно лишенные крупных, крупнее песчаных, обломков, так и крупнозернистые образования, почти не содержащие глинистых частиц. На треугольной диаграмме отмечена (рис. 7) размерная неоднородность тектонитов. Выделены все гранулометрические группы - А, Б, В и Г (рис. 8). Но подгруппы охарактеризованы далеко не полностью. В группе А изучены образцы только первой подгруппы, причем не было зафиксировано ни одной пробы, которая со-

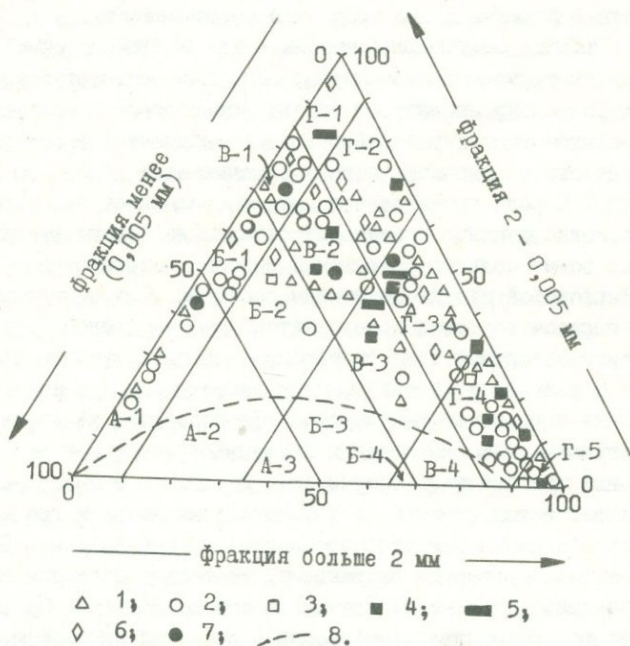


Рис. 7. Треугольная диаграмма гранулометрического состава тектонитов: 1 - габбро-диориты, сиениты, граниты, гранодиориты; 2 - диабазы, диабазовые порфириды, спилиты, андезиты, туфы андезитовых порфиритов, кварцевые порфиры, фельзит-порфиры, сферолит-порфиры, альбитофиры; 3 - гнейсы; 4 - кристаллические сланцы, кварциты; 5 - глинистые сланцы; 7 - песчаники, алевролиты, туфо-песчаники; 8 - граница "поля недостоверности".

держала бы крупнообломочный (свыше 2 мм) материал. Наибольшее количество пелитовой фракции в проанализированных пробах составляет 80% от всей массы породы. При этом оказалось, что существенно пелитовых тектонитов, в которых глинистая фракция превышает 50%, всего 7% от общего количества материала. Таким образом, подтверждается мнение Л.Ф.Ильичевой /40/ о незначительном развитии тонкораздробленных образований по сравнению с крупнообломочными.

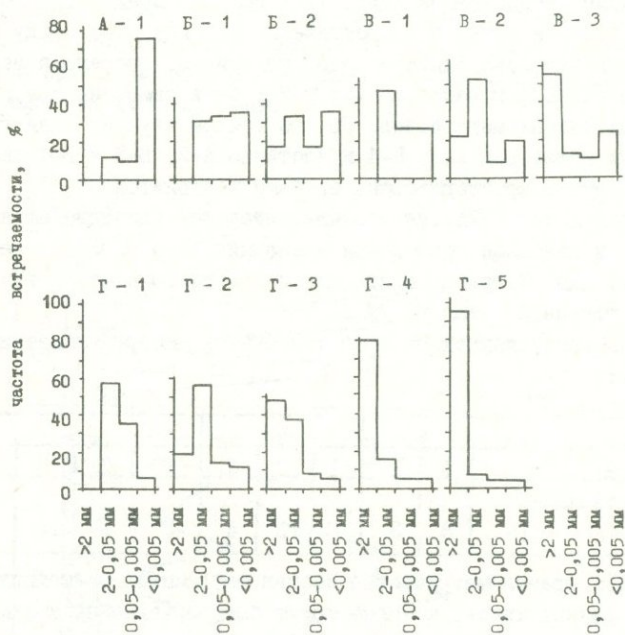


Рис. 8. Характерные гистограммы гранулометрического состава тектонитов.

Не встречены пробы подгрупп Б-3, Б-4 и Б-4. В категории Б-2 описаны пробы, по гранулометрическому составу занимающие верхнюю часть соответствующего поля. Совершенно не охарактеризована пробами тектонитов часть треугольной диаграммы, прилегающая к ее глинисто-обломочной стороне. Наиболее вероятное объяснение этого эффекта связано с тектоническим дроблением и последующим измене-

нием породы, когда неизбежно возникают обломки от самых мелких до крупных с постепенным переходом одних в другие. Представляется маловероятным возникновение тектонитов, сложенных только глинистыми и крупнообломочными фракциями, без примеси промежуточных по размеру песчано-пылеватых частиц. По этой причине на диаграмме выделяется поле "недоверности", т.е. поле, в пределах которого тектониты едва ли могут быть встречены. Граница его, ввиду недостаточного количества фактического материала, проведена весьма условно, а ее конфигурация вполне может быть изменена при получении дополнительных материалов. Но, во всяком случае, поля гранулометрических категорий А-3, Б-4 и частично А-2, Б-3 и В-4 скорее всего не будут охарактеризованы пробами тектонитов.

Основная масса (57%) изученных тектонитов принадлежит к группе Г, т.е. к наиболее обломочным разновидностям заполнителя тектонических трещин. К группе В относится 25% тектонитов, к группе Б - 11% и к группе А - только 7%.

Распределение изученных проб тектонитов по гранулометрическим категориям:

Группа	А			Б			В			Г			
Подгруппа	1	1	2	1	2	3	1	2	3	4	5		
Частота встречаемости, %	7	8	3	8	13	4	2	9	14	22	10		

Изучался гранулометрический состав тектонитов вмещающих горных пород разных типов, которые могут быть объединены в семь групп (см. рис. 7) на основании близости состава, генезиса или структурно-текстурных особенностей. Как видно из приведенного графика, гранулометрический состав тектонитов не связан с петрографическими особенностями вмещающих горных пород и с их структурно-текстурными характеристиками. Гранулометрический состав определяется только степенью раздробленности пород в тектоническом нарушении, т.е. интенсивностью проявления дизъюнктивных движений, и активностью преобразования разрушенной породы вторичными процессами. Так, например, были встречены тектониты с содержанием пелитовой фракции свыше 50% только в тектонических нарушениях из фельзит-порфиров, диабазов и песчаников. В то же время тектониты из спилитов относятся к наиболее контрастным категориям, т.е. в них присутствуют

образцы, относящиеся к группам А-1 и Г-5, а также к промежуточным разновидностям. Необходимо заметить, что образцы тектонитов из фельзит-порфиров, диабазов и песчаников отмечены и в категориях более крупнообломочных, чем А-1. Отсюда следует, что по величине обломков, слагающих тектониты, судить о генетических особенностях исходных пород невозможно.

В пределах тектонического нарушения зерновой состав заполнителя весьма неоднороден. Для примера на рис. 9 показано изменение глинистой и крупнообломочной фракций в заполнителе трещин, развитого в фельзит-порфире и сиените.

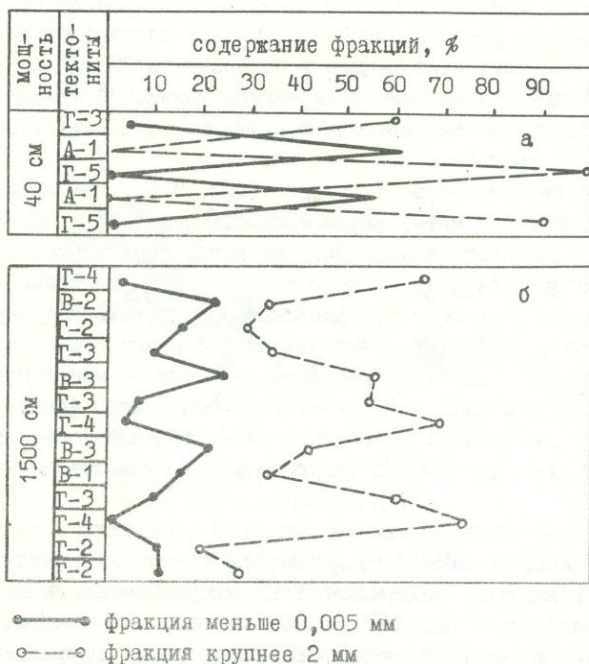


Рис. 9. Изменение гранулометрического состава тектонитов по трещинам. Вмещающие породы: а - фельзит-порфир; б - сиенит.

Первая трещина (рис. 9, а) имеет небольшую мощность — всего 40 см. Развиты все породы, характерные для заполнителя. По краям трещины наблюдается орешник, т.е. не смещенная со своего первоначального положения, но интенсивно раздробленная порода. В центре трещины располагается тектоническая брекчия с обломками, достигающими в поперечнике 5–10 см. Между орешником и тектонической брекчией развиты два прослоя тонкозернистого материала — тектоническая глинка трения. В соответствии с этим распределением происходит и изменение содержания гранулометрических фракций по трещине. Наибольшее количество пелитового материала содержится в тектонической глинке трения; в то время как в тектонической брекчии преобладает фракция крупнее 2 мм (наибольшего развития здесь достигают обломки, превышающие в поперечнике 20 мм). Орешник также характеризуется высоким содержанием глинистой фракции (до 5%). Крупные обломки в нем составляют примерно 60%. Остальное — песчано-пылеватая фракция.

Второе тектоническое нарушение (рис. 9, б), где вмещающими породами являются сиениты, имеет мощность около 15 м. Мощность отдельных разновидностей заполнителя, выделенных визуально по гранулометрическому составу, колеблется от 2 см до нескольких метров. Четкого разделения породы, заполняющей тектоническое нарушение, на разновидности — орешник, тектоническую брекчию и тектоническую глинку трения, — здесь не наблюдается. Границы между подразделениями неясные, заметны постепенные переходы одного участка в другой. Содержание различных гранулометрических фракций колеблется в широких пределах. Установить какую-то закономерность для них невозможно.

Если проследить изменение гранулометрического состава по падению трещины, то картина усложнится. В отдельных местах можно обнаружить вздутия, содержащие тонкораздробленную массу, тогда как основная масса сложена крупнообломочным материалом. В соседних же участках может наблюдаться более или менее выдержанное развитие однородных по гранулометрическому составу тектонитов на значительную длину трещины. Связать эти изменения с длиной, шириной и другими морфометрическими особенностями тектонических нарушений пока не представляется возможным.

Соотношение между глинистой и крупнообломочной фракциями тектонитов

Исследования, проводимые с использованием методов математики, особенно математической статистики, позволяющие выявлять связи между отдельными показателями, отличаются чрезвычайным разнообразием и многоплановостью /54,100,109/.

Для установления зависимости одной величины от другой пользуются графическим способом сравнения анализируемых величин. Из рис. 9 видно, что при увеличении в тектоните глинистой фракции на-

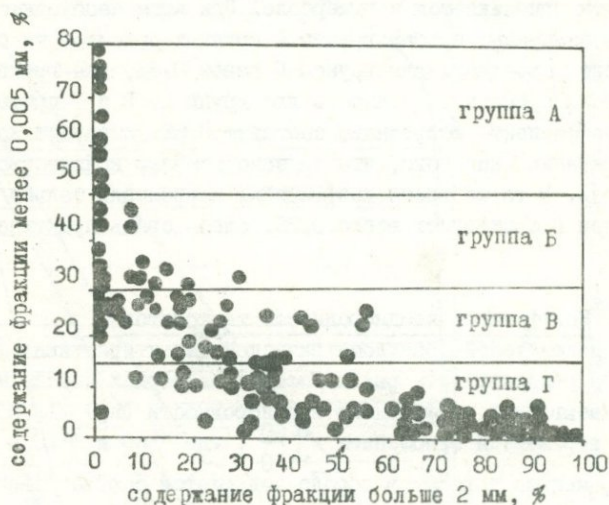


Рис. 10. Зависимость между содержаниями глинистых (меньше 0,005 мм) и крупных (более 2 мм) частиц тектонитов

блюдается соответственное уменьшение количества крупных частиц. Это позволило более детально изучить взаимосвязь между указанными величинами. Для этой цели построен график (рис. 10) в прямоугольной системе координат, на осях которого отложено процентное содержание глинистой и крупнообломочной фракцией. Сопоставление granulометрических фракций показало, что между сравниваемыми величинами имеется определенная зависимость, выражающая отмеченную выше закономерность.

На графика (см. рис. 10) выделены поля, соответствующие гранулометрическому составу тектонитов. Если проследить закономерность изменения сравниваемых показателей, то обнаружится своеобразная особенность. Для групп В и Г прослеживается более или менее прямолинейная зависимость между содержаниями глинистой и крупнообломочной фракций. При переходе в группу Б эта закономерность несколько нарушается. Форма графика становится уже криволинейной. В целом же для тектонитов, с учетом данных по всем пробам, график зависимости приближается к гиперболе. При этом необходимо заметить, что в изученных пробах группы А крупных обломков не было.

Коэффициент корреляции для группы Г равен 0,82, для группы В и Г - 0,83. Если принять зависимость для групп Б, В и Г прямолинейной, то коэффициент корреляции составит 0,82. Значение коэффициента корреляции одинаково, что связано с малым количеством проб в группе Б. В то же время коэффициент корреляции только для образцов группы Б составляет всего 0,26, здесь связь практически отсутствует.

#### Коэффициент неоднородности тектонитов

Одним из показателей гранулометрической характеристики тектонитов, как и разнообразных рыхлых осадочных горных пород, может служить так называемый коэффициент неоднородности ( $K_H$ ) /18,59,62,89/, который выражается отношением  $\frac{d_{60}}{d_{10}}$ , где  $d_{60}$  и  $d_{10}$  - диаметры частиц, меньше которых в породе содержится соответственно 60 и 10% частиц по весу.

Для определения коэффициента неоднородности строят кривые однородности (кумулятивные кривые, кривые нарастающих процентов). При этом удобно пользоваться полулогарифмическим масштабом, когда на одной оси откладываются в логарифмической зависимости размеры частиц, а на другой - суммарное содержание фракций в процентах (рис. 11).

Кривая однородности, иллюстрируя изменение гранулометрического состава от одной размерной фракции к другой, может быть крутой или пологой. Крутая кривая показывает, что исследуемая порода однородна. Пологость кривой свидетельствует о неоднородности пород. Кумулятивные кривые (см. рис. 11) соответствующие пробам групп А-1 и Г-5, наиболее однородны, тогда как промежуточные тектониты носят неоднородный характер. В зависимости от этого и

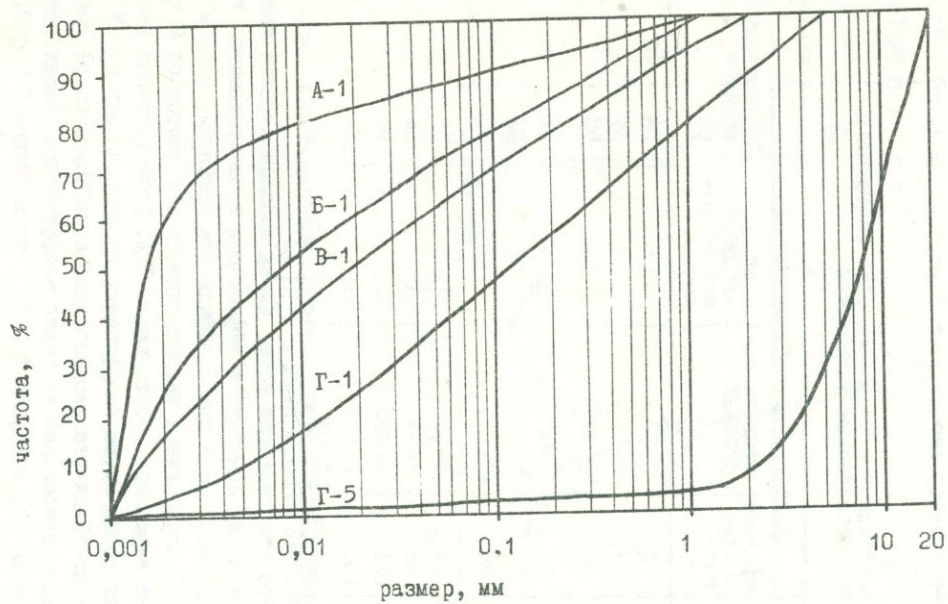


Рис. 11. Характерные кумулятивные кривые тектонитов.

коэффициент неоднородности меняется в широких пределах. По свидетельству А.и.Шеко /II6/, коэффициент неоднородности смешанных глинисто-обломочных пород Крыма может превышать 1 000.

Тектониты - по гранулометрическому составу смешанные глинисто-крупнообломочные образования. Для них характерно значительное изменение коэффициента неоднородности - от 2 до 430 (табл. 10). Но

Т а б л и ц а 10

Изменение коэффициента неоднородности тектонитов по гранулометрическим категориям

Группа	Подгруппа	Кол-во проб	Коэффициент неоднородности			
			Среднее значение	Пределы колебаний	Среднее квадратичное отклонение	Коэффициент вариации, %
A	I	9	2	2-3	0,5	25
B	I	II	7	3-17	4	57
	2	4	36	II-83	28	78
B	I	II	18	4-50	13	81
	2	18	35	5-150	33	94
	3	6	89	40-150	43	48
Г	I	2	28	15-40	12,5	45
	2	13	28	6-50	15	54
	3	19	124	5-400	119	96
	4	30	108	6-430	110	102
	5	14	14	6-20	5	36

вполне возможно, что эта величина может иметь и более широкий интервал разброса. Наименьшие значения коэффициента неоднородности у тектонитов группы А: от 2 до 3 при коэффициенте вариации, равном 25%. В подгруппе Г-5 коэффициент неоднородности изменяется от 6 до 20 при коэффициенте вариации, составляющем 36%. Промежуточные гранулометрические категории имеют коэффициент неоднородности от 3 до 430. Увеличение коэффициента неоднородности наблюдается от группы Б к группе Г. Если наибольшее значение коэффициента неоднородности в группе Б равно 83, в группе В - 150, то в группе Г - 430.

Коэффициент неоднородности используется для классификации пород. Так, Б.Балушев /59/ выделяет следующие типы пород: равномер-

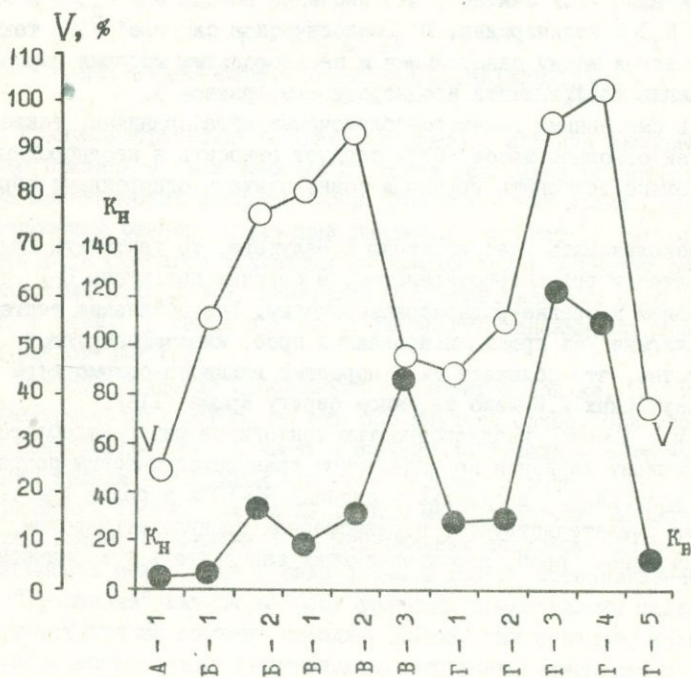


Рис. 12. Изменение средней величины коэффициента неоднородности ( $K_H$ ) и коэффициента вариации ( $V$ ) тектонитов.

нозернистые -  $K_H < 5$ ; средне- равномернозернистые -  $K_H = 5-15$ ;  
равномернозернистые -  $K_H > 15$ .

Б.Д.Ломтадзе /62/ считает, что песчаные породы при  $K_H > 3$  и глинистые при  $K_H > 5$  неоднородны. В "Геологическом словаре" /18/ также показана граница между однородными и неоднородными горными породами по значению коэффициента неоднородности, равном 5.

Идеясь смешанными глинисто-обломочными образованиями, тектониты в своей основной массе (93%) следует относить к неоднородным породам. Только тектониты группы А можно считать однородными образованиями.

Если использовать классификацию Б.Балушева, то тектониты группы А относятся к равномернозернистым, а образцы подгруппы Б-І и Г-І в основном к средне-равномернозернистым. Все остальные тектониты, составляющие 75% проанализированных проб, классифицируются как разнотзернистые, что сближает их с породами глинисто-обломочного плана, типа изученных А.И.Шеко на Южном берегу Крыма /116/.

В связи с высокой неоднородностью тектонитов резко колеблется и их коэффициент вариации по выделенным гранулометрическим подразделениям, достигающий в отдельных случаях 90-100% и более (рис.12). Это еще раз свидетельствует о неравномерном гранулометрическом сложении изученных проб, характеризующих заполнитель тектонических трещин.

## Г л а в а I V

### ПЕТРОГРАФО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕКТОНИТОВ

Гранулометрический состав тектонитов, являясь классификационным признаком, все-таки не до конца объясняет разнообразие физико-механических свойств пород. При более или менее одинаковом соотношении размерных фракций различия в свойствах тектонитов определяются составом слагающих их компонентов и в первую очередь глинистыми минералами. Минеральный состав, как это было уже отмечено в главе I, также позволяет разделить заполнитель трещин на ряд разновидностей.

Петрографические особенности тектонитов так же, как и их гранулометрический состав, до сих пор изучены слабо. При исследовании тонкораздробленной части заполнителя трещин - тектонической глинки трения - Л.Ф.Ильичева /40/ пришла к выводу, что гранулометрический состав глинки из рудных месторождений Карамазара непосредственно не связан с их минеральным составом, но некоторая зависимость между ними в ряде случаев все же устанавливается.

"Гравийные" глинки во всех фракциях представлены минералами, соответствующими составу исходных пород. Они содержат незначительное количество рудного компонента. Вторичные изменения в них проявлены очень слабо. Глинистые минералы почти не обнаружены.

"Песчаные" глинки в большинстве своем сложены более чем на 50% рудными минералами. Оставшаяся часть представлена минералами, соответствующими составу исходных пород.

"Алевритовые" глинки в основном сложены глинистыми минералами групп монтмориллонита и гидрослюд с небольшим количеством обломков вмещающих пород. Последние обычно настолько изменены, что представляют собой реликтовые остатки первоначального материала, который послужил источником развития глинистых минералов. Рудные минералы в них всегда сильно окислены.

"Пелитовые" глинки в основном образованы глинистыми минералами и гидроокислами железа.

Л.Ф.Ильичева разбила тектоническую глинку трения по минеральному составу на три группы /39/. К первой группе ею отнесены образцы, минеральный состав которых соответствует минеральному со-

ставу исходных пород. Помимо обломков минеральных пород они содержат незначительное количество новообразованных минералов. Во второй группе скомпанованы тектонические глинки, минеральный состав которых существенно отличается от состава вмещающих пород. Характерно развитие большого количества новообразованных минералов-сульфидов, кварца, кальцита, серицита и др. Значительное место занимают рудные образования. Третью группу тектонической глинки слагают преимущественно глинистые минералы. Часто присутствуют гидроокислы железа.

Петрографическое изучение тектонитов показывает, что сложны они обычно несколькими группами компонентов: обломками исходных пород и составляющих их минералов различной степени изменения; разнообразными новообразованиями - рудными минералами, карбонатами, кремнистым веществом, кварцем и т.д.; гидроокислами железа (преимущественно лимонитом); вполне возможно, что в ряде случаев, особенно в приповерхностных зонах, развиты бокситы, но в проанализированных пробах они обнаружены не были; глинистые минералы, находящиеся в различных, порой очень сложных сочетаниях.

В дальнейшем будут рассмотрены все выделенные петрографо-минералогические группы, в породе они обычно находятся в определенном, исторически сложившемся взаимодействии, в условиях сложного перехода одного компонента в другой.

Распределение каждого из выделенных компонентов в любом из образцов тектонитов неравномерно, но все составляющие имеют общие черты. Крупные частицы, превышающие по размерам песчаную фракцию, обычно представлены обломками вмещающих пород и составляющих их минералов. Сюда же входят минералы, являющиеся продуктами вторичных изменений - карбонаты, кремнистое вещество, кварц, флюорит и т.д. Рудные минералы очень редки. Степень изменения обломков чаще всего невысокая.

Песчаная фракция сложена преимущественно обломками исходных пород и минералов, но вторичные изменения их более значительные, чем у других частиц. В этой фракции сосредоточены рудные образования - сульфиды, представленные в основном пиритом и другими минералами, характерными для месторождения. Вторичные минералы могут также присутствовать.

В пылевой фракции наиболее развиты измененные обломки вмещающих пород. Степень их преобразования бывает настолько высокой,

что в ряде случаев установить по ним первоначальный состав не представляется возможным, Эти частицы образуют агрегаты преимущественно глинистого или глинисто-лимонитового состава. Здесь же встречаются мелкие обломки кварца как продукты значительного дробления первоначального материала. Рудные минералы редки. Пелитовая фракция сложена в основном глинистым минералом и гидроокислами железа. Вполне возможно, что здесь же могут быть встречены гидроокислы и окислы алюминия, т.е. составные части бокситов. Как правило, обломочные частицы настолько изменены, что почти невозможно установить по ним первоначальный состав породы.

Такова в общих чертах схема петрографического состава тектонитов по основным гранулометрическим фракциям. Но она не везде сохраняется. Например, при развитии в породе талька или галлузита могут возникнуть крупные агрегаты, которые по размеру подпадают под песчаную или даже более крупнообломочную фракцию. В этом случае крупные фракции сложены не обломками вмещающих пород, а тальковыми или галлузитовыми агрегатами, в которых не наблюдаются даже реликты первоначальной вмещающей породы. С другой стороны, при разрушении карбонатных пород пелитовая фракция может оказаться обогащенной не глинистым веществом, а тонкораздробленным известковым материалом, представляющим собой образование типа "известковой муки".

#### Петрографические особенности обломков вмещающих горных пород

Обломки вмещающих пород и их составных минералов занимают существенное место в тектонитах, слагая крупные фракции заполнителя. Степень их изменения зависит не только от размера частиц, но и от характера вмещающих пород, от интенсивности проявления тектонических и разнообразных вторичных процессов, имеющих место на описываемом участке. Состав обломочных компонентов чаще всего соответствует петрографическим особенностям исходных пород. Поэтому в тектоните, развитом в граните, присутствуют обломки гранита, кварца, полевых шпатов и слюд. Реже встречается зеленоцветные минералы — амфиболы и пироксены. В аффузивах помимо обломков, сохранивших все особенности материнской породы, встречаются частицы вулканического стекла, плагиоклазов и т.д.

В том случае, когда тектоническое нарушение расположено на контакте двух разнообразных пород, в тектоните обнаруживаются обломки той и другой породы. Это характерно и для тектонических нарушений, по которым отмечено внедрение даек различного состава. Минералы даек часто встречаются среди обломков, слагающих тектониты. Например, на одном месторождении в Киргизии была описана тектоническая трещина, развитая в кристаллических альбит-эпидотовых сланцах. По тектоническому нарушению произошло внедрение дайки диабазового порфирита, в результате чего первоначальный материал претерпел определенные изменения. Среди частиц, слагающих тектонит, помимо обломков кристаллических сланцев установлен значительный процент продуктов разрушения дайки диабазового порфирита.

В ряде случаев при значительной амплитуде тектонических подвижек в составе тектонитов развиты обломки горных пород, не собственных вмещающим породам, развитым в пределах опробуемой зоны, а находящихся на значительном расстоянии по падению тектонического нарушения. Эти обломки могут быть захвачены при подвижках из соседних зон и перемещены в результате дислокационных движений на значительное расстояние от их первоначального расположения.

Помимо обломков вмещающих пород в тектонитах (особенно в тонкозернистых их разновидностях — тектонической глинке трения) присутствуют зерна кварца, полевого шпата и других минералов, входящих в состав исходного материала. Выделение каждого из этих минералов в известной степени условно, так как при тектонических подвижках перетирание и дробление горной породы едва ли могло приводить к появлению значительного количества мономинеральных частиц, не содержащихся в сростках с другими компонентами. Некоторое препаирование минералов, особенно отделение кварца от общей массы, может наиболее интенсивно происходить в приповерхностных условиях, при воздействии на породу процессов гипергенеза.

Говоря о тех или иных мономинеральных образованиях, мы подразумеваем чаще всего частицы, содержащие посторонние примеси в незначительном количестве. Но поскольку влияние отдельных минеральных зерен-примесей приблизительно равнозначно воздействию обломков самой вмещающей горной породы на физико-механические свойства тектонитов, то рассматриваются они совместно.

Полевые шпаты, встречающиеся среди обломочного материала, в основном подверглись вторичным изменениям, выразившимся в серицитизации, хлоритизации, каолинитизации и т.д.

Кварц наблюдается в виде обломков неправильной формы, размер их зависит от величины частиц исходной разрушенной породы. Кварц встречается во всех гранулометрических фракциях, вплоть до глинистой. С уменьшением величины зерен породы степень их преобразования чаще всего возрастает. Поэтому многие минералы переходят в окристо-глинистую массу, кварц же сохраняет свою первоначальную конституцию. Кварц в образцах, отобранных из кварцитов, представлен в основном обломками вмещающих горных пород. Разграничить в подобном случае обломки исходного материала и отдельные мономинеральные зерна, т.е. агрегаты и "чистые" минералы, совершенно невозможно.

Зерна амфиболитов, пироксенов, эпидота, листочки мусковита и биотита встречаются реже, чем обломки кварца и полевого шпата, и характерны преимущественно для тектонитов из метаморфических и реже магматических пород.

Состав обломков, слагающих тектониты, изучался по обычным петрографическим методикам. В полевых условиях описывались породы зон разломов и визуально диагностировались обломки, слагающие преимущественно крупные фракции тектонитов. При этом выявлялось соответствие обломочного материала составу вмещающих исходных пород. Уточнялись полученные данные в лабораторных условиях при описании петрографических шлифов и при просмотре гранулометрических фракций под биноклем. При этом, безусловно, изучался не только общий петрографический состав тектонитов, но и степень, характер изменений обломков, поскольку последнее значительно влияет на физико-механические свойства тектонитов, как впрочем, и любых других горных пород.

Согласно исследованиям Г.С.Сенатской /108/, особое влияние на уменьшение прочностных свойств оказывают глинистые минералы и гидроокислы железа, развитые по породе в количестве более 10-20%. Исходя из настоящего положения, мы тщательно исследовали вторичные преобразования обломков горных пород, входящих в состав тектонитов, устанавливая количество развитых в них глинистых минералов и лимонита, составляющего основную массу гидроокислов железа. Сильно измененные обломки, представляющие собой нацелс преобразо-

ванные частицы вмещающих пород и составляющих их минералов, в которых невозможно даже установить реликты первоначального материала, были отнесены к глинистым или железистым (охристым) компонентам. Оценка количества измененных и неизменных частиц, слагающих тектониты, проводилась относительно всей массы породы.

В результате исследований оказалось, что с увеличением в тектонитах неизменных частиц уменьшается количество измененных обломков (рис. 13). Причем это характерно для тектонитов групп В и Г.

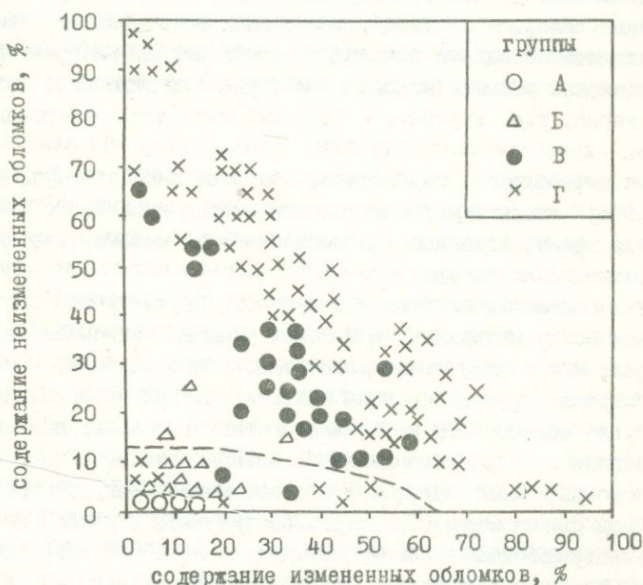


Рис. 13. Зависимость между содержаниями в тектонитах неизменных и измененных обломков исходных пород. Пунктиром показано поле развития тальк-галлуазитовых тектонитов.

Исключение составляют пробы с большим содержанием талька и галлуазита (они выделены на диаграмме в особое поле). Это объясняется тем, что в галлуазитовой и тальковой разновидностях тектонитов чрезвычайно мало обломков исходных пород. По содержанию подобных обломков тектониты соответствуют группам А и Б, которые также не подчиняются установленной для крупнообломочных групп закономерностям. Дело в том, что с увеличением глинистости тектонитов, и,

следовательно, степени их изменения, глубина преобразования породы становится очень высокой. Сохраняются только наиболее устойчивые против вторичных процессов минералы, преимущественно кварц. Остальные минералы и обломки горных пород при соответствующих условиях значительно изменены. Установить закономерность в соотношении неизменных и измененных частиц тектонитов очень сложно. Поэтому образцы групп А и Б занимают нижний левый угол диаграммы (см. рис. 13) и вытягиваются в основном по линии измененных обломков.

Процент измененных частиц исходных пород в образцах тектонитов группы А составляет по исследованным пробам 100. Блпне возможно, что в кварцсодержащих тектонитах, отобранных, например, из кварцита, их количество может значительно возрасти.

В подгруппе Б-1 среднее содержание измененных частиц по отношению ко всем обломкам составляет 67%, а в категории Б-2 - уже 60%. В других группах наблюдается значительный разброс указанного параметра, хотя проявляется общая тенденция к снижению количества неизменных частиц от категории Б-1 к Г-5, в последнем случае оно составляет в среднем 35%. Коэффициент вариации в различных гранулометрических подразделениях для неизменных обломков колеблется от 50 до 85%, а для измененных - от 18 до 93%. Для групп В и Г степень изменения обломочного материала зависит и от гранулометрического состава тектонитов, и от соотношения их размерных фракций, и от многих других причин.

Общее количество обломков исходных пород и составляющих их минералов по породам тектонических нарушений находится в зависимости от гранулометрической категории тектонитов. На рис. 14 приведены два графика такой зависимости. Рис. 14,а показывает изменение количества обломков вмещающих горных пород в фельзит-порфирах, в которых из глинистых минералов развиты гидрослюда, хлорит и присутствуют гидрокислы железа; рис. 14,б иллюстрирует тектоническое нарушение в известняках, значительный процент тонкой фракции которых составляет тальк и галлуазит (галлуазит возник за счет внедрения в известняки сиенитов).

В первом случае закономерно изменяется содержание обломков материнских пород в соответствии с изменением гранулометрической категории тектонитов. Во втором примере нет такой зависимости. Например, в образце подгруппы Г-2, содержание частиц крупнее 2 мм в котором свыше 10%, обломков вмещающих пород всего от 5 до

10%, но обнаружен значительный процент талька. Это подтверждает высказанное выше предположение, что образцы тальк-галлуазитовой разновидности не подчиняются общим закономерностям, характерным для других минералогических разновидностей.

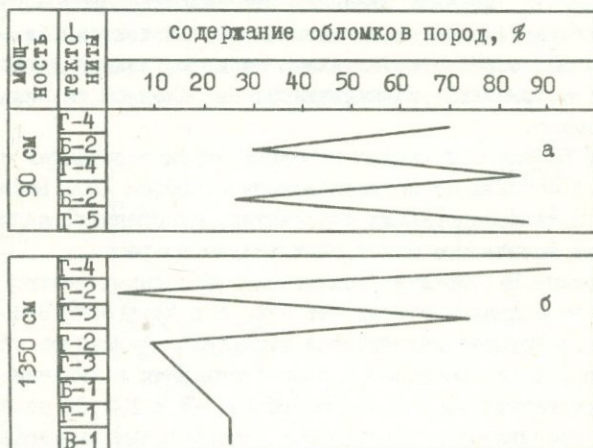


Рис. 14. Изменение содержания обломков исходных пород по тектоническим нарушениям. Вмещающие породы: а - фельзит-порфир; б- известняк.

Увеличение в тектонитах пелитовой фракции сопровождается значительным преобразованием находящихся в породе обломочных частиц. От группы Г к группе А постепенно исчезают измененные или слабо измененные обломки исходных пород и минералов. Сопоставление содержания глинистой фракции с количеством измененных обломков материнских пород показывает интересную картину (рис.15). Возрастание в породе тонкой фракции приводит к сокращению не только свежих, но и измененных обломков за счет перехода последних в глинистые минералы и гидроокислы железа. В тонкодисперсных породах обломки почти совершенно отсутствуют. Они заменены глинисто-лимонитовыми агрегатами, в которых не прослеживаются даже реликты первоначального зещества. При содержании глинистой фракции менее 30-35% обломки исходных пород и минералов появляются уже в более или менее значительном количестве.

Необходимо отметить также, что все сказанное характерно для любых горных пород, независимо от их петрографической принадлежности. Глинистость и степень изменения обломков зависят не только,

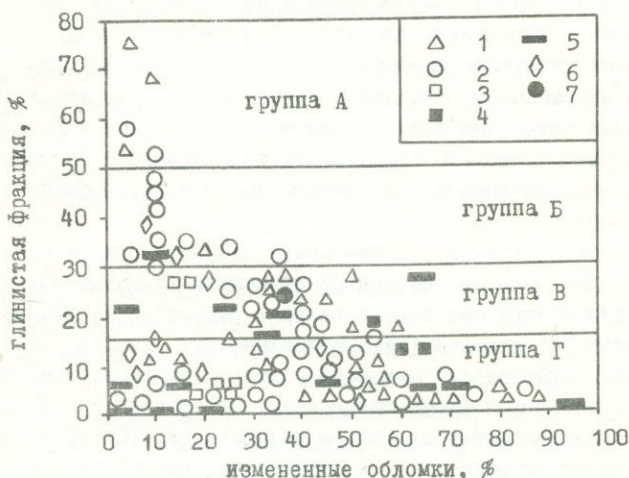


Рис. 15. Зависимость между содержанием глинистой фракции и количеством измененных обломков вмещающих пород: 1 - интрузивы; 2 - эффузивы; 3 - гнейсы; 4 - кристаллические сланцы и кварциты; 5 - глинистые сланцы; 6 - известняки; 7 - песчаники, алевролиты, туфо-песчаники.

или, вернее, не столько от первоначального состава породы, но и от тектоники, гидротермальной и гипергенной преобразованности тектонитов, т.е. от различных геологических процессов, характерных для той или иной местности.

#### Окремнение, карбонатизация, оруденение тектонитов

В тектонитах помимо довольно часто присутствующих глинистых минералов и гидроокислов железа наблюдается развитие процессов окремнения и карбонатизации. В тектонических нарушениях, описанных на рудных месторождениях, отмечается значительный процент характерных для месторождения минералов, являющихся полезными ископаемыми.

Процессы окремнения и карбонатизации накладываются на уже сложившуюся породу, развитие их наблюдается и по отдельным участкам, и в виде жил, секущих тектониты в различных направлениях.

Среди изученных проб встречено несколько образцов, в которых окремнение и карбонатизация играют значительную роль, а содержание данных минералов превышает 10-20%. Это, безусловно, ни в какой мере не означает, что нет трещин, выполненных нацело кварцем, кремнистым веществом или карбонатом. Безусловно, подобных заполнителей достаточно. Но наша работа рассматривает инженерно-геологические особенности тектонитов, которые не упрочены вторичными минералами.

Наибольшее количество кремнисто-кварцевого и карбонатного вещества встречено в тектонитах из кристаллических альбит-эпидот-актинолитовых сланцев, а также в ряде проб из диабазов и известняков. В тектонитах из кристаллических сланцев преобладает карбонатный материал, являющийся вторичным веществом. Некоторые жилки пересекают и вмещающие породы. Содержание его в обследованных образцах заполнителя обычно не превышает 10-30% и только в очень редких случаях 40%. Карбонатизация наблюдается и по отдельным жилкам, и в виде пятен по участкам.

Наряду с карбонатами в тектонитах из кристаллических сланцев установлены кремнистые прожилки, занимающие значительно меньшее по объему место - не более 10% всей массы заполнителя. В связи с тем что прочность обломков кристаллических сланцев, слагающих тектониты, несколько выше прочности карбонатов, свойства их определяются именно материалом исходных пород. Небольшое же количество кремнистого вещества практически не сказывается на изменении свойств тектонитов.

В образцах тектонитов из диабазов установлено также развитие карбонатного вторичного материала, содержание которого не превышает 30%. В известняках количество карбонатного компонента, представляющего собой вторичные образования, не более 30%. В известняках и доломитах вторичный карбонат трещин слабо воздействует на изменение физико-механических свойств горных пород. Это связано не только с приблизительно одинаковыми свойствами обломков и цементирующей карбонатной массы, но и с малым содержанием вторичного кальцита. Кроме того, вторичное карбонатное вещество очень часто оказывается нарушенным, разбитым на многочисленные

трещинки и не представляет единого монолитного каркаса, спаивающего обломочные зерна тектонита.

Кремнистый вторичный материал присутствует в незначительном количестве проб из глинистых сланцев. Прочность цементированного им материала выше, чем прочность составляющих тектониты обломков.

Кроме окремнения, окварцевания и карбонатизации (в пробах, отобранных на соответствующих месторождениях полезных ископаемых) обнаружено и оплакивание тектонитов. Результатом этого, как и в случае развития других процессов, является превращение породы из пластичной и рыхлой в более монолитную и более прочную массу.

На рудных месторождениях (полиметаллических и реже меднорудных) в пробах тектонитов обнаружены сульфидные минералы. Сульфиды (преимущественно пирит) обычно слагают песчаную фракцию тектонитов, значительно реже пылеватую или дресвяную. Содержание их различно, достигает иногда 60% всей массы породы. При этом установлены две закономерности: наибольшее количество рудного материала наблюдается в самых тонкораздробленных тектонитах, т.е. в тектонической глинке трения; вместе с сульфидами часто присутствуют продукты их окисления — окислы и гидроокислы железа (преимущественно). Например, в пробе тектонита из сиенита, где развито 60% сульфидов (пирита), на долю окисленного железистого вещества приходится 10% всей массы породы. Часто пирит бывает почти нацело разложен с образованием черной охристой массы.

Сульфиды, при значительном их содержании, могут изменять физико-мезанические свойства тектонитов. При окислении сульфидов образуются продукты, способствующие значительному уменьшению различных инженерно-геологических показателей, и в первую очередь прочностных и деформативных.

### Глинистые минералы

Одним из важнейших составных компонентов тектонитов являются глинистые минералы. При более или менее постоянном гранулометрическом составе (в определенном пределе содержания тех или иных размерных фракций) состав глинистых минералов может изменять многие инженерно-геологические параметры. Тщательное изучение состава глинистых минералов необходимо не только потому, что при опре-

деленном соотношении обломочных зерен они играют важную роль в формировании свойств породы, но еще и по той причине, что "даже малые количества глинистых минералов могут определять физико-механические свойства грунтов, анализ глинистых минералов должен быть полным, если он вообще имеет ценность, а не сводится к определению только главных компонентов. Плохой или неполный анализ — это хуже, чем никакого анализа, поскольку он может ввести в заблуждение и привести к большим трудностям" /25/.

По свидетельству Р.Э.Гриму /25/, примесь 5% монтмориллонита к илиту (гидрослюдам) или каолиниту резко увеличивает значение верхнего предела пластичности. Отсюда следует вывод, что "для оценки свойств глин их анализы должны выявлять даже небольшие количества слагающих породу минералов".

Большое значение тщательному изучению состава глинистых минералов придает Е.М.Сергеев /99/, указывая, что, например, величина пластичности грунтов больше в том случае, когда в их глинистой фракции содержатся минералы группы монтмориллонита, а наименьшая — при развитии каолинита. Увеличение пластичности при наличии в грунте монтмориллонита обусловлено значительным увеличением степени дисперсности грунта.

По данным В.А.Приклонского /89/, прибавление монтмориллонита к кварцевой муке снижает угол внутреннего трения примерно в три раза. Добавление других минералов снижало угол внутреннего трения в значительно меньшей степени. В.А.Приклонский указал также, что пластичные свойства грунта находятся в прямой зависимости от способности минералов связывать воду. По этой причине наиболее пластичным минералом является монтмориллонит, а наименее (из глинистых) — каолинит.

Таким образом, роль глинистых минералов, даже при небольшом количестве, в формировании инженерно-геологических особенностей грунтов чрезвычайно велика. И это характерно не только для осадочных пород, но и для тектонитов, содержащих глинистые минералы. Изученность же минералогического состава тектонитов и составляющих их глинистых минералов по сравнению с осадочными породами весьма не велика.

Наибольшие детальные исследования по составу заполнителя тектонических трещин, преимущественно тектонической глинки трения, провела Л.Ф.Ильичева /39/. Она разделила глинку на четыре грану-

лометрические группы, охарактеризовала каждую из них в отношении минералогического состава, установила, что глинистые минералы являются преимущественно экзогенными образованиями и значительно реже — продуктами низкотемпературных гидротермальных процессов. Сложены такие образования в основном монтмориллонитом и гидрослюдами. Л.Ф.Ильичева показала, что минеральный состав глинистых образований связан с вмещающими тектонические нарушения породами. В глинке из гидротермально измененных известняков и доломитов обычно содержится много хлорита, серпентина и талька. В эффузивных породах наблюдаются гидрослюда и монтмориллонит, здесь их образование, вероятнее всего, связано с переработкой перетертого материала в результате гипергенеза.

Г.А.Кобилев и А.А.Нырков /46/, занимаясь изучением минералогического состава тектонической глинки трения, развитой в гранитах и альбитофирах, установили определенную закономерность изменения состава в зависимости от размера обломочных фракций, встречающихся в заполнителе. Во фракциях крупнее 0,25 мм из глинистых минералов обнаружены хлорит и мусковит. В этих фракциях наблюдается различие состава слагающих породу компонентов в зависимости от того, из каких исходных пород они образовались — из гранитов или альбитофигов. Тонкие фракции тектонической глинки трения имеют сходный минеральный состав. Здесь происходит выравнивание минерального состава тектонической глинки за счет гидротермальной переработки материала.

Ю.А.Астафьев и А.П.Афанасьев /2/ в тектонической глинке трения из ультраосновных интрузивов Кольского полуострова обнаружили из глинистых минералов тальк и разбухающий хлорит. А.И.Родыгин и В.А.Платков /95/ для милонитов Курайского хребта, развитых в кристаллических сланцах, гнейсах и гранодиоритах, из глинистых минералов обнаружили хлорит, являющийся результатом преобразования ранее раздробленной породы.

Ф.И.Вольфсон /16/ придает очень важное значение тектонической глинке трения, поскольку с ней может быть связана локализация оруденения. В тектонической глинке трения наблюдается развитие из глинистых минералов преимущественно гидрослуд и хлорита, являющихся результатом изменения первоначального материала, раздробленного при тектонических подвижках.

Д.Х.Якубов /119/ оценил тип изменения пород зон тектоническо-

го дробления, выразив его в баллах в зависимости от структуры заполнителя (табл. II).

Т а б л и ц а II

Степень вторичного изменения тектонитов в зависимости от их структурных особенностей (по Д.Х.Якубову)

Вторичные изменения	Баллы				
	I	II	III	IV	V
Хлоритизация	Развитие по биотиту	Полное замещение темноцветных	Полное замещение темноцветных и частично полевых шпатов	Полное замещение темноцветных и значительное - полевых шпатов	Интенсивная хлоритизация породы (более 50%)
	Единичные мелкие пятна (меньше 1%)	1-5%	Пятна и прожилки 5-20%	Интенсивное проявление прожилков 20-50%	
Серпентинизация	Плагиоклазы замещены частично	Плагиоклазы замещены полностью	Полное замещение плагиоклазов, частичное - калиевых полевых шпатов и биотита	Полное замещение полевых шпатов и биотита	Сплошная серпентинизация породы (более 50%)
	Проявление редких чешуек	Скопления 1-5%	Размеры скопленный увеличиваются, появляются прожилки, 5-20%	То же с обильным проявлением прожилков, 20-50%	

Балл I - катакластическая структура, начальная стадия дробления породы. Первоначальная структура породы в обломках сохранилась очень ясно.

Балл II - бластокатакластическая структура. Отдельные зерна породы сцементированы мелкозернистым агрегатом.

Балл III - порфирокластическая структура. Порода в основном состоит из мелкозернистого катакластического агрегата, в который погружены относительно крупные зерна.

Балл IV - грубослоистая структура.

Балл У - милонитовая и тонкомилонитовая структуры.

Глинистые породы, заполняющие тектонические нарушения уральских карьеров, по наличию преобладающего в них минерала (коллоидно-дисперсного характера) А.П.Бадулин /3/ подразделил на три группы: монтмориллонитовые, гидрослюдистые, каолинитовые. В зависимости от различия в составе глинистых минералов меняются прочностные и деформационные свойства заполнителя, что очень важно знать при оценке устойчивых углов откосов карьеров.

Таким образом, состав глинистых минералов в тектонитах чрезвычайно разнообразен. Он зависит не только от петрографических особенностей вмещающих горных пород, но и от интенсивности проявления процессов вторичного их изменения, которое в свою очередь обуславливается особенностями геологического развития данного района. Заметим, кстати, что количественная оценка глинистых минералов в тектонитах не приведена ни одним из исследователей, что не позволило им провести необходимые математические сопоставления со свойствами, характеризующими описываемые образования.

Определение состава глинистых минералов включало окрашивание пелитовой фракции органическими красителями по методике Н.Е.Веденеевой и М.Ф.Викуловой /II,73/, термический, рентгеноструктурный и электронно-микроскопический анализы. В отдельных пробах изучался химический состав глинистой фракции.

Окрашивание глинистых минералов органическими красителями позволило в светлоокрашенных образцах выделить существенно монтмориллонитовые разности. Но в общем данный метод оказался почти неприменимым для диагностики глинистых минералов тектонитов, что связано не только с темной цветовой окраской многих образцов, но и с недостаточной чувствительностью анализа. Монтмориллонит усугубляется в породе при наличии его свыше 20-40%. Другие же минералы, находящиеся в смеси, при этом часто не диагностируются вовсе.

Термический анализ /37,73/ также оказался недостаточно точным для диагностики глинистых минералов. Он не позволил выделить минералы-примеси, содержащиеся в количестве менее 20-30%. Кроме того, тектониты являются преимущественно полиминеральными образованиями, представляющими смесь нескольких глинистых минералов. В результате происходит наложение термических эффектов друг на друга, что значительно затрудняет диагностику слагающих пелитовую фракцию компонентов. Но даже в относительно мономинеральных

образованиях примесь тех или иных глинистых минералов не устанавливается из-за малой чувствительности метода.

Весьма перспективным для диагностики глинистых минералов можно считать рентгено-структурный анализ /17,25,73,94/. В этом случае помимо природного образца производится запись пробы, подвергнутой определенной обработке. Прокаливание образца до  $600^{\circ}$  позволяет диагностировать в пробе каолинит. Насыщение пробы этиленгликолем или глицерином дает возможность установить присутствие монтмориллонита. Обработка породы соляной кислотой с последующим прокаливанием ее до  $600^{\circ}$  помогает отличать каолинит от хлорита /35/.

Рентгено-структурным методом можно обнаружить минеральные примеси, находящиеся в породе в количестве до 5-10% от общей массы исследуемого образца. Но использование данного метода затруднено при меньшем содержании в породе глинистых минералов или в случае присутствия некоторых специфических минералов, например галлуазита.

Галлуазит, а также встречающиеся в виде примесей каолинит и монтмориллонит лучше всего устанавливаются при электронно-микроскопическом /73,93/ изучении пелитовой фракции тектонитов. Безусловно, провести количественную оценку глинистых минералов электронно-микроскопическим методом в настоящее время пока невозможно. Но он дает точную диагностику некоторых минералов, в том числе галлуазита и каолинита, отчасти монтмориллонита и др. Он позволяет более обосновано идентифицировать данные минералы с помощью рентгено-структурного анализа.

Содержание глинистых минералов определялось по величине отношения высот базальных рефлексов и результатам сравнения их с соответствующими отношениями в эталонных смесях, которые готовились из мономинеральных глинистых компонентов. Зная отношение высот рефлексов по эталонам, устанавливаем процентное содержание каждого минерала в пелитовой фракции. Затем это содержание пересчитываем на всю массу тектонита. Например, в образце тектонита из гранодиорита отношение величин базального рефлекса (10 Å) и соответствующего гидрослюда, и каолинитового (7 Å) равно 2,6, что характерно для отношения тех же рефлексов искусственной смеси, состоящей из 70% гидрослюда и 30% каолинита. По данным гранулометрического анализа, просмотра петрографических шлифов и изучения гранулометрических фракций в иммерсии и под

бинокулярном, в пробе установлено 40% глинисто-охристого материала. Химический анализ показал присутствие 10% гидроокислов железа. Следовательно, глинистые компоненты в пробе составляют 30%. Содержание гидрослюд и каолинита в объеме всей пробы устанавливается из простой пропорции:

$$A - 100\%$$

$$x - C,$$

где А - общее количество глинистых минералов в породе;

С - содержание глинистого минерала по данным рентгено-структурного анализа;

х - содержание глинистого минерала на всю породу.

В нашем примере содержание гидрослюд в объеме всей породы

$$\frac{30 \cdot 70}{100} = 21 \text{ (примем } 20\%).$$

Следовательно, каолинита в породе 10%.

Точность определения каждого глинистого минерала по соотношению базальных рефлексов составляет 15-20%. При пересчете на всю массу породы точность возрастает, особенно при невысоких количествах глинистого компонента в породе.

В тектонитах обнаружены глинистые минералы: гидрослюды, хлорит (железисто-магнезиальный), монтмориллонит, каолинит, галлуазит и тальк. Так как не существует единого мнения, что считать гидрослюдой, данным термином в дальнейшем обозначим гидратированные разновидности слюд мусковитового типа, включая серицит, согласно /38,73/. Гидрослюды - наиболее распространенные глинистые минералы. В некоторых образцах, особенно сложенных тонкораздробленной массой из заполнителя трещин в эффузивных вмещающих породах, гидрослюд содержится до 50-60% всего объема пробы. На втором месте по частоте встречаемости находится хлорит, его железистая или магнезиально-железистая разновидность. Наибольшее количество хлорита приурочено к образцам тектонитов из диабазов, спилитов и сиенитов, где его обнаруживается иногда до 60%.

Появление гидрослюд (преимущественно серицита) и хлорита связано со значительным изменением заполнителя трещин. Зачастую разделить эти два минерала при петрографическом изучении пород невозможно. Кроме того, гидрослюды и хлорит, вероятно, близки по своим свойствам. Они приблизительно одинаково влияют на изменение физико-механических свойств горных пород. Г.С.Севатская и

М.С.Тимошина /108/, оценивая прочностные свойства гранодиоритов одного из месторождений Южного Урала, показывает зависимость прочности от суммарного развития в породе серицита и хлорита.

Наибольшее содержание суммы гидрослюд и хлорита наблюдается в интрузивных породах (табл. 12). Устанавливается закономерное

Т а б л и ц а 12

Содержание гидрослюд и хлорита (в сумме) в тектонитах, %

Группа и подгруппа тектонитов	Исходные породы					
	интрузивные	эффузивные	гнейсы	кристаллические сланцы, кварциты	глинистые сланцы	известки
А-1	<u>53</u> 50-60	<u>20</u> 15-25				
Б-1		<u>57</u> 30-70				5
Б-2	40	40		55		20
В-1	<u>23</u> 20-30	<u>32</u> 30-35	<u>23</u> 20-25			25
В-2	<u>23</u> 15-30	<u>28</u> 10-40		<u>24</u> 19-25		
В-3	<u>20</u> 16-25	20		25	25	
Г-1					15	10
Г-2	<u>11</u> 5-20	<u>19</u> 15-20		5	20	50
Г-3	<u>14</u> 9-35	<u>9</u> 5-15				28
Г-4	<u>2</u> 0-5	<u>5</u> 0-10	<u>6</u> 3-8	<u>3</u> 0-10		3
Г-5	<u>9</u> 3-20	<u>1</u> 0-5	<u>2</u> 0-3			

П р и м е ч а н и е. В табл. 12-16 в числителе указано среднее содержание минерала, в знаменателе - пределы его колебаний.

снижение суммы этих минералов от группы А-I к группе Г-5 (рис. 16). Содержание гидрослюда и хлорита изменяется (в сумме) от 50 до 60% в группе А. В образцах группы Г количество данных минералов резко падает.

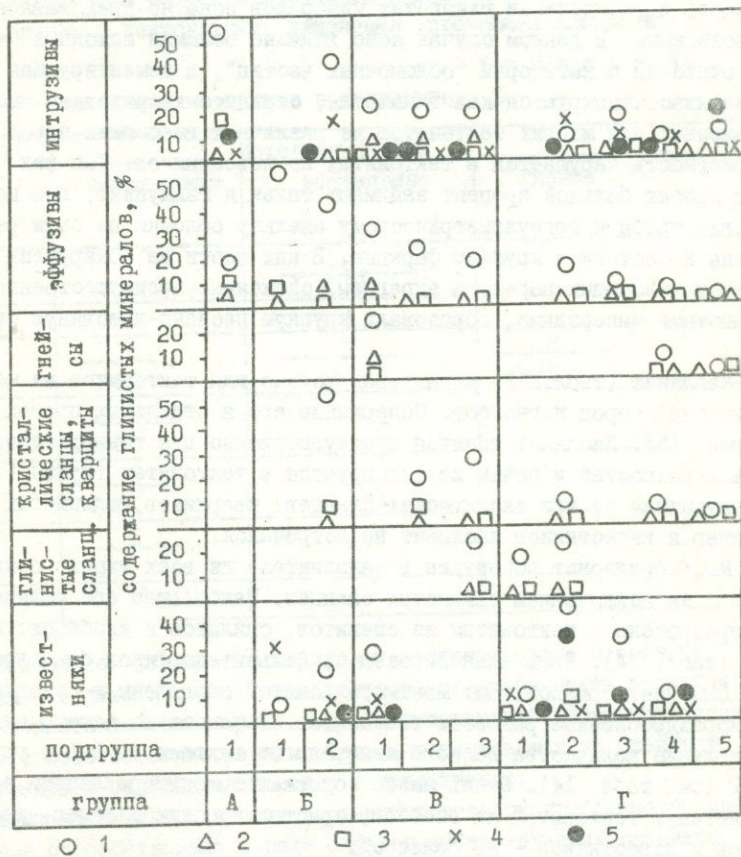


Рис. 16. Изменение среднего содержания глинистых минералов в тектонитах из различных вмещающих пород: 1 - гидрослюда и хлорит; 2 - каолинит; 3 - монтмориллонит; 4 - галлузит; 5 - тальк.

Аналогичная картина распределения суммы гидрослюд и хлорита установлена для тектонитов из эффузивов, гнейсов, кристаллических сланцев и кварцитов.

Тектониты из глинистых сланцев охарактеризованы только тремя категориями: В-3, Г-1 и Г-2, поэтому установить определенную закономерность в распределении глинистых минералов пока не представляется возможным. В данном случае ясно видимые обломки исходных пород отнесены к категории "обломочных частиц", а цементирующая масса классифицируется как глинистая, серицито-хлоритовая часть. Выявленная для многих тектонитов из различных вмещающих пород закономерность нарушается в тектонитах из известняков. Так как в этих пробах большой процент занимают тальк и галлуазит, при подготовке пробы к гранулометрическому анализу обломки не были разрушены и составили крупную фракцию. В них почти не обнаружены частицы вмещающих пород, а агрегаты, сложенные преимущественно глинистыми минералами, образовали крупную песчано-дресвяную фракцию.

Каолинит (табл. 13) характерен только для тектонитов из магматических пород и гнейсов. Содержание его в отдельных пробах достигает 15%. Каолинит типичен преимущественно для тонкораздробленных разностей и почти не фиксируется в тектонитах группы Г. В тектонитах из кристаллических сланцев, кварцитов, глинистых сланцев и известняков каолинит не встречался.

Монтмориллонит обнаружен в заполнителе из всех типов горных пород, за исключением глинистых сланцев. Наибольшее его количество приурочено к тектонитам из сиенитов, спилитов и диабазов: 20-25% (табл. 14). Лишь один образец из фельзит-порфиров был сложен на 100% монтмориллонитом. Монтмориллонитом обогащены в основном тонкораздробленные разности тектонитов. Установлено закономерное уменьшение количества данного минерала от тектонитов А-1 к группе Г (см. табл. 14). Очень малое содержание монтмориллонита наблюдается в тектонитах из гнейсов, кристаллических сланцев, кварцитов и известняков - не более 5%.

Галлуазит и тальк установлены только на одном из месторождений Узбекистана, где развиты сиениты и известняки, на контакте которых наблюдается полиметаллическое оруденение. Установить закономерности развития данных минералов не представляется пока возможным (табл. 15 и 16, рис. 16). Описываемые минералы - образова-

ния, способствующие в определенной степени упрочению породы. Поэтому при гранулометрическом анализе агрегаты тальк-галлуазитового характера часто не разрушаются и попадают в различные крупно-обломочные категории. Содержание частиц исходных пород в них обычно незначительно. Следовательно, в тальк-галлуазитовой разновидности тектонитов возможны изменения физико-механических свойств по сравнению с тектонитами, лишенными упрочающих компонентов.

Т а б л и ц а 13

Содержание каолинита в тектонитах, %

Группа и подгруппа тектонитов	Исходные породы		
	интрузивные	эффузивные	гнейсы
А-1		$\frac{8}{1-15}$	
Б-2		1	
В-1	$\frac{5}{0-10}$	$\frac{7}{0-15}$	$\frac{8}{0-15}$
В-2	$\frac{1}{0-5}$		
В-3	$\frac{3}{0-5}$		
Г-3	$\frac{1}{0-7}$		
Г-4			2

Наибольшее количество галлуазита зафиксировано в сиенитах, талька - в известняках. Но расположение тектонических нарушений вблизи контакта этих горных пород и интенсивный метасоматический обмен способствовали развитию талька в тектонитах из сиенитов и галлуазита в заполнителе трещин в известняках.

Наличие в тектонических нарушениях тонкораздробленного материала способствовало в ряде случаев избирательному развитию определенных глинистых минералов в разных участках заполнителя.

Ф.И.Вольфсон /16/ указывает, что тектоническая глина трения имеет очень важное значение в локализации оруденения: "Даже тончайший слой... глиники мощностью в 1-2 мм может послужить преградой для развития процессов замещения". И далее: "Тектоническая

глинка... в процессе формирования гидротермальных месторождений во всех случаях играет роль непроницаемого для рудоносных растворов экрана и обычно ограничивает развитие метасоматических процес-

Т а б л и ц а 14

Содержание монтмориллонита в тектонитах, %

Группа и подгруппа тектонитов	Исходные породы				
	интрузивные	эффузивные	гнейсы	кристаллические сланцы, кварциты	известняки
А-1	$\frac{18}{15-20}$	$\frac{13}{0-25}$			
Б-1		$\frac{2}{0-15}$			
Б-2				5	
В-1	$\frac{2}{0-5}$		$\frac{3}{0-5}$		
В-2		$\frac{2}{0-10}$		$\frac{2}{0-5}$	
Г-2	$\frac{1}{0-5}$				$\frac{2}{0-5}$
Г-3	$\frac{1}{0-3}$				
Г-4	$\frac{0}{0-1}$	$\frac{0}{0-1}$			

сов. Такая тектоническая глина, по-видимому, может пропускать лишь растворитель без примесей или с незначительным количеством растворенных веществ, а основную массу растворенных веществ она не пропускает".

Ф.Н.Шахов /ИИ5/, полемизируя с Ф.И.Вольфсоном, считает, что тектоническая глина может пропускать рудные растворы. Но при этом она все-таки очень трудно замещается веществами из гидротермальных растворов.

Некоторое представление об избирательной способности развития минералов могут дать приведенные на рис. 17 диаграммы изменчивости глинистых минералов по породам тектонических трещин. В первом случае - в тектонитах из туфа андезитовых порфиритов. Здесь по крупнообломочным компонентам заполнителя обнаруживается развитие

Т а б л и ц а 15  
Содержание галлуазита в тектонитах, %

Группа и подгруппа тектонитов	Исходные породы	
	Сиеениты	Известняки
Б-1		30
Б-2	15	
В-1		5
Г-2	<u>12</u> 0-70	
Г-3	<u>8</u> 0-50	

Т а б л и ц а 16  
Содержание талька в тектонитах, %

Группа и подгруппа тектонитов	Исходные породы	
	Сиеениты	Известняки
А-1	<u>7</u> 0-10	
Б-1		10
Г-2		<u>28</u> 15-40
Г-3		<u>5</u> 0-10
Г-4		2
Г-5	<u>19</u> 0-50	

монтмориллонита, который отсутствует в тонкоизмельченном материале. Возможно, движущиеся растворы гидротермального или гипергенного характера видоизменили только одну часть заполнителя трещины, приуроченную к ее лежащему боку. Дисперсные тектониты не

подвергнуты столь высокому изменению, так как в них не обнаружен монтмориллонит, считающийся наряду с каолинитом продуктом наиболее значительного преобразования горной породы.

На рис. 17 показано также распределение глинистых минералов в тектонитах из известняков. Зона тектонического дробления в данном случае очень мощная и достигла ширины 1350 см. Расположена она вблизи сиенитового массива. Нижняя часть диаграммы является наиболее приближенной к изверженным породам. Поэтому здесь наблюдается развитие галлуазита, количество которого в отдельных пробах достигает 30%. С удалением от сиенитового массива галлуазит исчезает и появляется в довольно значительном количестве тальк. Максимальное содержание талька 40% всей массы изученного образца. Там же появляется монтмориллонит. Хлорит и гидрослюда распространены крайне неравномерно.

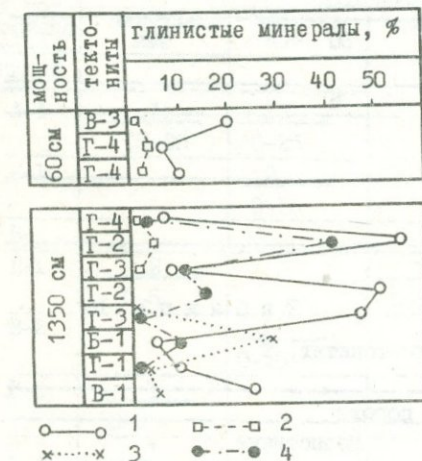


Рис. 17. Изменение состава и содержания глинистых минералов в заполнителе тектонических трещин из туфов андезитовых порфиритов (а) и известняков (б): 1 — хлорит и гидрослюда; 2 — монтмориллонит; 3 — галлуазит; 4 — тальк.

Хлорит и гидрослюда распространены крайне неравномерно.

Изменение в составе глинистых минералов по породам, выполняющим тектоническое нарушение, при постоянном гранулометрическом составе тектонитов, обуславливает изменение и физико-механических свойств рассматриваемых пород. Поэтому даже в небольших по мощности тектонических трещинах необходимо тщательно изучать состав глинистых минералов по всему профилю нарушения. Неточная диагностика

глинистых минералов может привести к неправильной оценке свойств тектонитов и отразится на расчетах устойчивости откосов естественного склона или искусственных сооружений.

### Гидроокислы железа

Гидроокислы железа, слагающие в основном пелитовую фракцию тектонитов, представлены преимущественно лимонитом. Присутствие гидроокислов железа определялось химическим анализом, при изучении шлифов и гранулометрических фракций в иммерсионных препаратах и под бинокуляром.

Содержание гидроокислов железа колеблется в довольно значительных пределах (табл. 17). Наиболее обогащены ими тектониты из эффузивов, где в отдельных пробах количество лимонита достигает 50-70% всей массы породы. Наименьший процент гидроокислов железа установлен в тектонитах из гнейсов, кристаллических и глинистых сланцев, где их содержание редко превышает 5%.

Причины появления гидроокислов железа следующие: разрушение рудного вещества тектонитов, т.е. в основном пирита в процессе его окисления; разрушение рудного компонента эффузивных пород, в которых железо составляет несколько процентов и даже десятки процентов; разложение глинистых железосодержащих минералов при их значительном вторичном изменении. В эту группу можно отнести выделение железа при преобразовании биотита и ряда других минералов. Вообще, процесс преобразования многих сложных по химической структуре минералов идет в основном по следующему пути. Первоначально возникают серицит и хлорит, затем они переходят в каолинит или монтмориллонит, которые, разрушаясь, образуют простые соединения — преимущественно окислы и гидроокислы железа, алюминия и кремния. Возникают кварц, минералы из группы окислов алюминия и железа. Среди последних немаловажное значение имеет лимонит.

Лимонитом наиболее обогащены тектониты из эффузивов (рис. 18). При этом максимальное его содержание приходится на тонкозернистые разновидности, т.е. на тектониты категорий А-I и Б-I. В первых количество гидроокислов железа изменяется от 35 до 70% всей массы породы. Во вторых — процент их содержания несколько ниже. Количество гидроокислов железа не превышает 50%, минимальное (у альбитофиров) — 5%. В тектонитах группы В максимальное количество гидроокислов железа не превышает 15%, а в группе Г — 10%. Возникновение гидроокислов железа в эффузивах связано преимущественно с

разрушением рудного вещества основной массы породы, которое довольно легко подвергается окислению и обожрению. Особенно интенсивно этот процесс происходит в тектонических трещинах, где раздробленность материала создает условия для значительной переработки первоначального материала.

Т а б л и ц а 17

Содержание гидроокислов железа в тектонитах

Группа и подгруппа тектонитов	Исходные породы				
	Интрузивные	Эффузивные	Кристаллические сланцы, кварциты	Глинистые сланцы	Известняки
А-1	<u>15</u> 10-20	<u>53</u> 35-70			
Б-1		<u>23</u> 5-50			15
Б-2	20	25			15
В-1	<u>5</u> 0-10	<u>3</u> 0-8			10
В-2	<u>4</u> 0-8	<u>6</u> 0-15	<u>1</u> 0-5		
В-3	<u>8</u> 3-10	5	5		
Г-1				10	5
Г-2	<u>6</u> 0-10	<u>2</u> 0-10	5		<u>10</u> 0-20
Г-3	<u>3</u> 0-15	<u>0</u> 0-1			<u>10</u> 0-20
Г-4	<u>2</u> 0-5	<u>0</u> 0-2	<u>2</u> 0-5		5
Г-5	<u>9</u> 0-25	<u>1</u> 0-1			

П р и м е ч а н и е. В числителе показано среднее содержание лимонита, в знаменателе - пределы его колебаний.

В тектонитах из интрузивных пород наибольшее количество гидроокислов железа, как в эффузивах, содержится в образцах групп А и Б, где лимонита наблюдается до 20%. По мере укрупнения материала

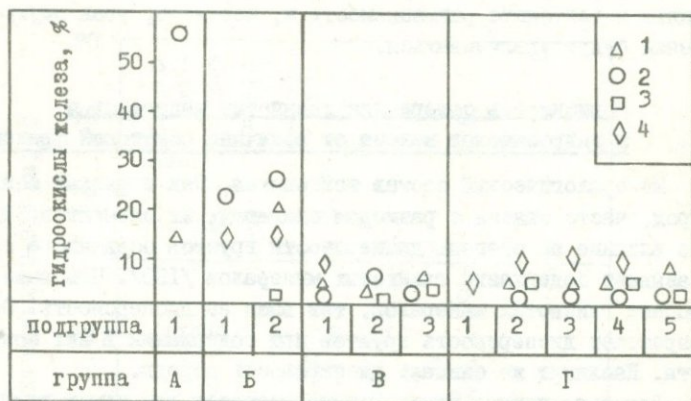


Рис. 18. Изменение среднего содержания гидроокислов железа в зависимости от гранулометрического состава тектонитов. Вмещающие породы: 1 - интрузивы; 2 - эффузивы; 3 - кристаллические сланцы и кварциты; 4 - известняки.

количество гидроокислов железа падает. Возникновению гидроокислов железа в тектонитах из интрузивных пород способствовало оруденение пород, пиритизация ее на рудных месторождениях и окисление в дальнейшем этих минералов. В наиболее дисперсных образцах лимонит мог возникнуть за счет частичного разложения железосодержащих минералов, в первую очередь хлорита и биотита, при достаточно высокой степени преобразования породы.

Довольно значительный процент лимонита содержится в тектонитах из известняков. Его происхождение обязано окислению пирита, присутствующего в тектонитах из рудных полиметаллических месторождений. Степень этого окисления неравномерна и зависит от местных геологических и климатических условий.

В тектонитах из других вмещающих пород (гнейсов, кристаллических сланцев и т.д.) содержание лимонита минимально ввиду отсутствия железистых минералов или незначительной степени разложения как рудных, так и нерудных, но содержащих железо минералов.

Лимонит — охристое вещество, частицы которого слабо связаны силами молекулярного взаимодействия. Поэтому наличие его в тектоните гидроксидов железа может ухудшить пластичные свойства породы, набухаемость и сцепление. В то же время при возрастании лимонита в тектоните размокчиваемость и, вероятно, угол внутреннего трения будут увеличиваться.

#### Зависимость содержания глинистых минералов и гидроксидов железа от величины пелитовой фракции

Минералогический состав тектонитов, как и рыхлых осадочных пород, часто связан с размером слагающих их элементов. Значительное влияние на степень дисперсности грунтов осадочного генезиса оказывает содержание глинистых минералов /100/. Чем выше в породе процент глинистых минералов, тем выше ее дисперсность. Особенно возрастает дисперсность грунтов при содержании в них монтмориллонита. Каолинит же снижает дисперсность породы.

Довольно четкая связь устанавливается для суммы глинистых минералов и содержания фракции менее 0,005 мм. На рис. 19 отмечены два поля. Одно — вытянутая по диагонали полоса. Второе — небольшое поле в области развития тектонитов группы Г (правый угол диаграммы). Это тальк- и галлуазитсодержание проб.

В образцах групп В и Г зависимость между сравниваемыми показателями довольно четкая. Пробы расположены компактно вдоль одной линии. В образцах групп Б и А эта закономерность нарушается. Происходит довольно заметный разброс точек, особенно в образцах тектонитов из эффузивов и ширитсодержащих известняков. Это объясняется значительным развитием в данных пробах лимонита, обогатившего пелитовую фракцию, но изменившего относительное содержание глинистых минералов в пробах.

Для образцов группы В и Г коэффициент корреляции довольно высокий — 0,94. Связь между содержанием глинистых минералов и пелитовой фракцией функциональная и описывается прямой линией.

Коэффициент корреляции для тектонитов групп Г, В и Б уменьшается до 0,70. Для всех групп тектонитов наблюдается некоторое увеличение коэффициента корреляции — 0,74. Связь во всех случаях остается прямолинейной.

Изменение коэффициента корреляции свидетельствует о различиях в соотношении между пелитовой фракцией и содержанием глинистых

минералов, что должно вызывать и определенные различия в свойствах тектонитов в зависимости от того, больше или меньше 30% пелитового материала в них содержится.

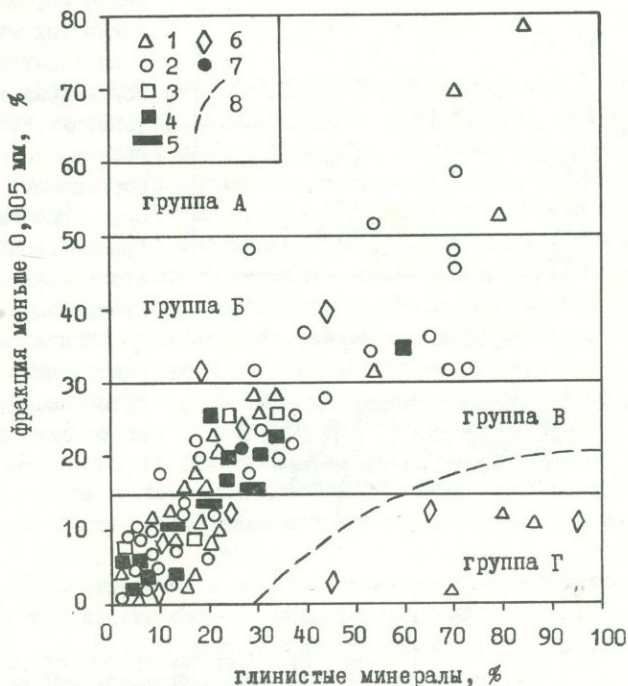


Рис. 19. Зависимость между суммой глинистых минералов и содержанием фракции меньше 0,005 мм в тектонитах: 1 - интрузивы; 2 - эффузивы; 3 - гнейсы; 4 - кристаллические сланцы и кварциты; 5 - глинистые сланцы; 6 - известняки; 7 - песчаники; алевриты, туфо-песчаники.

Установлена прямая связь между лимонитом и глинистой фракцией тектонитов для эффузивных пород (без заполнителя из альбитофиров), т.е. для горных пород, содержащих значительное количество железистого вещества, которое при окислении обогащает

своими вторичными продуктами тектониты (рис. 20). Коэффициент корреляции (изучена 41 проба) составляет 0,85.

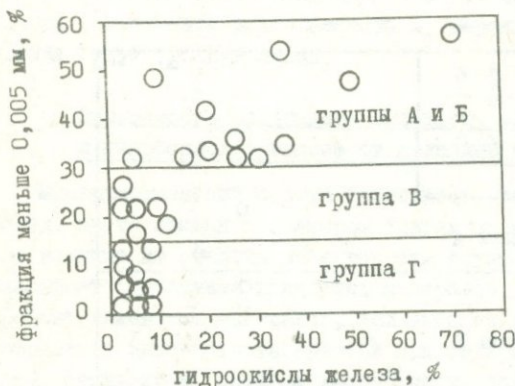


Рис. 20. Зависимость между содержанием гидроокислов железа и фракцией меньше 0,005 мм в тектонитах из эффузивов (исключение - альбитофиры)

Были сделаны попытки увязать содержание определенных глинистых минералов с количеством пелитовой фракции в тектонитах. Наиболее четкая зависимость установлена для монтмориллонита (рис. 21). Коэффициент корреляции (по 21 образцу) 0,89.

Для каолинита такой связи не найдено. Коэффициент корреляции всего 0,29.

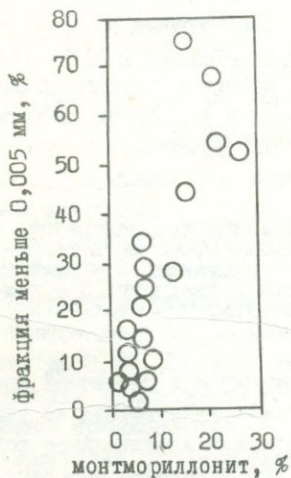


Рис. 21. Зависимость между содержанием монтмориллонита и фракцией меньше 0,005 мм в тектонитах.

Образцы тектонитов, содержащих галлуазит и тальк, при гранулометрическом анализе не показали достоверных результатов, так как при подготовке проб к исследованию они не разрушались на отдельные минеральные частицы, а дробились на осколки произвольной величины. Поэтому выяснить связь между содержанием в тектонитах галлуазита и талька и гранулометрическим составом породы пока невозможно.

### Структурно-текстурные особенности тектонитов

Структурно-текстурные особенности горных пород, как и минеральный состав, оказывают заметное влияние на физико-механические свойства исследуемого материала. В метаморфических породах, к которым относятся и тектониты, структура характеризуется преимущественно следующими особенностями: степенью кристалличности породы; величиной слагающих породу зерен и соотношением между размерами зерен /6I/. Наиболее прочными и устойчивыми к внешним воздействиям считаются породы, имеющие полнокристаллическую и равномерно-зернистую (среднезернистую и мелкозернистую) структуры.

Породы массивного сложения, обладающие массивной структурой, отличаются высокой устойчивостью против внешних воздействий и изотропностью свойств по различным направлениям. Породам сланцеватым, слоистым присуща анизотропия свойств в зависимости от ориентировки образца. Такие образования разрушаются сильнее, чем массивные /6I/.

Тектониты относятся к породам катакластического метаморфизма /3I/, который проявляется в раздроблении, катаклазе прежних минералов и структур. К этой группе относятся брекчированные, катаклазированные и милонитизированные горные породы.

Брекчированные породы состоят из остроугольных неокатанных обломков пород, связанных перетертым материалом той же породы или инфильтрационным цементом.

Катаклазированные породы характеризуются присутствием сильно деформированных, изогнутых, раздробленных зерен минералов, часто с мелкозернистой связующей массой /18/. Некоторая перекристаллизация материала, обычно приуроченная к небольшому участку породы, способствует возникновению бластокатакластической структуры.

Значительная раздробленность горной породы приводит к образованию милонитовой структуры, а при некоторой перекристаллизации породы - к бластомилонитовой. Очень тонкое разрушение заполнителя тектонических трещин позволяет выделить тонкомилонитовую структуру, когда обломков исходных пород в общей массе тектонитов почти не наблюдается и порода - однородное и дисперсное вещество.

Развитие той или иной структуры в тектонитах во многом связано с содержанием в породе глинистой фракции (табл. 18).

Т а б л и ц а 18

Частота встречаемости структур тектонитов по гранулометрическим группам

Структура тектонитов	Гранулометрические группы тектонитов			
	А	Б	В	Г
Тонкомилонитовая	40			
Милонитовая	60	64	13	6
Бластомилонитовая		36	37	12
Бластокатакластическая			47	25
Катакластическая			3	41
Брекчиевидная				6
Вторичные структуры (мозаичная и др.)				10

Для тектонитов группы А, сложенной наиболее тонкозернистым материалом, характерно развитие только тонкомилонитовой и милонитовой структур. Другие структуры среди описанных проб встречены не были. В образцах группы Б присутствуют милонитовая и бластомилонитовая структуры, причем первая преобладает. В тектонитах группы В отмечаются бластированные образцы, т.е. тектониты с бластомилонитовой и бластокатакластической структурами. Милонитовая структура довольно редка, еще реже встречается катакластическая структура. Группа Г - грубозернистое образование тектонитов. Здесь основное развитие получила катакластическая структура и наблюдается она в породе при содержании глинистой фракции до 10%. Вообще для тектонитов группы Г установлен наиболее широкий спектр структур. В них не встречается лишь тонкомилонитовые образования. В группе Г наблюдаются брекчиевидная структура и структуры вторичных новообразований - зубчатая и мозаичная, ха-

характерные для вторичного кремнисто-кварцевого и карбонатного вещества, развитого по первоначальной породе. Брекчиевидная структура и структуры вторичных новообразований встречаются при содержании пелитовой фракции не выше 5%.

В тектонитах зафиксированы текстуры —сланцеватые различной степени образованности и массивная, объединенные в три группы (табл. 19). Первая группа — сланцеватые текстуры, в которых сланцеватость четко выражена ясным расположением минеральных частиц по одному направлению. Сланцеватость довольно часто создают че-

Т а б л и ц а 19

Частота встречаемости текстур тектонитов по гранулометрическим группам

Текстура тектонитов	Гранулометрические группы тектонитов			
	А	Б	В	Г
Сланцеватая	60	61	30	13
Грубо- и неясносланцеватая	40	8	23	10
Массивная, очковая		31	47	77

шуйчатые минералы типа серицита или хлорита. Вторая группа — грубосланцеватая и неясносланцеватая текстуры. Они характеризуются определенной ориентировкой слагающих породу компонентов. Но четкости в расположении минералов не наблюдается. Третья группа — массивные текстуры. Здесь полностью отсутствует сланцеватость. Минералы расположены без какой-либо ориентировки по всей массе породы. Для очковой текстуры характерно наличие мелких обломков исходных пород, уцелевших от раздробления при тектонических подвижках и вторичных преобразованиях, погруженных в общую мелкозернистую массу.

В тектонитах группы А встречены только сланцеватые текстуры. При этом наиболее распространенными являются ясносланцеватые образования. Группе Б присущи как сланцеватые, так и массивные текстуры. Первые занимают существенное место в тектонитах данной группы. В тектонитах группы В развиты все выделенные типы текстур. Но основное место занимают массивные образования, не обладающие какой-либо ориентировкой слагающих их компонентов. Более развиты массивные текстуры в тектонитах группы Г, где 77% изученных об-

разцов имеют массивную и очковую текстуры. На остальные приходится всего 23%.

Изучение текстурных особенностей тектонитов показало, что для групп А, Б и В характерно наличие сланцеватых текстур. Следовательно, в них может наблюдаться анизотропия физико-механических свойств, т.е. тектониты будут обладать различными значениями тех или иных инженерно-геологических показателей в зависимости от ориентировки образца. В тектонитах группы Г анизотропия свойств выражается слабо и проявляется лишь в тех пробах, которые имеют определенную ориентировку слагающих их минеральных компонентов или неравномерное сложение из-за сгущения разнообразных обломков по отдельным участкам, неравномерного наложения на первоначальный материал вторичных преобразований.

## Глава У

### ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТЕКТОНИТОВ

#### Естественная влажность тектонитов

Изучение влажности тектонитов имеет существенное значение при рассмотрении свойств заполнителя тектонических трещин. Это связано в первую очередь с тем, что увлажненный глинисто-обломочный материал становится наиболее опасным именно в периоды своего повышенного водонасыщения, когда и происходят оползне-обвальные смещения скальных пород. Кроме того, повышенная влажность способствует развитию, в зависимости от минералогических особенностей породы, давления набухания, которое также ослабляет связи между скальными блоками, ограниченными тектоническими нарушениями. Профилактические меры борьбы с поступлением воды в тектонические нарушения (дренаж, цементация и др.) способствуют уменьшению водонасыщенности глинисто-обломочного вещества трещин и в значительной степени предотвращают возникновение нежелательных инженерно-геологических явлений в горных выработках и других сооружениях.

Наблюдения за изменением влажности заполнителя тектонических нарушений также могут в определенной степени прогнозировать время возникновения оползне-обвальных смещений и заранее предупреждать их развитие,

Естественная влажность в тектонитах и во вмещающих горных породах определялась (в подавляющем большинстве случаев) по стандартной методике (учет потери массы проб при их высушивании, температура 105–110°) и высушиванием проб при 250° (метод Л.И.Кучицкого /58/). Полученные данные свидетельствуют о хорошей сходимости результатов (рис. 22), поэтому при изучении влажности скальных образований и тектонитов можно рекомендовать метод Л.И.Кучицкого, как наиболее быстрый и эффективный.

Наибольшую влажность имеют тектониты группы А как самые дисперсные и содержащие в своем составе значительный процент монтмориллонита (табл. 20). Самая низкая влажность – у вмещающих по-

род. Разброс значений влажности у всех изученных проб чрезвычайно высокий. Коэффициент вариации достигает 60-130% (во вмещающих породах - 30%). Столь заметные колебания величины естественной влажности связаны с тем,

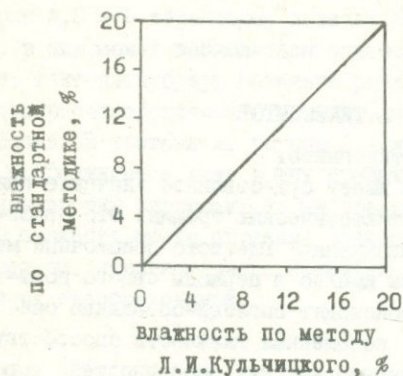


Рис. 22. Сопоставление результатов определений влажности по стандартной методике и методу Кульчицкого.

что при подсчете были использованы все анализы проб. В то же время влажность образцов зависит от внешних и внутренних факторов: климатических условий, времени отбора (сезон года, наличие или отсутствие осадков, их характер и т. д.), места отбора (естественное обнажение, карьер, шахта), глубины отбора, состава глинистых минералов, соотношения между гранулометрическими фракциями и прочих причин. Таблица 20 дает общее представление об изменении

влажности в зависимости от группы тектонитов, т. е. от степени их крупности и минерального состава. Она показывает уменьше-

Т а б л и ц а 20

Естественная влажность тектонитов и вмещающих пород, %

Показатели	Гранулометрические группы тектонитов				Вмещающие породы
	А	Б	В	Г	
Количество проб	9	16	33	81	71
Среднее значение	21	6	5	2	1
Пределы колебаний	3-51	1-14	0-15	0-15	0-5
Среднее квадратичное отклонение	18,4	3,6	4,1	2,6	0,3
Коэффициент вариации, %	88	62	82	130	30

ние влажности с покрупнением материала и по сравнению с влажностью вмещающих пород.

Изменение влажности горных пород можно проследить (рис. 23) на примере фельзит-порфиров в одной из шахт Кармазара (Таджики-

стан). На рисунке довольно четко фиксируется увеличение влажности в тектонической трещине. Наибольшее ее значение устанавливается в самых дисперсных пробах тектонитов. Отобранные в аналогичных условиях и в одно и то же время пробы тектонитов из группы А примерно вдвое влажнее, чем образцы группы Б. Различны по влажности пробы тектонитов и вмещающих горных пород, отобранных в одно и то же время, в аналогичных природных условиях и в одних и тех же петрографических типах исходных пород (табл. 21). Здесь более влажными были пробы, отобранные в карьере. Это связано с различной глубиной опробования. Для увлажнения глубоких горизонтов требуется больше

Т а б л и ц а 21

Изменение влажности тектонитов и вмещающих горных пород

Порода	Средняя влажность гнейсов, %	
	Карьер	Шахта
Тектониты группы В	2,8	2,8
Тектониты группы Г	3,3	0,5
Исходные образования	1,4	1,0

времени (недели и даже месяцы) /43/. Поэтому смещения блоков пород в карьерах и в глубоких выработках могут происходить не одновременно с поверхностным увлажнением, а через определенный временной интервал, зависящий от глубины заложения выработки, мощности тектонического нарушения, его ориентировки, состава заполнителя, его фильтрационной способности и других причин.

Помимо различия во влажности по глубине развития трещин, существует неравномерность в увлажнении даже на одном интервале и в одном типе тектонитов. Например, в одной из шахт Кармазара была изучена влажность тектонитов, принадлежащих к группе Б-Г. Пробы на влажность (три образца) отбирались на расстоянии 2-3 см друг от друга. Оказалось, что влажность в них изменяется от 9,3 до 11,8% при среднем ее значении 10,3%.

В другой шахте того же месторождения в туфах андезитовых порфиритов влажность тектонитов группы В-3 колебалась от 6,7 до 9,1% (при среднем значении 8,1%).

Таким образом, изучение влажности следует проводить по всей площади развития тектонита. Только так можно получить достоверные результаты.

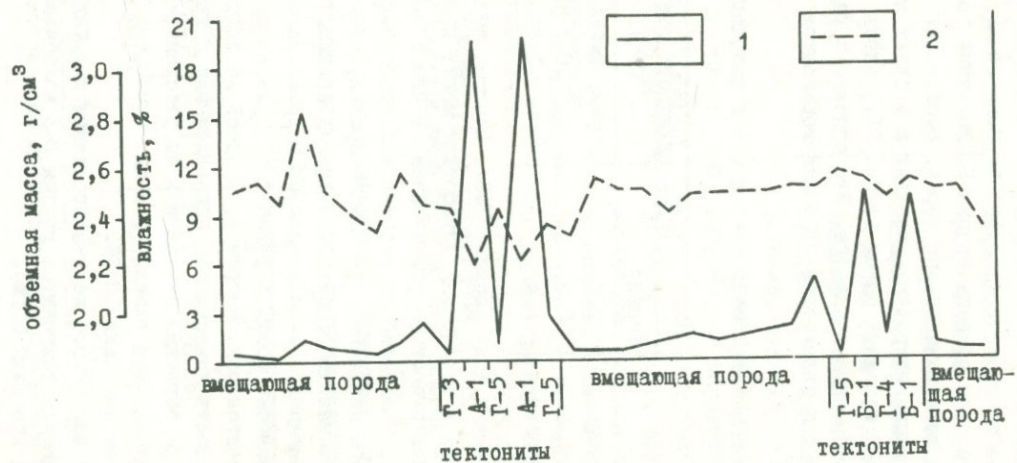


Рис. 23. Изменение влажности (1) и объемной массы (2) в фельзит-порфирах (по данным Х.К.Куддусова и автора).

### Объемная масса тектонитов

Тектониты — смешанные глинисто-обломочные образования, поэтому определение их влажности, объемной массы, плотности, а также пористости имеет некоторые особенности. Это связано именно с неравномерным сложением тектонитов, состоящих из крупных обломков и мелкозема (частиц мельче 2 мм), причем данные группы фракций по своим свойствам часто заметно отличаются друг от друга. Для их изучения лучше всего использовать методику А.И.Шеко /72, II6, II7/, разработанную для глинисто-обломочных пород, которая предполагает раздельное анализирование мелкозема и крупных включений с последующим пересчетом на всю массу горной породы.

Содержание крупнообломочного материала до 20–30% практически не оказывает влияния на изменение водно-физических свойств тектонитов. Поэтому влажность, объемная масса и плотность мелкозема, пересчитанные на весь заполнитель, довольно близки.

Малое содержание мелкозема также не оказывает влияния на изменение свойств тектонитов в пересчете на всю породу. И здесь значения показателей крупнообломочных частиц и всей массы заполнителя находятся в пределах ошибок опыта.

Наибольшие расхождения между значениями влажности, особенно объемной массы, плотности мелкозема и крупных включений, связаны не только с гранулометрическим составом породы, но и с ее петрографическими особенностями. Тектониты, кроме группы А, содержат незначительное количество глинистых частиц, наиболее диспергированного вещества. Более крупные обломки (песчаные, также относящиеся к мелкозему, и дресвяно-щебенистые образования, слагающие крупные фракции) близки по составу. Они сложены частицами вмещающих пород различной степени изменения. Следовательно, их объемная масса и плотность должны быть близкими. Исключение составляют те пробы, в которых наблюдается значительная примесь рудного материала. В зависимости от того, где развит рудный компонент, значения объемной массы, плотности мелкозема и более крупных образований увеличиваются.

Тектониты, имеющие значительные расхождения в объемных массах мелкозема и крупнообломочных фракций, встречаются редко (табл. 22).

Точность определения объемной массы, согласно существующим рекомендациям должна составлять 0,02 г/см<sup>3</sup>. Тектониты же, являясь

в высшей степени неоднородными образованиями по своему сложению, гранулометрическому и минералогическому составу, во многих случаях, особенно на рудных месторождениях, имеют значительно боль-

Т а б л и ц а 22

Объемная масса и плотность тектонитов (мелкозема, крупных фракций и всей породы)

Вмещающая порода	Содержание фракции крупнее 2 мм, %	Объемная масса, г/см <sup>3</sup>			Плотность, г/см <sup>3</sup>		
		Мелкозем	Крупные обломки	Вся порода	Мелкозем	Крупные обломки	Вся порода
Фельзит-порфир	48	2,45	2,28	2,36	2,80	2,78	2,79
	67	2,48	2,32	2,38	2,67	2,64	2,66
Туф андезитовых порфиритов	55	2,44	2,70	2,58	2,90	2,88	2,89
Гранодиорит	52	2,15	2,41	2,28	2,68	2,68	2,68
Габбродиорит	57	2,50	2,40	2,44	2,75	2,72	2,73
Кристаллические сланцы	65	2,51	2,62	2,59	2,64	2,80	2,75
Спилит	65	2,20	2,26	2,24	2,68	2,68	2,68
	76	2,17	2,43	2,37	2,67	2,80	2,77
	52	2,08	2,27	2,18	2,68	2,68	2,68
	60	1,49	2,28	1,87	2,57	2,55	2,56
	59	1,76	2,08	1,94	2,54	2,66	2,61
Кварцит	67	2,61	2,69	2,67	2,87	2,74	2,78

ший разброс параллельных результатов анализа. Для таких пород, по-видимому, следует допускать несколько большие расхождения между повторными определениями, возможно достигающими первых процентов от средней величины показателя. Если исходить из данного допущения, то во многих пробах, представленных в табл. 22, разница между значениями объемной массы мелкозема и крупных частиц лежит в пределах ошибок опыта. Для примера можно привести результаты определения объемной массы только одной гранулометрической группы фракций (мелкозема или крупных образований), установленные для одной пробы (табл. 23). Расхождения между параллельными

испытаниями здесь достигают 10%, что свидетельствует о весьма неравномерном сложении породы. В то же время коэффициент вариации — от I до 3%. Значит для тектонитов расхождения в значении объемной массы превышают допустимые пределы для однородных пород (0,02 г/см<sup>3</sup>).

Т а б л и ц а 23

Значения объемной массы тектонитов при параллельных испытаниях

Вмещающая порода	Группа	Кол-во проб	Объемная масса, г/см <sup>3</sup>			Коэффициент вариации, %
			Среднее значение	Пределы колебаний	Среднее квадратич. отклонение	
Фельзит-порфир	Б-I	3	2,55	2,53-2,59	0,03	I
Туф андезитовых порфиритов	Г-4	5	2,71	2,62-2,85	0,08	3
Альбитофир	Г-2	4	2,24	2,21-2,29	0,03	I

В образцах тектонитов, содержащих значительный процент талька или галлуазита, несмотря на весьма неоднородное сложение, определяемое соотношением гранулометрических фракций, величина объемной массы и плотности мелкозема и крупных частиц очень близка. Это совпадение — результат одинаковости минерального состава всех гранулометрических фракций, сложенных указанными глинистыми минералами.

В подавляющем большинстве образцов наблюдалось или полное совпадение результатов анализа мелкозема и крупных обломков, или же расхождения не превышали допустимых ошибок опыта, или содержание определенных гранулометрических фракций не оказывало влияния на изменение искомого показателя при пересчете его значения на всю массу породы.

Объемная масса, так же, как влажность и плотность, в дальнейшем рассматривается в качестве величины, характеризующей весь тектонит. При этом подразумевается, что в дисперсных тектонитах эта величина близка к объемной массе или плотности мелкозема, а в крупнообломочных разностях — к значению данных параметров обломков, составляющих фракцию крупнее 2 мм.

Объемная масса определялась методом гидростатического взвешивания с предварительным парафинированием образцов. Средние значе-

ния объемной массы тектонитов и вмещающих исходных пород всех по­трографических типов представлены в табл. 24. Опыты показали, что пределы колебаний показателей более значительны в тектонитах по сравнению с вмещающими породами. Это понятно, ибо процессы изменения раздробленного материала приводят к появлению неоднородных по структурным, минеральным и размерным особенностям тектонитов даже в пределах одной группы.

Объемная масса магматических пород определяется главным образом их минеральным составом. Она повышается с уменьшением содержания легких минералов и увеличением содержания тяжелых. Объемная масса метаморфических пород также зависит в основном от их минералогического состава, поскольку величина пористости этих пород незначительна. Объемная масса увеличивается с развитием в породах тяжелых минералов: амфиболов, пироксенов, граната и др. На величину объемной массы карбонатных пород большое влияние оказывают примеси, преимущественно глинистого вещества, а также структурные особенности. В грунтах осадочного генезиса объемная масса изменяется в широких пределах и зависит от состава, структурно-текстурных особенностей и прочих причин /61/.

При раздроблении породы в результате тектонических подвижек и наложении разнообразных последующих процессов происходит изменение объемной массы. На величину объемной массы влияет ряд факторов: состав исходных продуктов и продуктов вторичного преобразования, гранулометрический состав породы, пористость, влажность, структурно-текстурные особенности и др. Именно подобная многофакторность не позволяет вывести четкую зависимость объемной массы тектонитов от определенных показателей, и в первую очередь от состава тектонитов. Установлено лишь, что с увеличением в тектонитах содержания галлуазита происходит уменьшение объемной массы (рис. 24). Это объясняется самой природой галлуазита, представляющего собой пористый материал. Коэффициент корреляции для взаимосвязи объемная масса скелета - содержание галлуазита составляет 0,64 (при 7 изученных пробах).

Среднее значение объемной массы скелета увеличивается от тонкораздробленных разностей к крупнообломочным и далее к вмещающим породам. Плотное сложение крупнозернистых разностей и тем более исходных пород предопределяет повышенную величину объемной массы. Наличие же глинистого вещества в тектонитах обуславливает пониже-

Таблица 24

Объемная масса скелета тектонитов и вмещающих пород, г/см<sup>3</sup>

Группы и подгруппы тектонитов	Вмещающие породы						
	Интрузивы	Эффузивы	Гнейсы	Кристаллические сланцы, кварциты	Глинистые сланцы	Известняки	Песчаники, алевролиты, туфо-песчаники
А-I	<u>2.16(3)</u>	<u>1.45(5)</u>	-	-	-	-	<u>1.93(I)</u>
	2,07-2,20	1,06-1,93					-
Б-I	-	<u>2.08(II)</u>	-	-	-	<u>1.92(I)</u>	<u>1.80(I)</u>
		1,27-2,40				-	-
Б-2	<u>1.63(I)</u>	<u>2.19(I)</u>	-	<u>2.34(I)</u>	-	<u>2.30(I)</u>	-
В-I	<u>2.07(3)</u>	<u>2.15(5)</u>	<u>2.28(2)</u>	-	<u>2.06(I)</u>	<u>2.54(I)</u>	<u>2.16(3)</u>
	2,02-2,16	1,69-2,45	2,18-2,39		-	-	2,07-2,30
В-2	<u>2.28(5)</u>	<u>2.42(5)</u>		<u>2.21(4)</u>	-	<u>2.56(I)</u>	<u>2.12(3)</u>
	2,16-2,40	1,79-3,75		1,74-2,68		-	1,71-2,47
В-3	<u>2.01(3)</u>	<u>2.13(2)</u>	-	<u>2.53(I)</u>	<u>2.02(2)</u>	-	-
	1,88-2,13	1,99-2,26		-	1,97-2,07		
Г-I	-	-	-	-	2,11(I)	3,90(I)	
Г-2	<u>2.02(6)</u>	<u>2.42(12)</u>	-	<u>2.39(I)</u>	<u>2.14(I)</u>	<u>2.12(2)</u>	
	1,02-2,58	2,21-2,59		-	-	1,96-2,27	
Г-3	<u>2.24(8)</u>	<u>2.36(6)</u>	-	-	-	<u>2.89(2)</u>	<u>1.73(I)</u>
	1,45-2,48	2,24-2,55				2,23-3,55	-

Продолжение табл. 24

Группы и подгруппы тектонитов	Вмещающие породы						
	Интрузивы	Эффузивы	Гнейсы	Кристаллические сланцы, кварциты	Глинистые сланцы	Известняки	Песчаники, алевролиты, туфо-песчаники
Г-4	<u>2.63(17)</u>	<u>2.5I(I6)</u>	<u>2.58(2)</u>	<u>2.48(7)</u>	-	<u>2.4I(I)</u>	<u>2.6I(I)</u>
	2,20-2,97	2,II-2,82	2,56-2,60	2,22-2,60	-	-	-
Г-5	<u>2.54(II)</u>	<u>2.49(8)</u>	<u>2.5I(3)</u>	<u>2.73(1)</u>	<u>2.07(1)</u>	<u>2.50(2)</u>	-
	2,06-2,90	2,16-2,77	2,50-2,5I	-	-	2,46-2,54	-
Исходные образования	<u>2.79(57)</u>	<u>2.56(37)</u>	<u>2.48(4)</u>	<u>2.78(I8)</u>	<u>2.56(2)</u>	<u>2.52(4)</u>	<u>2.60(I)</u>
	2,44-3,II	2,24-2,99	2,27-2,62	2,52-3,0I	2,38-2,73	2,34-2,60	-

Примечание. В табл. 24 и в других подобных таблицах настоящей главы приняты следующие обозначения: в числителе - среднее значение показателя, в скобках - количество проанализированных проб; в знаменателе - пределы колебаний рассматриваемого показателя.

ние объемной массы. Только в тех случаях, когда тектонические подвижки приводят к уплотнению глинистого материала дисперсных разновидностей тектонитов и возникновению милонитовых и тонкомилонитовых структур, происходит увеличение их объемной массы. По этой причине тектониты группы А-I из интрузивных пород имеют повышенную объемную массу по сравнению с аналогичными пробами, отобранными из эффузивов и песчаников.

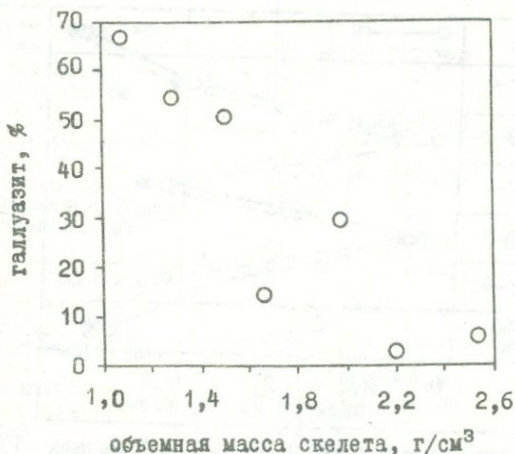


Рис. 24. Изменение объемной массы скелета тектонитов в зависимости от содержания галлуазита.

Довольно высокой объемной массой при одинаковом гранулометрическом составе обладают тектониты из кварцитов и кристаллических сланцев. Это связано с повышенной плотностью обломков заполнителя трещин, поскольку главную роль в последних играют тяжелые минералы — эпидот и актинолит. Кроме того, малая пористость обломочного материала и слабая степень их изменения предопределяют повышенную объемную массу тектонитов.

Наименьшая объемная масса у тектонитов, отобранных в песчаниках. Являясь продуктом разрушения осадочных кластических пород с довольно значительным содержанием глинистого цемента, они представляют собой пористые образования. Поэтому и сами обломки, составляющие тектониты, имеют высокую пористость, которая еще больше увеличивается при расклом сложения тектонитов.

На рис. 23 можно наблюдать изменение объемной массы пород в зависимости от места их отбора. Понижение величины объемной массы связано с раздроблением материала в тектонической трещине. Увеличение объемной массы вмещающих пород в отдельных точках свидетельствует об обогащении их рудным материалом. Подобную же картину распределения величины объемной массы по породам тектонических трещин можно наблюдать и на рис. 25. Покрупнение материала здесь

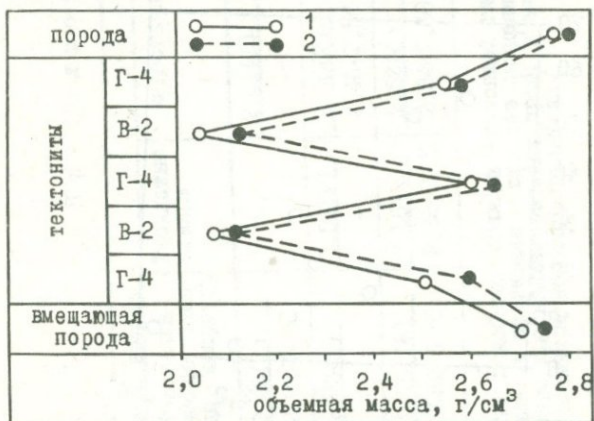


Рис. 25. Изменение объемной массы влажной породы (1) и объемной массы скелета (2) по тектонической трещине в кристаллических сланцах (карьер).

четко фиксируется увеличением объемной массы, наибольшая величина которой достигается во вмещающих породах (кристаллических сланцах).

Разброс значений объемной массы в пределах каждой гранулометрической группы любого петрографического типа вмещающих пород связан с особенностями минерального строения тектонитов, с развитием тех или иных вторичных минералов. Причем пределы колебаний объемной массы тектонитов в одной гранулометрической группе, но из различных по петрографическим особенностям исходных пород, весьма близки, находятся примерно в одних размерных категориях. Поэтому была предпринята попытка объединить тектониты всех петрографических типов и разделить их только по особенностям вторичного изменения (табл. 25). Выделено несколько минералогических разновидностей, обусловленных преимущественным развитием каких-либо минералов, ко-

Т а б л и ц а 25

Объемная масса тектонитов, г/см<sup>3</sup>

Группа и подгруппа	Минералогическая разновидность	Кол-во проб	Среднее значение	Пределы колебаний	Среднее квадратичное отклонение	Коэффициент вариации, %
А-1	Хлорит-гидрослюдистая	4	2,10	1,93-2,20	0,11	5
	Лимонитовая	1	1,84	-	-	-
	Монтмориллонитовая	4	1,35	1,06-1,93	0,34	25
Б-1	Хлорит-гидрослюдистая	10	2,05	2,61-2,40	0,25	12
	Лимонитовая	1	1,82	-	-	-
	Монтмориллонитовая	1	1,27	-	-	-
	Тальк-галлуазитовая	1	1,92	-	-	-
Б-2	Хлорит-гидрослюдистая	3	2,28	2,19-2,34	0,06	3
	Галлуазитовая	1	1,63	-	-	-
В-1	Хлорит-гидрослюдистая	6	2,07	1,69-2,39	0,16	8
	Агрегатная	7	2,17	2,02-2,39	0,12	6
	Обломочная	1	2,45	-	-	-
	Рудная	1	2,54	-	-	-
В-2	Хлорит-гидрослюдистая	4	1,80	1,71-1,97	0,10	6
	Агрегатная	9	2,25	2,09-2,36	0,09	4
	Обломочная	4	2,53	2,40-2,68	0,10	4
	Рудная	1	3,75	-	-	-
В-3	Агрегатная	7	2,04	1,88-2,26	0,11	5
	Обломочная	1	2,53	-	-	-
Г-1	Агрегатная	1	2,11	-	-	-
	Рудная	1	3,90	-	-	-
Г-2	Галлуазитовая	2	1,16	1,02-1,31	0,14	12
	Тальковая	2	2,12	1,96-2,27	0,15	7
	Агрегатная	14	2,38	2,14-2,55	0,12	5
	Обломочная	3	2,56	2,53-2,58	0,03	1
	Рудная	1	2,39	-	-	-
Г-3	Галлуазитовая	1	1,45	-	-	-
	Агрегатная	13	2,29	1,73-2,48	0,18	8
	Обломочная	1	2,53	-	-	-
	Рудная	2	2,96	2,36-3,55	0,30	10

Продолжение табл. 25

Группа и подгруппа	Минералогическая разновидность	Кол-во проб	Среднее значение	Пределы колебаний	Среднее квадратичное отклонение	Коэффициент вариации, %
Г-4	Агрегатная	18	2,37	2,11-2,66	0,16	7
	Обломочная	20	2,62	2,48-2,82	0,09	3
	Флюоритовая	6	2,92	2,89-2,97	0,03	1
Г-5	Тальковая	1	2,27	-	-	-
	Агрегатная	6	2,39	2,16-2,57	0,16	7
	Обломочная	17	2,62	2,34-2,90	0,16	6
	Кремнисто-карбонатная	2	2,07	2,06-2,07	0,01	1

торые и будем рассматривать: **хлорит-гидро-слюдастая, монтмориллонитовая** (если монтмориллонита свыше 20-25% от всей породной массы), тальковая, галлуазитовая, тальк-галлуазитовая (когда оба минерала развиты примерно одинаково), лимонитовая, рудная, флюоритовая, агрегатная, обломочная, кремнисто-карбонатная.

Результаты исследований показали закономерное увеличение пористости и, следовательно, уменьшение объемной массы от наиболее глинистых разновидностей через агрегатную к обломочной и далее к рудной и флюоритовой. Это связано с разуплотнением породы при развитии в ней глинистых минералов и с созданием более плотного образования при оплакивании и в ряде случаев при оруденении.

Наличие в тектоните галлуазита способствует уменьшению объемной массы породы. Лимонит- пористый минерал, уменьшает объемную массу породы. С увеличением содержания в породе монтмориллонита происходит понижение ее объемной массы.

Кремнисто-карбонатная разновидность изучена только в образцах наиболее грубозернистой группы - группы Г. Являясь вторичными минералами, развитыми по уже сформированной породе, они создали условия для изоляции уже имевшихся пор, вследствие этого произошло некоторое понижение объемной массы по сравнению с аналогичными нескрепленными и некарбонатизированными пробами. Безусловно, существуют тектониты данной разновидности, в которых эти процессы способствовали уплотнению породы, но в настоящей работе они не рассматриваются.

## Плотность тектонитов

Плотность горных пород изучалась преимущественно валиметрическим способом. Несмотря на то, что определение плотности осуществлялось раздельно (в наиболее смешанных разностях тектонитов) для мелкозема и крупной фракции, расхождение полученных результатов небольшое (см. табл. 22). Различия в плотности этих групп за исключением незначительного количества образцов, лежат в пределах ошибок метода. В дальнейшем использованы значения плотности, пересчитанные на всю массу породы.

Плотность скальных пород определяется лишь их минеральным составом. Поэтому она зависит не только от петрографических особенностей породы, но и от развития в ней наложенных, вторичных, особенно рудных минералов, что весьма характерно для сульфидных месторождений. Наличие рудных минералов обусловило разброс значений плотности тектонитов из различных исходных петрографических типов и гранулометрических и минеральных подразделений.

Какой-либо закономерности в изменении величины плотности в зависимости от гранулометрической категории тектонитов или от петрографического характера исходных пород (табл. 26) не обнаружено. Повышение плотности обусловлено наличием в породе рудных тяжелых минералов. Значение плотности тектонитов из песчаников, алевролитов и туфо-песчаников, образцы которых были отобраны не из рудных месторождений, понижено.

В тектонитах группы А большинство проб имеет плотность 2,7 - 2,8 г/см<sup>3</sup>. В группе Б разброс значений плотности выше, но наибольшее количество проб сосредоточено в том же интервале плотности. Кроме того, более 5% проб находится в интервале плотности от 3,3 до 3,4 г/см<sup>3</sup>, что свидетельствует о наличии проб, обогащенных рудными компонентами. В тектонитах группы В уже около 30% проб имеют плотность от 2,6 до 2,7 г/см<sup>3</sup>, т.е. близкую к плотности легкой фракции, которая преобладает в неразложенных или слабо измененных крупных частицах многих петрографических типов вмещающих пород. В тектонитах группы Г основная масса проб имеет плотность 2,6 - 2,8 г/см<sup>3</sup>. Присутствие некоторых проб с плотностью меньше 2,6 г/см<sup>3</sup> объясняется развитием в породе галлуазита. Этот минерал имеет трубчатое строение. Поэтому вполне вероятно, что при анализе часть воздуха из свернутых глинистых частиц не удаляется, сохраняются первичные поры, что и способствует некоторому снижению значений плотности.

Таблица 26

Плотность пород, г/см<sup>3</sup>

Группа и подгруппа тектонитов	Вмещающие породы						
	Интрузивы	Эффузивы	Гнейсы	Кристаллические сланцы, кварциты	Глинистые сланцы	Известняки	Песчаники, алевролиты, туфо-песчаники
A-I	<u>2.75(3)</u> -	<u>2.8I(2)</u> 2,75-2,87	-	-	-	-	<u>2.70(I)</u> -
B-I	-	<u>2.87(10)</u> 2,66-3,32	-	-	-	<u>2.66(I)</u> -	<u>2.67(I)</u> -
B-2	<u>2.54(I)</u> -	<u>2.80(I)</u> -	-	<u>2.76(I)</u> -	-	<u>2.83(I)</u> -	-
B-I	<u>2.80(3)</u> 2,70-2,94	<u>2.80(4)</u> 2,69-2,93	<u>2.70(2)</u> 2,68-2,72	-	<u>2.67(I)</u> -	<u>3.44(I)</u> -	<u>2.66(3)</u> 2,63-2,68
B-2	<u>2.75(5)</u> 2,68-2,79	<u>3.02(5)</u> 2,69-4,18	-	<u>2.77(4)</u> 2,73-2,80	-	<u>2.72(I)</u> -	<u>2.72(3)</u> 2,65-2,8I
B-3	<u>2.68(3)</u> 2,67-2,68	<u>2.84(2)</u> 2,78-2,90	-	<u>2.87(I)</u> -	<u>2.7I(2)</u> 2,66-2,75	-	-
Г-I	-	-	-	-	2,79(I)	4,45(I)	-
Г-2	<u>2.82(6)</u> 2,60-3,03	<u>2.76(7)</u> 2,67-3,00	-	<u>3.4I(I)</u> -	<u>2.80(I)</u> -	<u>2.94(2)</u> 2,75-3,12	-

II4

Продолжение табл. 26

Группа и подгруппа тектонитов	Вмещающие породы						
	Интрузивы	Эффузивы	Гнейсы	Кристаллические сланцы, кварциты	Глинистые сланцы	Известняки	Песчаники, алевролиты, туфо-песчаники
Г-3	<u>2.79(8)</u> 2,57-3,22	<u>2.9I(6)</u> 2,7I-3,53	-	-	-	<u>3.33(2)</u> 2,90-3,75	<u>2.70(I)</u> -
Г-4	<u>2.83(17)</u> 2,57-3,12	<u>2.78(16)</u> 2,64-2,99	<u>2.68(2)</u> 2,67-2,69	<u>2.72(7)</u> 2,64-2,77	-	<u>2.73(I)</u> -	<u>2.7I(I)</u> -
Г-5	<u>2.77(11)</u> 2,52-2,96	<u>2.80(8)</u> 2,66-3,17	<u>2.70(3)</u> 2,69-2,7I	<u>2.92(I)</u> -	<u>2.7I(I)</u> -	<u>2.72(2)</u> 2,70-2,74	-
Исходные образования	<u>2.99(97)</u> 2,66-3,94	<u>2.79(30)</u> 2,64-3,06	<u>2.69(4)</u> 2,67-2,69	<u>2.87(21)</u> 2,65-3,22	<u>2.83(2)</u> 2,82-2,83	<u>2.70(4)</u> 2,64-2,73	<u>2.74(I)</u> -

II5

Во вмещающих породах величина плотности имеет два максимума. Первый обязан преобладанию в породе легких минералов с плотностью 2,7–2,8 г/см<sup>3</sup>, второй – развитию тяжелых, особенно рудных, минералов (значения плотности 3,1–3,2 г/см<sup>3</sup>).

Несколько более четкое распределение плотности в тектонитах обнаруживается при рассмотрении минералогических разновидностей (табл. 27): наибольшая наблюдается у рудной и флюоритовой разновидностей, наименьшая – у галлуазитовой.

Рудные разновидности тектонитов присутствуют только в группах Б и Г, причем в крупноблочных подгруппах подобные пробы не встречаются. Это свидетельствует о концентрации неразложившегося рудного материала (разнообразных сульфидов) преимущественно в сутлинисто-песчаных категориях тектонитов.

Флюорит более всего распространен в самых крупноблочных категориях тектонитов.

Таким образом, намечается зависимость изменения плотности тектонитов только от содержания в них тяжелых компонентов (рис.26). Причем тяжелая фракция породы (т.е. сумма минералов с плотностью выше 2,8 г/см<sup>3</sup>) заметно увеличивает плотность при содержании данных минералов в тектоните более 100 000 г/т.

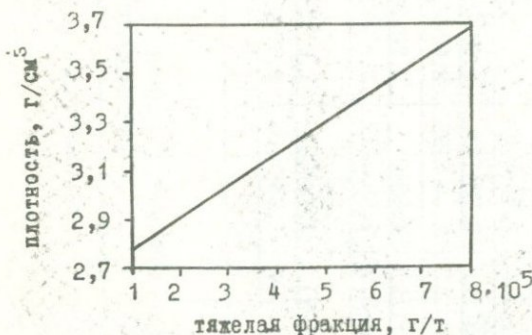


Рис. 26. Зависимость плотности тектонитов от содержания в них тяжелых минералов.

Таблица 27

Плотность тектонитов, г/см<sup>3</sup>

Группа и подгруппа	Минералогическая разновидность	Кол-во проб	Среднее значение	Пределы колебаний	Среднее квадратичное отклонение	Кoeffициент вариации, %
А-1	Хлорит-гидрослюдистая	4	2,74	2,70-2,75	0,02	1
	Лимонитовая	1	2,87	-	-	-
	Монтмориллонитовая	1	2,75	-	-	-
Б-1	Хлорит-гидрослюдистая	10	2,87	2,66-3,32	0,18	6
	Лимонитовая	1	2,72	-	-	-
	Тальк-галлуазитовая	1	2,66	-	-	-
Б-2	Хлорит-гидрослюдистая	3	2,80	2,76-2,83	0,03	1
	Галлуазитовая	1	2,54	-	-	-
В-1	Хлорит-гидрослюдистая	5	2,78	2,67-2,93	0,08	3
	Агрегатная	7	2,72	2,63-2,94	0,09	3
	Обломочная	1	2,69	-	-	-
	Рудная	1	3,44	-	-	-
В-2	Хлорит-гидрослюдистая	4	2,75	2,65-2,82	0,07	3
	Агрегатная	9	2,74	2,68-2,79	0,04	1
	Обломочная	4	2,76	2,72-2,81	0,04	1
	Рудная	1	4,18	-	-	-
В-3	Агрегатная	7	2,73	2,66-2,90	0,08	3
	Обломочная	1	2,87	-	-	-
Г-1	Агрегатная	1	2,79	-	-	-
	Рудная	1	4,45	-	-	-

Продолжение табл. 27

Группа и подгруппа	Минералогическая разновидность	Кол-во проб	Среднее значение	Пределы колебаний	Среднее квадратичное отклонение	Коэффициент вариации, %
Г-2	Галлуазитовая	2	2,68	2,60-2,75	0,07	3
	Тальковая	2	2,94	2,75-3,12	0,18	6
	Агрегатная	9	2,83	2,67-3,03	0,17	6
	Обломочная	3	2,76	2,69-2,89	0,09	3
	Рудная	1	3,41	-	-	-
Г-3	Галлуазитовая	1	2,57	-	-	-
	Агрегатная	13	2,81	2,69-3,22	0,14	5
	Обломочная	1	2,71	-	-	-
	Рудная	2	3,64	3,53-3,75	0,11	3
Г-4	Агрегатная	18	2,74	2,57-2,92	0,09	3
	Обломочная	20	2,75	2,64-2,99	0,10	4
	Флюоритовая	6	3,04	3,00-3,12	0,04	1
Г-5	Тальковая	1	2,87	-	-	-
	Агрегатная	6	2,85	2,71-3,17	0,17	6
	Обломочная	17	2,76	2,52-2,96	0,12	4
	Кремнисто-карбонатная	2	2,69	2,66-2,71	0,03	1

### Пористость тектонитов

Пористость тектонитов в основном выше пористости вмещающих пород (табл. 28). С по крупнением обломочного материала уменьшается пористость (рис. 27).

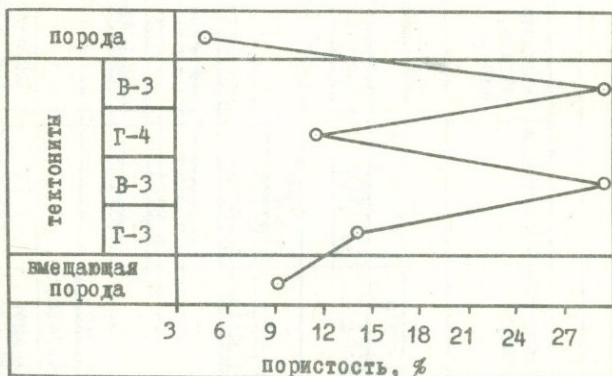


Рис. 27. Изменение общей пористости по тектонической трещине в гранодиоритах (Карамазар, Таджикистан).

Пористость тектонитов группы А в исследованных пробах не менее 20%, в образцах группы Б — 15%. Для тектонитов группы В характерно наличие проб с пористостью 10–30%, в группе Г — от 5 до 20–25%. Вмещающие породы имеют преимущественно невысокую пористость — 0,3–10,0%.

Уменьшение пористости как общей, так и эффективной при удалении от тектонического нарушения установлено исследователями, занимающимися изучением физико-механических свойств трещиноватых пород, распространенных в области развития рудных месторождений /13,44,80,96/.

Наложение на скальную породу процессов хлоритизации, серицитизации и других, связанных с возникновением глинистых минералов, неизбежно приводит к образованию более пористой, более рыхлой массы, чем первоначальная. Активно эти процессы проявляются в ослабленных участках, по трещинам, где создаются благоприятные условия для движения гидротермальных или иных растворов, преобразующих породу.

Таблица 28

Пористость пород, %

Группа и подгруппа тектонитов	Вмещающие породы						
	Интрузивы	Эффузивы	Гнейсы	Кристаллические сланцы, кварциты	Глинистые сланцы	Известняки	Песчаники, алевролиты, туфо-песчаники
A-I	<u>21,5(3)</u> 20,0-23,3	<u>32,9(2)</u> 29,8-36,0	-	-	-	-	<u>24,8(1)</u> -
B-I	-	<u>28,6(10)</u> 17,8-40,3	-	-	-	<u>27,8(1)</u> -	<u>32,6(1)</u> -
B-2	<u>35,9(1)</u>	<u>21,8(1)</u>	-	15,2(1)	-	18,7(1)	-
B-I	<u>25,8(3)</u> 25,2-26,5	<u>19,2(4)</u> 8,9-26,2	<u>15,9(1)</u> 12,1-19,6	-	<u>22,8(1)</u> -	<u>35,5(1)</u> -	<u>18,8(3)</u> 14,2-22,5
B-2	<u>17,1(5)</u> 13,7-19,9	<u>20,8(5)</u> 10,3-36,6	-	<u>19,7(4)</u> 1,8-37,9	-	<u>5,9(1)</u> -	<u>22,4(3)</u> 12,1-35,5
B-3	<u>25,0(3)</u> 20,2-29,8	<u>25,3(2)</u> 22,1-28,4	-	<u>11,2(1)</u> -	<u>25,3(2)</u> 24,7-25,9	-	-
Г-I	-	-	-	-	24,4(1)	12,4(1)	-
Г-2	<u>29,1(6)</u> 10,7-60,9	<u>13,3(7)</u> 4,8-26,4	-	<u>30,0(1)</u> -	<u>23,6(1)</u> -	<u>28,0(2)</u> 27,3-28,7	-

Продолжение табл.28

Группа и подгруппа	Вмещающие породы						
	Интрузивы	Эффузивы	Гнейсы	Кристаллические сланцы, кварциты	Глинистые сланцы	Известняки	Песчаники, алевролиты, туфо-песчаники
Г-3	<u>19,6(8)</u> 11,6-43,6	<u>18,0(6)</u> 6,6-33,1	-	-	-	<u>14,2(2)</u> 5,3-23,1	<u>35,9(1)</u> -
Г-4	<u>7,1(17)</u> 1,4-17,6	<u>10,0(16)</u> 1,5-24,7	<u>3,7(2)</u> 3,3-4,1	<u>8,5(7)</u> 2,2-19,9	-	<u>11,7(1)</u> -	<u>3,7(1)</u> -
Г-5	<u>8,1(11)</u> 4,1-22,6	<u>11,4(8)</u> 4,8-22,6	<u>7,2(3)</u> 6,7-7,4	<u>6,5(1)</u> -	<u>23,6(1)</u> -	<u>8,1(2)</u> 7,3-8,9	-
Исходные образования	<u>5,0(87)</u> 0,3-17,4	<u>7,1(30)</u> 1,1-20,1	<u>7,8(4)</u> 2,6-15,6	<u>3,8(21)</u> 1,5-8,7	<u>9,7(2)</u> 3,7-15,6	<u>6,4(4)</u> 3,3-11,3	<u>2,2(1)</u> -

Поэтому многие исследователи /13,44,80,96/ устанавливают прямую связь трещиноватости и, следовательно, степени вторичного преобразования или как результат этого – пористости пород, с развитием рудных минералов на месторождениях полезных ископаемых, имеющих прежде всего жильный характер. При прочих равных условиях, как утверждают И.И.Орлов и С.В.Николаев /80/, пористость одних и тех же горных пород в зонах тектонических нарушений в 2-2,5 раза больше пористости вмещающих пород. Увеличение пористости пород в пределах тектонических нарушений связано с разрядкой тектонических напряжений, в результате чего имеет место образование многочисленных открытых трещин.

Пористость тектонитов во многом определяется (для всех петрографических типов исходных пород) минералогическими особенностями заполнителя трещин (табл. 29). Происходит закономерное уменьшение пористости от глинистых разновидностей к обломочным в связи с возрастанием плотности материала. Появление рудного компонента сопровождается возрастанием плотности породы и, как следствие этого, пористости.

Галлуазитовые разновидности во всех пробах имеют повышенное значение пористости. Наличие в породе окристого лимонитового вещества также увеличивает пористость. Флюоритизация всегда сопровождается понижением пористости породы. В то же время при развитии процессов карбонатизации и окремнения наблюдалось возрастание величины пористости. Но вполне вероятно, что эти процессы в основном должны приводить к уменьшению пористости, а не к ее увеличению.

В связи с тем, что пористость тектонитов определяется целым рядом факторов (степенью раздробленности породы, наложением вторичных процессов, структурно-текстурными особенностями и т.д.), влияние исходного петрографического состава материнской породы весьма мало.

При повышении в тектоните содержания галлуазита (рис.28,а) пористость увеличивается. Особенно четко связь между показателями фиксируется при наличии в породе свыше 30% галлуазита. В общем же зависимость здесь невысокая, коэффициент корреляции всего 0,59. На изменение величины пористости, особенно при небольших содержаниях галлуазита, оказывает множество других дополнительных факторов – величина плотности, степень монолитности породы и т.д.

Таблица 29

Пористость тектонитов, %

Группа и подгруппа	Минералогическая разновидность	Кол-во проб	Среднее значение	Пределы колебаний	Среднее квадратичное отклонение	Коэффициент вариации, %
А-1	Хлорит-гидрослюдистая	4	22,3	20,0-24,8	1,9	9
	Лимонитовая	1	36,0	-	-	-
	Монтмориллонитовая	1	29,8	-	-	-
Б-1	Хлорит-гидрослюдистая	10	28,7	17,8-40,3	6,9	24
	Лимонитовая	1	33,1	-	-	-
	Тальк-галлуазитовая	1	27,8	-	-	-
Б-2	Хлорит-гидрослюдистая	3	18,6	15,2-21,8	2,7	15
	Галлуазитовая	1	35,9	-	-	-
В-1	Хлорит-гидрослюдистая	5	23,2	18,4-26,2	2,8	12
	Агрегатная	7	20,0	12,1-26,5	5,0	25
	Обломочная	1	8,9	-	-	-
	Рудная	1	35,5	-	-	-
В-2	Хлорит-гидрослюдистая	4	34,3	27,3-37,6	4,1	12
	Агрегатная	9	17,8	14,5-23,7	3,0	17
	Обломочная	4	8,4	1,8-13,7	4,8	57
	Рудная	1	10,3	-	-	-
	Агрегатная	7	25,1	20,2-29,4	3,1	12
В-3	Обломочная	1	12,2	-	-	-
	Агрегатная	1	24,4	-	-	-
Г-1	Рудная	1	12,4	-	-	-
	Агрегатная	1	12,4	-	-	-
Г-2	Галлуазитовая	2	56,7	52,5-60,9	4,2	7
	Тальковая	2	28,0	27,3-28,7	0,7	3
	Агрегатная	9	17,4	11,1-26,4	5,3	30
	Обломочная	3	7,1	4,8-10,7	2,6	37
	Рудная	1	30,0	-	-	-
Г-3	Галлуазитовая	1	43,6	-	-	-
	Агрегатная	13	18,5	11,6-35,9	6,3	34
	Обломочная	1	6,6	-	-	-
	Рудная	2	19,2	5,3-33,1	13,9	72
Г-4	Агрегатная	18	13,8	7,0-24,7	4,5	33
	Обломочная	20	4,8	1,4-9,8	2,3	48
	Флюоритовая	6	4,0	3,0-5,5	0,9	23
Г-5	Тальковая	1	20,9	-	-	-
	Агрегатная	6	15,3	9,9-22,6	4,4	29
	Обломочная	17	5,2	1,4-8,9	2,2	42
	Кремнисто-карбонатная	2	23,1	22,6-23,6	0,5	2

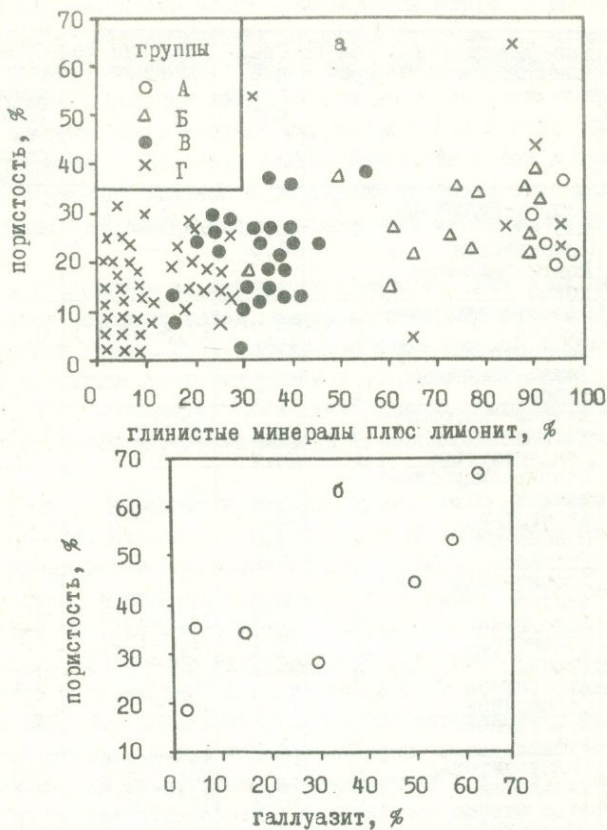


Рис. 28. Изменение общей пористости в зависимости от содержания в тектонитах галуазита (а) и глинисто-лимонитового вещества (б).

Наблюдается общая тенденция к возрастанию пористости с повышением содержания в тектонитах дисперсного глинисто-лимонитового вещества (рис. 28, б). Причем наиболее характерна эта зависимость для тектонитов группы Б и В. С увеличением в породе дисперсного вещества (группа А) происходит в ряде случаев его уплотнение, связанное с образованием ультралимонитовых структур. Эти тектониты слабо подчиняются общей закономерности.

#### Размокание тектонитов

Размокание показывает водостойкость породы, каким образом ведет себя порода при воздействии на нее воды. Для тектонитов, которые представляют собой неравномерные по величине слагающих частиц образования, следует различать две формы поведения их в воде: размокание глинисто-обломочного материала, заполняющего трещины, и размокание крупных твердых частиц.

**Размокание тектонитов.** Для размокания тектонитов, т.е. всей массы породы, отбирались небольшие куски материала, которым придавалась форма приближающаяся к кубической (размер грани приблизительно 2-3 см). Образцы помещались на сетку прибора размокания, заливались водой, после чего фиксировались время и процент размокания. Размокание считалось законченным, если образцы распадались на частицы, более или менее соответствующие в процентном отношении количеству крупнообломочного материала, установленного в процессе гранулометрического анализа.

**Размокание крупных обломков.** Для этой цели использовались частицы породы, представляющие тектоническую брекчию. Бралась образцы изометрической формы с поперечным размером около 2-3 см. Размокание проводилось с попеременным высушиванием и замачиванием в воде частиц. Образцы, предварительно высушенные до постоянной массы, помещались на одни сутки в воду. Затем вновь высушивались, взвешивались и замачивались. Процесс повторялся многократно. При этом образец разрушался, и степень его дезинтеграции фиксировалась по отношению к начальной массе.

Размокание тектонитов - распад на составные части при помещении породы в водную среду. Полное разрушение их происходит в течение нескольких минут - нескольких суток. Установить закономерности размокания тектонитов в зависимости от гранулометрических особен-

ностей не представилось возможным. Лишь образцы тектонитов группы А размокали в течение нескольких минут (обычно не более 30 мин.). Для остальных групп подобной закономерности не обнаружено.

Размокание тектонитов не зависит от характера вмещающих пород, за исключением, может быть, заполнителя трещин из рыхлых песчано-глинистых образований. Но на полноту и время размокания тектонитов большое влияние оказывают минеральные особенности самого заполнителя. Если большинство изученных разновидностей размокает обычно полностью, то галлуазитовые, тальковне и кремнисто-карбонатные тектониты, как правило, частично. Эти минералы упрочают породу, резко повышая истинный гранулометрический состав ее, что не позволяет делать какие-либо выводы о связи размокания с количественным соотношением в породе указанных минералов. Галлуазитовые образцы группы Б, например, размокали на 50-100% за время от 1 до 45 суток. Галлуазит-тальковне образцы группы Г размокали на 1-100% за 1-75 суток. Бполне возможно, что неполное размокание должно наблюдаться и у серицитизированных тектонитов, имеющих фибробластовую структуру, а также флюоритовые или иные разновидности, в которых по сформировавшейся породе развивались вторичные процессы, приведшие к упрочению заполнителя.

Размокание крупных обломков тектонитов отличается большим разнообразием (табл. 30). Отдельные образцы размокали за одни сутки на 100%, другие не размокли совершенно и за 45 суток или же разрушились весьма незначительно.

Размокание образцов возрастает с увеличением количества циклов испытаний, что хорошо иллюстрирует сравнение результатов изучения потери в массе после одного цикла (за одни сутки) и через 45 суток.

Степень размокаемости в общем уменьшается от мелкообломочных разновидностей к крупнообломочным, выделить какую-то приверженность к определенному петрографическому типу вмещающих пород невозможно. Исключение (и то не всегда) составляют тектониты из кварцитов и кристаллических сланцев, из плотных мелкозернистых пород, обладающих невысокой степенью вторичного преобразования.

Образцы агрегатной разновидности, наиболее измененные, а потому менее водостойкие, размокают быстрее и полнее, чем частицы обломочной разновидности. Весьма быстро (за 1 сутки) распадались рудные пробы.

Т а б л и ц а 30

## Размокание обломков тектонитов, %

Исходная порода	Время размокания, сутки	Категория тектонитов							
		Г-2		Г-3		Г-4		Г-5	
		агрегатная	обломочная	агрегатная	обломочная	агрегатная	обломочная	агрегатная	обломочная
Интрузивы	I	<u>100(I)</u>	<u>0.7(I)</u>	<u>3.1(4)</u>	<u>14.0(7)</u>	<u>6.2(I)</u>	<u>4.0(I)</u>	<u>0.1(I)</u>	
	45	-	-	0-6,7	0-73,9	-	-	-	
Эффузивы	I	<u>0(I)</u>	-	<u>8.0(I)</u>	<u>15.6(6)</u>	<u>53.0(8)</u>	<u>2.9(3)</u>	<u>0.2(2)</u>	
	45	<u>0(I)</u>	-	<u>34.2(I)</u>	<u>24.1(6)</u>	<u>14.0(4)</u>	<u>11.3(3)</u>	<u>0.6(2)</u>	
Гнейсы	I	-	-	-	-	<u>7.9(2)</u>	-	<u>0.5(3)</u>	
	45	-	-	-	-	<u>3,5-12,3</u>	-	<u>0-1,4</u>	
						<u>66.6(2)</u>	-	<u>27.5(3)</u>	
						<u>33,2-100</u>		<u>0,6-77,0</u>	

Продолжение табл. 30

Исходная порода	Время раз- мокания, сутки	Категория тектонитов						
		Г-2		Г-3	Г-4		Г-5	
		агрегат- ная	обломоч- ная	агрегат- ная	агрегат- ная	обломоч- ная	агрегат- ная	обломоч- ная
Кристалличес- кие сланцы, квар- циты	I	-	-	-	<u>0.9(I)</u>	<u>0.7(5)</u>	-	<u>0(I)</u>
					-	0,1-1,5		-
	45	-	-	-	<u>1.2(I)</u>	<u>15.2(5)</u>		<u>0.3(I)</u>
					-	0,4-66,0		-
Известняки	I	-	-	<u>0.3(I)</u>	-	-	<u>0(I)</u>	<u>0.2(2)</u>
							-	0 - 0,4
	45	-	-	<u>33.7(I)</u>	-	-	<u>9.3(I)</u>	<u>2.0(2)</u>
				-			-	0 - 4,0

Процент распадаания образцов вмещающих пород от 0 до 100. Средняя величина размокания (по данным изучения 85 проб) составляет 2,7% за 1 сутки; 4,9% за 30 суток и 5,2% за 45 суток.

#### Набухание тектонитов

Тектониты, как это свойственно многим глинисто-обломочным образованиям, набухают при увлажнении. Но в отличие от осадочных пород набухание происходит в ограниченном пространстве, определяемом мощностью зоны дробления. Выход избыточного объема материала, неизбежно возникающего при данном процессе, происходит только в сторону обнаженной части трещины, т.е. на сравнительно небольшом и вытянутом участке разрыва. Если тектоническое нарушение ориентировано перпендикулярно склону, то набухший и выдавленный из трещины материал постепенно открывается и смещается вниз под действием гравитационной сил. При обнажении тектонического нарушения подземной горной выработкой, особенно на рудных месторождениях, когда выработки проходят по зонам дробления, где сосредоточена основная масса полезного ископаемого, могут происходить довольно значительные вывалы материала. При этом захватывается не только заполнитель трещины, но и вмещающие породы, всегда в той или иной степени затронутые трещиноватостью. Подобные вывалы описаны С.В. Николаевым /20/ на месторождениях Северного Таджикистана.

Если тектоническое нарушение с глинисто-древяным заполнителем ориентировано параллельно склону (естественному или искусственному) или под небольшим углом к нему, то могут возникать довольно значительные смещения горных масс: /110/. Развивающееся под действием увлажнения давление набухания может способствовать отрыву значительных участков поверхности склона или откоса.

Набухание тектонитов изучалось на образцах нарушенной структуры при задаваемой начальной влажности (около 5-10%) и объемной массе, соответствующей объемной массе образцов не нарушенного сложения. Влажность и величина набухания определялись на приборах ПНГ, а давление набухания - в компрессионных приборах.

Набухание тектонитов из эффузивных пород, в тонкозернистых образцах, наибольшее по сравнению с другими разностями (табл. 31-34), что объясняется наличием в них монтмориллонита. Слабее всего набухают тектониты из кристаллических сланцев и кварцитов, так как содержат небольшое количество глинистого вещества, сложены эти тек-

Т а б л и ц а 3 I

## Набухание тектонитов из интрузивных пород

Группа и подгруппа тектонитов	Близость набухания. %					Величина набухания. %					Давление набухания. кгс/см <sup>2</sup>				
	Кол-во проб	Среднее значение	Пределы колебаний	Среднее квадратичное отклонение	Коэффициент вариации, %	Кол-во проб	Среднее значение	Пределы колебаний	Среднее квадратичное отклонение	Коэффициент вариации, %	Кол-во проб	Среднее значение	Пределы колебаний	Среднее квадратичное отклонение	Коэффициент вариации, %
A-I	3	48	46-49	1	3	3	28	27-30	1	5	3	6,2	5,0-7,0	0,9	15
B-2	1	28	-	-	-	1	18	-	-	-	1	1,4	-	-	-
B-I	3	26	23-27	2	7	3	20	13-30	2	12	3	2,0	1,5-2,5	0,4	20
B-2	5	28	23-34	4	13	5	19	11-25	6	30	4	1,5	1,3-1,7	0,5	33
B-3	3	26	19-30	5	19	3	12	7-16	4	33	3	0,6	0,5-0,7	0,3	50
Г-2	6	28	14-51	14	48	6	12	6-20	4	35	5	0,6	0,0-1,5	0,5	83
Г-3	7	27	18-38	7	25	7	13	3-24	7	53	1	0,7	-	-	-
Г-4	7	26	18-31	4	16	7	12	4-24	5	41	-	-	-	-	-
Г-5	3	28	23-34	5	16	3	13	5-18	6	43	1	0,2	-	-	-

## Набухание тектонитов из эффузивных пород

Группа и подгруппа тектонитов	Влажность набухания, %					Величина набухания, %					Давление набухания, кгс/см <sup>2</sup>				
	Кол-во проб	Среднее значение	Пределы колебаний	Среднее квадратичное отклонение	Кэф-фици-ент вариации, %	Кол-во проб	Среднее значение	Пределы колебаний	Среднее квадратичное отклонение	Кэф-фици-ент вариации, %	Кол-во проб	Среднее значение	Пределы колебаний	Среднее квадратичное отклонение	Кэф-фици-ент вариации, %
А-1	2	47	45-49	2	4	2	35	26-44	9	26	1	4,8	-	-	-
Б-1	9	33	30-38	2	7	9	23	19-26	2	10	7	2,8	2,2-3,6	0,6	21
Б-2	1	28	-	-	-	1	17	-	-	-	1	2,0	-	-	-
В-1	3	33	25-37	6	17	3	21	14-26	5	23	2	2,4	2,3-2,5	0,1	4
В-2	4	25	13-35	8	33	4	14	7-22	6	46	3	1,5	0,9-2,0	0,4	27
В-3	1	17	-	-	-	1	9	-	-	-	1	1,0	-	-	-
Г-2	4	23	20-27	3	14	4	17	14-19	2	10	4	1,1	0,5-1,5	0,4	36
Г-3	5	17	12-27	5	32	5	7	0-14	5	66	2	0,5	0,4-0,5	0,05	10
Г-4	15	26	16-37	6	23	15	10	3-32	8	84	2	0,2	0,1-0,3	0,1	50
Г-5	7	27	19-35	5	17	7	8	2-16	4	50	-	-	-	-	-

Набухание тектонитов в гнейсах

Т а б л и ц а 33

Группа и подгруппа тектонитов	Влажность набухания, %					Величина набухания, %					Давление набухания, кгс/см <sup>2</sup>				
	Кол-во проб	Среднее значение	Предела колебаний	Среднее квадратичное отклонение	Коэффициент вариации, %	Кол-во проб	Среднее значение	Пределы колебаний	Среднее квадратичное отклонение	Коэффициент вариации, %	Кол-во проб	Среднее значение	Пределы колебаний	Среднее квадратичное отклонение	Коэффициент вариации, %
В-1	2	21	20-22	1	5	2	16	15-17	1	6	2	1,9	1,5-2,3	0,4	21
Г-4	2	22	20-23	2	7	2	5	4-5	1	14	-	-	-	-	-
Г-5	3	28	27-30	1	5	3	3	0-7	3	100	-	-	-	-	-

## Набухание тектонитов из кристаллических сланцев и кварцитов

Группа и подгруппа тектонитов	Влажность набухания, %					Величина набухания, %					Давление набухания, кг/см <sup>2</sup>				
	Кол-во проб	Среднее значение	Пределы колебаний	Среднее квадратичное отклонение	Коэффициент вариации, %	Кол-во проб	Среднее значение	Пределы колебаний	Среднее квадратичное отклонение	Коэффициент вариации, %	Кол-во проб	Среднее значение	Пределы колебаний	Среднее квадратичное отклонение	Коэффициент вариации, %
Б-2	I	24	-	-	-	I	24	-	-	-	I	1,3	-	-	-
В-2	3	24	17-37	9	38	3	9	0-14	7	73	3	0,8	0,1-1,5	0,6	75
В-3	2	23	16-30	7	30	2	8	3-13	5	62	I	0,6	-	-	5
Г-2	I	21	-	-	-	I	II	-	-	-	I	0,6	-	-	-
Г-4	7	22	15-25	3	14	7	7	3-15	4	53	I	0,1	-	-	-
Г-5	I	16	-	-	-	I	I	-	-	-	-	-	-	-	-

тониты преимущественно слабонабухаемой хлорит-гидрослюдистой массой. Кроме того, небольшая степень вторичного изменения и наличие значительного числа обломков исходных пород также обусловили слабую набухаемость заполнителя.

Если сравнивать величины, характеризующие набухаемость тектонитов из различных вмещающих пород, то оказывается, что результаты анализов перекрывают друг друга и различаются, да и то в незначительной степени, только по средним показателям. Коэффициенты вариации часто находятся в пределах выше допустимых норм — более 30%. Кроме того, не исключено, что существуют тектониты, содержащие значительный процент дисперсного материала и в заполнителе трещин из других горных пород, не только из эффузивов. Поэтому удобнее изучать набухаемость тектонитов не по типам вмещающих пород, а по гранулометрическому и минералогическому составам самого заполнителя. Выделенные разновидности тектонитов позволяют получить четкую картину изменения показателей набухания в зависимости от минералогических особенностей заполнителя и размера слагающих его фракций (табл. 35–37).

Наибольшей влажностью набухания характеризуются тектониты тонкодисперсных групп. С по крупнением материала она уменьшается, но не всегда. Влажность набухания тектонитов группы А-I всех минералогических разновидностей приблизительно одинаковая и превышает 45%. В других группах влажность набухания преимущественно уменьшается от хлорит-гидрослюдистой разновидности через лимонитовую и агрегатную к обломочной. Из этой зависимости выпадают пробы, содержащие галлуазит, что связано с высокой пористостью данного минерала и, как следствие, с повышенной его влагоемкостью. Рудные тектониты в основном обладают невысокой влажностью набухания, но присутствие в них глинистых минералов может приводить к повышению рассматриваемого показателя.

Величина набухания наибольшая также у дисперсных образований и с переходом к крупнообломочным разновидностям падает.

Величина набухания в общем уменьшается от хлорит-гидрослюдистых разновидностей к лимонитовой и далее к агрегатной и обломочной. Талько-галлуазитовые разновидности, сложенные слабо набухаемыми минералами, по величине набухания чаще всего располагаются ниже агрегатных. Но наличие их в ряде проб других глинистых минералов, особенно монтмориллонита, может привести к возрастанию величины на-

Таблица 35

Влажность набухания тектонитов, %

Группа и подгруппа	Минералогическая разновидность	Кол-во проб	Среднее значение	Пределы колебаний	Среднее квадратичное отклонение	Коэффициент вариации, %
А-1	Хлорит-гидрослюдистая	3	48	46-49	I	2
	Лимонитовая	I	49	-	-	-
	Монтмориллонитовая	I	45	-	-	-
Б-1	Хлорит-гидрослюдистая	8	33	30-38	2	6
	Лимонитовая	I	31	-	-	-
	Тальк-галлуазитовая	I	46	-	-	-
Б-2	Хлорит-гидрослюдистая	3	27	24-30	3	11
	Галлуазитовая	I	28	-	-	-
В-1	Хлорит-гидрослюдистая	4	31	25-37	5	16
	Агрегатная	4	23	20-27	3	13
	Рудная	I	33	-	-	-
В-2	Хлорит-гидрослюдистая	3	31	22-37	7	23
	Агрегатная	7	25	17-34	5	20
	Обломочная	3	20	16-23	3	15
	Рудная	I	13	-	-	-
В-3	Агрегатная	5	23	17-30	5	22
	Обломочная	I	33	-	-	-
Г-1	Агрегатная	I	22	-	-	-
	Рудная	I	12	-	-	-
Г-2	Галлуазитовая	2	45	39-51	6	13
	Тальковая	2	27	26-28	4	4
	Агрегатная	8	22	16-31	5	23
	Обломочная	I	14	-	-	-
	Рудная	I	21	-	-	-
Г-3	Галлуазитовая	I	38	-	-	-
	Агрегатная	II	23	13-32	6	26
	Обломочная	I	12	-	-	-
	Рудная	I	14	-	-	-
Г-4	Агрегатная	19	25	15-32	5	20
	Обломочная	13	24	18-30	3	13
Г-5	Тальковая	I	26	-	-	-
	Агрегатная	6	27	23-34	3	11
	Обломочная	8	24	16-30	5	21

Таблица 36

Величина набухания, %

Группа и подгруппа	Минералогическая разновидность	Кол-во проб	Среднее значение	Пределы колебаний	Среднее квадратичное отклонение	Коэффициент вариации, %
А-1	Хлорит-гидрослюдистая	3	28	27-30	I	4
	Лимонитовая	I	26	-	-	-
	Монтмориллонитовая	I	44	-	-	-
Б-1	Хлорит-гидрослюдистая	8	23	19-26	2	9
	Лимонитовая	I	21	-	-	-
	Тальк-галлуазитовая	I	18	-	-	-
Б-2	Хлорит-гидрослюдистая	3	16	14-18	2	13
	Галлуазитовая	I	18	-	-	-
В-1	Хлорит-гидрослюдистая	4	19	13-26	5	26
	Агрегатная	4	16	15-30	I	6
	Рудная	I	27	-	-	-
В-2	Хлорит-гидрослюдистая	3	14	9-19	4	29
	Агрегатная	7	18	8-25	6	33
	Обломочная	3	II	3-18	6	55
	Рудная	I	7	-	-	-
В-3	Агрегатная	5	12	7-16	3	25
	Обломочная	I	13	-	-	-
Г-1	Агрегатная	I	9	-	-	-
	Рудная	I	17	-	-	-
Г-2	Галлуазитовая	2	12	II-12	I	8
	Тальковая	2	13	10-16	3	23
	Агрегатная	8	16	II-20	3	19
	Обломочная	1	6	-	-	-
	Рудная	I	II	-	-	-
Г-3	Галлуазитовая	I	24	-	-	-
	Агрегатная	II	II	3-16	4	36
	Обломочная	I	7	-	-	-
	Рудная	I	10	-	-	-
Г-4	Агрегатная	19	9	3-15	3	33
	Обломочная	13	6	3-8	2	33
Г-5	Тальковая	I	15	-	-	-
	Агрегатная	6	6	2-9	3	50
	Обломочная	8	5	0-9	3	60

Таблица 37

Давление набухания тектонитов, кгс/см<sup>2</sup>

Группа и подгруппа	Минералогическая разновидность	Кол-во проб	Среднее значение	Пределы колебаний	Среднее квадратичное отклонение	Коэффициент вариации, %
А-1	Хлорит-гидрослюдистая Лимонитовая	3	6,2	5,0-7,0	0,9	15
		1	4,8	-	-	-
Б-1	Хлорит-гидрослюдистая Тальк-галлуазитовая	7	2,8	2,2-3,6	0,7	25
		1	0,5	-	-	-
Б-2	Хлорит-гидрослюдистая Галлуазитовая	3	1,6	1,3-2,0	0,3	19
		1	1,4	-	-	-
В-1	Хлорит-гидрослюдистая Агрегатная Рудная	3	2,3	2,0-2,5	0,2	9
		4	1,0	0,3-1,5	0,6	60
		1	1,3	-	-	-
В-2	Хлорит-гидрослюдистая Агрегатная Оолочная	3	1,7	1,5-2,0	0,3	18
		7	1,2	0,7-1,7	0,3	25
		1	0,7	-	-	-
В-3	Агрегатная Обломочная	5	0,7	0,5-1,0	0,2	29
		1	0,6	-	-	-
Г-1	Агрегатная	1	1,7	-	-	-
Г-2	Галлуазитовая Тальковая Агрегатная Рудная	2	0,1	0,0-0,2	0,1	100
		2	0,5	0,4-0,6	0,1	20
		8	0,6	0,5-0,7	0,1	17
		1	0,3	-	-	-
Г-3	Галлуазитовая Агрегатная	1	0,7	-	-	-
		2	0,5	0,4-0,5	0,1	20
Г-4	Агрегатная	3	0,2	0,1-0,3	0,1	50
Г-5	Тальковая	1	0,2	-	-	-

бухания и в тальк-галлуазитовых разностях. Рудные тектониты чаще всего имеют высокую степень набухаемости в отличие от обломочных, что также связано с наличием в них свободного и дисперсного вещества.

Давление набухания наибольшее в тектонитах группы А и наименьшее в самых обломочных образцах, принадлежащих группе Г. Давление набухания уменьшается и довольно резко с возрастанием в породе обломочного компонента, особенно неизмененных обломков исходных пород.

Наибольшая величина давления набухания характеризует тектониты галлуазит-тальковой разновидности, содержащие слабо набухающие минералы.

Набухание горных пород связано со степенью их дисперсности /100/, т.е. с содержанием в породе глинистых частиц, имеющих высокую удельную поверхность. Сопоставление набухания тектонитов с содержанием в них глинистой фракции показало тесную связь между сравниваемыми показателями (рис. 29,а). Но четкая зависимость дисперсности и набухания прослеживается только в мелкозернистых разностях, принадлежащих группам А,Б и В. В образцах группы Г, где преобладают крупнообломочные фракции, такой зависимости или нет, или она выражена слабо. Влажность набухания тектонитов группы Г занимает хаотическое поле, не имеющее связи с содержанием пелитовой фракции, т.е. при содержании пелитового материала менее 10-15% практически не происходит изменения набухаемости породы, носящего направленный характер. В данном случае на величину набухания влияние оказывает не столько дисперсность породы, сколько другие факторы, среди которых, по-видимому, существенное место занимает минеральный состав тектонитов.

С возрастанием содержания в тектонитах группы Г глинистой фракции происходит увеличение давления набухания, но эта закономерность выражается слабее, чем для группы А,Б и В. Для мелкозернистых тектонитов, объединенных в первые три группы, связь между влажностью, набуханием и содержанием глинистой фракции может быть описана слабо выраженной кривой линией (см. рис. 29,а). Коэффициент корреляции в первом случае (если принять, с небольшой степенью искажения, что связь между показателями прямолинейна) равен 0,81, а во втором - 0,69. Связь между давлением набухания и содержанием фракции мень-

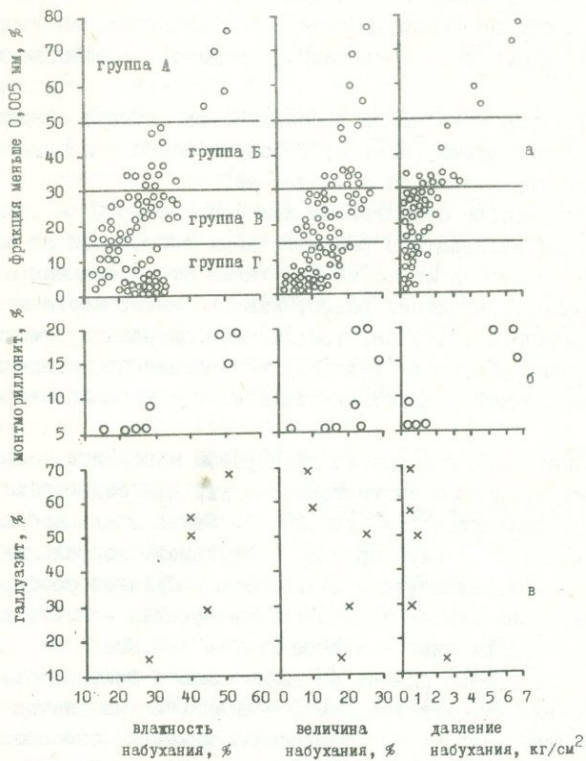


Рис. 29. Зависимость набухания тектонитов от содержания пелитовой фракции (а), монтмориллонита (б) и галуазита (в).

ше 0,005 мм прямая, коэффициент корреляции между показателями составляет 0,91. Сопоставление параметров проводилось почти для всех минералогических разновидностей, за исключением галлуазитовой и тальковой. Так как точный гранулометрический анализ их невозможен, образцы данных разновидностей показывают довольно значительный разброс точек, часто не вписывающихся в выявленную закономерность. Поэтому подобные пробы были исключены из подсчета коэффициента корреляции.

Пелитовая фракция тектонитов в большинстве случаев представлена хлоритом и гидрослюдами, поэтому с возрастанием в породе суммы данных минералов увеличивается и набухание.

Небольшое количество существенно лимонитовых проб, а также невысокое содержание каолинита в рассмотренных тектонитах не позволили установить четкую зависимость набухания от содержания в породе данных минералов. Вероятнее всего, как это имеет место и в связанных грунтах осадочного генезиса, увеличение содержания лимонита и каолинита несколько уменьшает величину и давление набухания по сравнению с хлоритовыми, гидрослюдистыми и монтмориллонитовыми разностями.

Монтмориллонит, являясь высоко дисперсным минералом, способствует возрастанию набухаемости тектонитов, уже при содержании в породе 5-10% монтмориллонита (см. рис.29,б). Связь между набуханием и содержанием монтмориллонита прямая. Коэффициент корреляции между количеством монтмориллонита и влажностью набухания составляет 0,90, между монтмориллонитом и величиной набухания - 0,71, давлением набухания и содержанием монтмориллонита - 0,90.

Галлуазит своеобразно влияет на набухаемость тектонитов, причем это воздействие чувствуется при содержании в тектонитах не менее 10% галлуазита. Галлуазит - влагоемкий минерал, способствует возрастанию влажности набухания породы (рис. 29,в). Коэффициент корреляции 0,70.

Одновременно галлуазит является слабо набухающим минералом, поэтому чем выше его содержание в породе, тем меньше в нем развиты другие минералы, содействующие набухаемости тектонитов. По этой причине с возрастанием в тектонитах галлуазита наблюдается уменьшение величины и давления набухания. Коэффициент корреляции в первом случае составляет 0,43, во втором - 0,86.

При условии набухания всей или значительной части поверхности тектонической трещины развивается довольно существенное давление

на горные породы, что способствует ослаблению прочности всего массива и возникновению оползне-обвальных смещений. Можно привести несколько примеров, характеризующих величину давления, оказываемого заполнителем тектонических трещин на окружающие породы в горных выработках. Так, например, площадь поверхности тектонического нарушения, по которому произошел один из оползней на Маканском карьере (Южный Урал), равна  $2800 \text{ м}^2$ . Давление набухания заполнителя, отобранного из этого нарушения, достигает  $1,2 \text{ кгс/см}^2$  или  $12 \text{ тс/м}^2$ . Следовательно, при насыщении водой всей площади тектонической трещины развивающееся давление могло достичь значительной величины -  $33\ 600 \text{ тс}$ .

Площадь одного из оползней на Бурибаевском карьере Южного Урала равна приблизительно  $3500 \text{ м}^2$ . Величина давления увлажненных тектонитов по всей поверхности трещин -  $52\ 500 \text{ тс}$  (давление набухания, установленное лабораторным путем, равно  $15 \text{ тс/м}^2$ ).

В одной из шахт Карамазара (Таджикистан) давление набухания тектонитов из фельзит-порфиров составляет  $55 \text{ тс/м}^2$ . В результате увлажнения заполнителя произошел вывал породы. Площадь вывала по тектонической трещине примерно  $12 \text{ м}^2$ . Следовательно, давление на вмещающую породу и на крепление выработки в момент максимального водонасыщения тектонита достигло  $660 \text{ тс}$ .

Давление, развивающееся при насыщении водой тектонитов, значительно увеличивает напряженное состояние горного массива, что приводит к концентрации напряжений в отдельных участках. Там, где сосредотачиваются ослабленные зоны, отмечается отрыв блока горных пород. Кроме того, следует учитывать, что насыщение водой тектонического нарушения происходит не по всей площади трещины, а по отдельным ее участкам. В результате этого возникает сложное перераспределение напряжений, что создает условия для нарушения равновесного состояния горного массива, ограниченного тектоническим нарушением, и может вызывать смещения блоков горных пород. Такие смещения, вероятно, могут происходить не только тогда, когда тектоническое нарушение открывается в выработанное пространство, но и когда оно ориентировано параллельно или под острым углом к откосу и располагается вблизи земной поверхности.

Для того чтобы избежать нарушения устойчивости, которое может возникнуть при насыщении тектонитов водой в результате разгития давления набухания, следует предупреждать поступление воды в тектоническую трещину. При этом наиболее действенными мероприятиями

следует считать правильно поставленные дренажные работы, экранизацию поверхности трещин водоизолирующими материалами, разгрузку напорных вод, движущихся по трещине и создающих дополнительные напряжения, инъекцию различных веществ, которые могут связать глинистый заполнитель и превратить его в более прочный и слабо набухающий.

Таким образом, давление набухания значительно влияет на устойчивость горных выработок, что следует учитывать при проектировании сооружений того или иного плана. Особенно важно учитывать давление набухания при проходке подземных горных выработок, поскольку в зависимости от гранулометрического и минералогического состава тектонитов, может развиваться значительное давление на крепь, выбор которой следует связывать с особенностями заполнителя трещин.

#### Фильтрационная способность тектонитов

Гидротермальные растворы или грунтовые воды в трещинах, развитых в скальных массивах, движутся преимущественно по наиболее раздробленной части трещин, где создаются благоприятные условия для перемещения жидкостей. Дисперсные, глинистые тектониты во многих случаях являются преградой для движущихся жидкостей. Поэтому могут возникнуть такие условия, когда жидкость окажется способной перемещаться только по одной стороне трещины, оставляя безводной другую ее часть, экранированную тонкораздробленным материалом. Поэтому естественно ожидать различной степени изменения пород по разные стороны от "прослоя" дисперсного глинистого тектонита. Возможность проникновения жидкости по самому глинистому заполнителю зависит от крупности слагающих его частиц, от текстурно-структурных особенностей, от состава глинистых минералов и т.д.

Фильтрационная способность мелкозернистых тектонитов изучалась на пяти образцах из месторождения Карамазар (Таджикистан) в приборах Ф-1 м. Фильтрация крупнообломочных тектонитов пока не изучена из-за трудности отбора пригодных для испытаний монолитов. Коэффициент фильтрации тектонитов группы А и Б по падению трещины, по сланцеватости, изменяется от 0,226 до 0,128 м/сутки. Его уменьшение связано с возрастанием в породе глинистого материала (текстура пород во всех рассмотренных примерах одинаковая - сланцева-

тая. Состав глинистых минералов близок). Коэффициент фильтрации образца, отобранного в направлении, перпендикулярном станкам трещин, равен 0,017 м/сутки (на порядок ниже).

Попавшая в дисперсный тектонит вода перемещается в первую очередь по сланцеватости. И только при насыщении породы водой и соответствующем градиенте давления она двигается перпендикулярно падению трещин. Поэтому степень вторичного изменения, а также свойства пород по разные стороны глинистого заполнителя могут оказаться разными. Тектониты способны экранировать передвигающиеся в трещине растворы, что приводит к отложению рудных минералов по одну только сторону трещины. Являясь дисперсными образованиями, тонкозернистые разности тектонитов, в соответствующих условиях экранируют, по-видимому, и нефтяные залежи, препятствуя распространению нефти и газа за пределы тектонического нарушения.

#### Пластичные свойства тектонитов

Одним из важных показателей свойств связных грунтов является их пластичность. Граничные точки влажностей, которые характеризуют интервал проявления пластичных свойств породы, служат границами переходов ее из твердого состояния в пластичное и затем в текучее. При насыщении породы водой и достижении нижнего предела пластичности развиваются, при соответствующем внешнем давлении, необратимые деформации, связанные с изменением формы породы. При продолжающемся увлажнении происходит значительное ослабление молекулярных связей между минеральными частицами, резко снижаются сдвиговые характеристики, порода разжижается и переходит в текучее состояние. Если же этот процесс развивается в замкнутом объеме, который представляет собой тектоническое нарушение, то в блоке породы, ограниченном разломом и земной поверхностью, устойчивое равновесие горного массива может нарушиться. Силы сдвижения в определенный момент превзойдут силы сцепления и трения, и блок горных пород сместится. Таким путем возникает в горном массиве оползне-обвальные явления. Момент их зарождения, видимо, соответствует увлажнению заполнителя тектонических нарушений до влажности нижнего предела пластичности.

Кроме того, при воздействии на заполнитель воды происходит его набухание, сопровождающееся развитием значительного давления на стенки трещин. Это давление также должно способствовать ослабле-

нию сил, удерживающих массив в равновесии. Но величина давления, величина влажностей, соответствующих пределам пластичности, определяются многими факторами, из которых основную роль играет гранулометрический состав и минералогические особенности глинисто-обломочных пород.

Нижний предел пластичности изучался методом раскатывания образцов тектонитов в шпур, а верхний — по методу Васильева, с помощью балансирного конуса.

Изучение пластичных свойств тектонитов показало слабую их связь с характером вмещающих пород. Поэтому в дальнейшем рассматривается изменение пластичности в зависимости от их размерности, минералогических особенностей и суммарно для всех типов исходных образований.

Предел текучести (табл. 38) тектонитов колеблется от II до 58%. Наибольшие его значения характерны для дисперсных тектонитов, составляющих группы А и Б. На тесную связь этого показателя с дисперсностью породы указывал Е.М.Сергеев /99/, рассматривая связные грунты. Подобная зависимость выдерживается и для тектонитов.

В группе А предел текучести не допускался нигде ниже 37%, в группе Б — 31%. Наблюдается уменьшение данной величины от хлорит-гидрослюдистых разновидностей к лимонитовой, что связано с уменьшением дисперсности пород (у лимонита она ниже, чем у глинистых минералов) и с различной способностью их адсорбировать воду. Большое количество в лимонитовых образцах глинистых минералов, особенно присутствие в них монтмориллонита, не позволяет проследить изменение предела текучести для более или менее чистых разновидностей, сложенных преимущественно гидроокислами железа. Наличие галлуазита в тектонитах приводит к значительному увеличению предела текучести.

В группе В предел текучести колеблется от 20 до 30%, причем эта величина уменьшается от хлорит-гидрослюдистой разновидности к агрегатной и далее к обломочной, что связано с понижением в тектонитах роли глинистых минералов. Рудные разновидности, если в них наблюдается достаточное количество глинистых минералов, имеют довольно значительный предел текучести; если же резко преобладают сульфиды или другие рудные компоненты, то величина предела текучести падает.

Таблица 38

## Предел текучести тектонитов, %

Группа и подгруппа	Минералогическая разновидность	Кол-во проб	Среднее значение	Пределы колебаний	Среднее квадратичное отклонение	Коэффициент вариации, %
А-1	Хлорит-гидрослюдистая	4	48	37-54	7	15
	Лимонитовая	1	45	-	-	-
	Монтмориллонитовая	2	45	39-51	6	13
Б-1	Хлорит-гидрослюдистая	8	36	31-44	4	11
	Лимонитовая	1	33	-	-	-
	Тальк-галлуазитовая	1	58	-	-	-
Б-2	Хлорит-гидрослюдистая	3	37	36-38	1	3
	Галлуазитовая	1	40	-	-	-
В-1	Хлорит-гидрослюдистая	5	34	30-36	2	6
	Агрегатная	5	28	26-29	1	4
	Рудная	1	30	-	-	-
В-2	Хлорит-гидрослюдистая	3	29	26-33	4	14
	Агрегатная	9	26	19-33	4	15
	Обломочная	1	21	-	-	-
	Рудная	1	11	-	-	-
В-3	Агрегатная	6	23	19-29	3	13
	Обломочная	1	20	-	-	-
Г-1	Агрегатная	1	18	-	-	-
Г-2	Галлуазитовая	2	49	41-57	8	16
	Тальковая	2	30	28-32	3	10
	Агрегатная	8	22	18-30	3	14
	Рудная	1	24	-	-	-
Г-3	Галлуазитовая	1	39	-	-	-
	Агрегатная	5	20	16-24	3	15
	Обломочная	1	16	-	-	-
	Рудная	1	16	-	-	-
Г-4	Агрегатная	2	19	17-20	3	16
Г-5	Тальковая	1	32	-	-	-
	Кремнисто-карбонатная	1	13	-	-	-

Таблица 39

## Предел раскатывания тектонитов, %

Группа и подгруппа	Минералогическая разновидность	Кол-во проб	Среднее значение	Пределы колебаний	Среднее квадратичное отклонение	Коэффициент вариации, %
А-1	Хлорит-гидрослюдистая	4	21	18-23	2	11
	Лимонитовая	1	21	-	-	-
	Монтмориллонитовая	2	18	13-23	5	28
Б-1	Хлорит-гидрослюдистая	8	19	13-24	3	16
	Лимонитовая	1	15	-	-	-
	Тальк-галлуазитовая	1	41	-	-	-
Б-2	Хлорит-гидрослюдистая	3	21	20-23	1	5
	Галлуазитовая	1	25	-	-	-
Б-1	Хлорит-гидрослюдистая	5	20	16-23	3	15
	Агрегатная	5	16	15-17	1	6
	Рудная	1	17	-	-	-
Б-2	Хлорит-гидрослюдистая	3	18	16-21	3	17
	Агрегатная	9	16	12-22	3	19
	Обломочная	1	13	-	-	-
	Рудная	1	7	-	-	-
Б-3	Агрегатная	6	15	11-20	3	20
	Обломочная	1	13	-	-	-
Г-1	Агрегатная	1	12	-	-	-
Г-2	Галлуазитовая	2	38	25-50	12	32
	Тальковая	2	22	19-25	3	14
	Агрегатная	8	15	12-21	3	20
	Рудная	1	16	-	-	-
Г-3	Галлуазитовая	1	28	-	-	-
	Агрегатная	5	14	10-19	3	21
	Обломочная	1	13	-	-	-
	Рудная	1	12	-	-	-
Г-4	Агрегатная	2	15	13-17	2	13
Г-5	Тальковая	1	23	-	-	-
	Кремнисто-карбонатная	1	13	-	-	-

Т а б л и ц а 40

Число пластичности тектонитов, %

Группа и подгруппа	Минералогическая разновидность	Кол-во проб	Среднее значение	Пределы колебаний	Среднее квадратичное отклонение	Коэффициент вариации, %
А-1	Хлорит-гидрослюдистая	4	27	19-31	5	19
	Лимонитовая	1	16	-	-	-
	Монтмориллонитовая	2	27	26-28	1	4
Б-1	Хлорит-гидрослюдистая	8	17	12-22	2	12
	Лимонитовая	1	18	-	-	-
	Тальк-галлуазитовая	1	17	-	-	-
Б-2	Хлорит-гидрослюдистая	3	16	15-16	1	6
	Галлуазитовая	1	15	-	-	-
В-1	Хлорит-гидрослюдистая	5	14	12-15	1	7
	Агрегатная	5	12	9-13	1	8
	Рудная	1	13	-	-	-
В-2	Хлорит-гидрослюдистая	3	11	10-12	1	9
	Агрегатная	9	10	7-11	1	10
	Обломочная	1	8	-	-	-
	Рудная	1	4	-	-	-
В-3	Агрегатная	6	8	6-9	1	12
	Обломочная	1	7	-	-	-
Г-1	Агрегатная	1	6	-	-	-
Г-2	Галлуазитовая	2	11	7-16	4	36
	Тальковая	2	8	7-9	1	12
	Агрегатная	8	7	4-9	1	14
	Рудная	1	8	-	-	-
Г-3	Галлуазитовая	1	11	-	-	-
	Агрегатная	5	6	5-7	1	17
	Обломочная	1	3	-	-	-
	Рудная	1	4	-	-	-
Г-4	Агрегатная	2	4	3-4	1	25
Г-5	Тальковая	1	9	-	-	-
	Кремнисто-карбонатная	1	0	-	-	-

В группе Г предел текучести тектонитов в общем меньше, чем в предыдущей категории. Здесь также происходит уменьшение показателя от агрегатной разновидности к обломочной. Наличие галлуазита всегда способствует возрастанию предела текучести, а тальк — уменьшению. Присутствие во всех рассмотренных тальковых разностях других, более пластичных глинистых минералов увеличивает предел текучести тектонитов.

Для предела раскатывания не установлена четкая зависимость показателя от гранулометрического и минералогического состава заполнителя. В общем, происходит уменьшение его с по крупнением материала и с уменьшением в породе глинистых минералов, хотя данная зависимость не всегда четкая (табл. 39). Для галлуазитовых проб характерно повышенное значение предела раскатывания.

Число пластичности более четко, чем пределы, связано с дисперсностью породы и ее минеральными особенностями (табл. 40). Наиболее пластичны тектониты группы А, число пластичности которых обычно превосходит 20%. Такие тектониты, по строительной классификации, относятся к глинам.

Тектониты группы Б в основном относятся (по строительным нормам) к тяжелым суглинкам. Число пластичности находится преимущественно в пределах от 15 до 20. Наблюдается некоторое уменьшение числа пластичности от хлорит-гидрослюдистой разновидности к галлуазитовой.

В группе В число пластичности уменьшается от первой подгруппы к третьей (в пределах одной минералогической разновидности), а также от хлорит-гидрослюдистой разновидности, к агрегатной и далее к обломочной, т.е. в направлении уменьшения степени вторичного преобразования тектонитов.

Тектониты группы В могут быть отнесены к суглинкам.

Для тектонитов группы Г характерно дальнейшее уменьшение числа пластичности от мелкозернистых подгрупп к крупнообломочным и в связи с возрастанием в породе роли неизмененных обломков. Галлуазитовые разновидности имеют наибольшее значение показателя. Проба кремнисто-карбонатной разновидности не обладает пластичными свойствами, поскольку сложена она минералами, не проявляющими пластическую деформацию при насыщении их водой.

В связи с тем что дисперсность частиц оказывает существенное влияние на пластичные свойства породы, сделана попытка выявить зависимость изменения пластичности от содержания глинистой фракции (рис. 30)

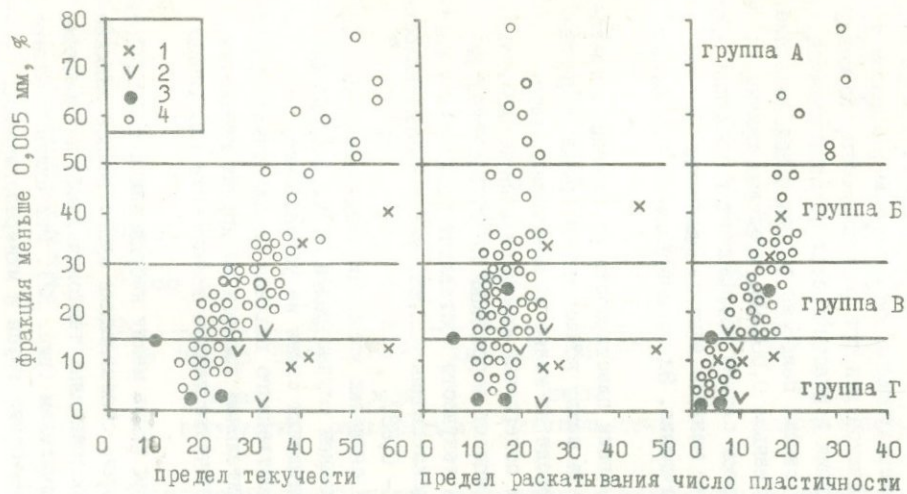


Рис. 30. Изменение пластичности тектонитов в зависимости от содержания глинистой фракции. Минералогические разновидности: I - галлуазитовая; 2 - тальковая; 3 - рудная; 4 - все прочие.

ции (рис. 30). С возрастанием количества глинистого компонента наблюдается увеличение и пластичности. Это характерно для всех гранулометрических групп тектонитов и большинства минералогических разновидностей. Исключение составляют тальковые, галлуазитовые и рудные пробы, характеризующиеся значительным разбросом точек. Если исключить из расчетов эти три разновидности, то между содержанием глинистой фракции и пластичностью устанавливается прямая и довольно хорошая связь. Наиболее тесная связь выявлена между содержанием фракции меньше 0,005 мм, пределом текучести и числом пластичности. В первом случае коэффициент корреляции 0,88, во втором - 0,93. Несколько меньшее влияние глинистая фракция оказывает на предел раскатывания. Здесь коэффициент корреляции составляет всего 0,58.

Установлено также изменение пластичности от наличия в тектонитах монтмориллонита. Связь между компонентами прямая и фиксируется при содержании в породе не менее 5% монтмориллонита (рис. 31, а). С увеличением содержания монтмориллонита пластичные свойства возрастают. Коэффициент корреляции между содержанием монтмориллонита и пределом текучести составляет 0,84; между монтмориллонитом и пределом раскатывания - 0,63, между монтмориллонитом и числом пластичности - 0,83.

Галлуазит способствует снижению числа пластичности (рис. 31, б). Коэффициент корреляции в данном случае равен 0,79. С пределом текучести и с пределом раскатывания связи не установлено.

Тальк не оказывает существенного влияния на пластичные свойства. Роль его весьма незначительна, примесь же других глинистых минералов всегда снижает значение талька в изменении пластичных свойств тектонитов.

Намечается весьма тесная связь между набуханием и пластичностью, т.е. между двумя показателями, оказывающими существенное влияние на устойчивость массивов, осложненных тектоническими нарушениями с глинисто-обломочным заполнителем (рис. 32). Эти связи прослеживаются для всех гранулометрических групп и минералогических разновидностей, за исключением тальковой и галлуазитовой (табл. 41).

Установление довольно тесной связи между показателями (за исключением случаев, когда сравнивался предел раскатывания) позволяет, используя методы математической статистики, определять эмпирически те или иные значения набухания и пластичности по имеющимся

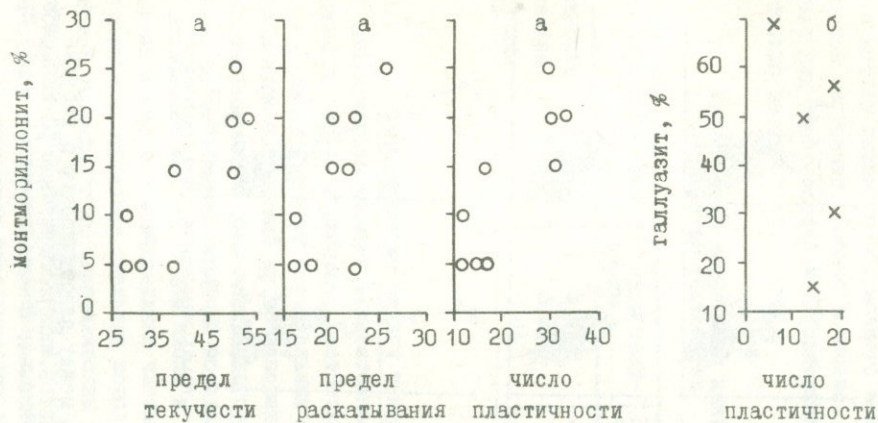


Рис. 31. Зависимость пластичности тектонитов от содержания монтмориллонита (а) и галлуазита (б).

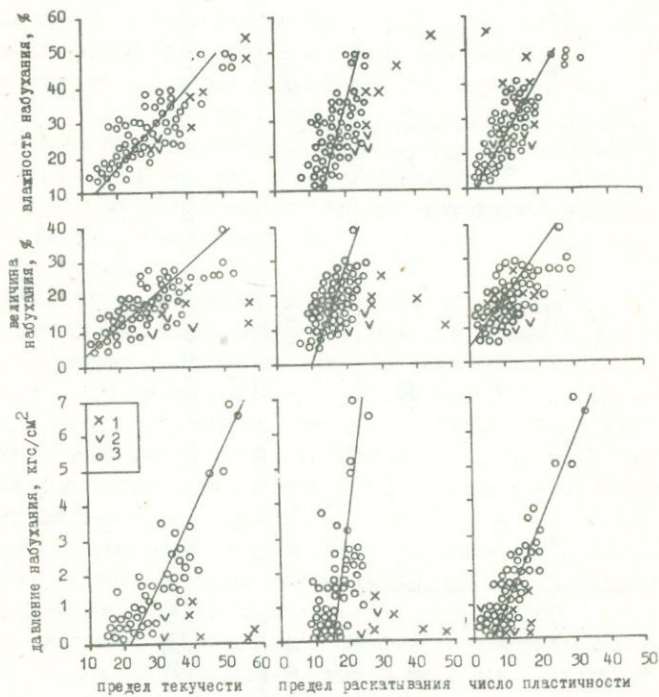


Рис. 32. Зависимость между пластичностью и набуханием тектонитов. Минералогические разновидности: 1 - галлуазитовая; 2 - тальковая; 3 - все прочие.

данным. Это может значительно сократить время анализирования, с одной стороны. С другой — при малом количестве заполнителя, когда имеется возможность определить только один какой-то показатель, рассчитать другие, и таким образом дать более полную характеристику глинисто-обломочного материала, заполняющего тектоническое нарушение. Вполне возможно, что уравнения связи, выявленные для минералогических разновидностей, будут между собой несколько различаться.

Т а б л и ц а 42

Коэффициент корреляции между набуханием и пластичностью тектонитов

Параметры набухания	Предел текучести	Предел раскатывания	Число пластичности
Влажность	0,85	0,67	0,84
Величина	0,85	0,73	0,81
Давление	0,84	0,53	0,92

#### Сопротивление сдвигу тектонитов

Основными расчетными показателями, используемыми при проектировании горных выработок, построении устойчивых бортов карьеров и откосов и других строительных мероприятий, связанных с размещением сооружений на трещиноватых скальных массивах, являются сцепление и угол внутреннего трения, определяемые не только по вмещающим, типичным породам, но и по зонам наибольшего ослабления любого, в том числе и тектонического, генезиса. В связи с тем что значительная часть нарушений устойчивости как естественных массивов скальных пород, так и искусственных выработок происходит по тектоническим разломам, выполненным глинисто-обломочным заполнителем /36,63,110/, изучение сопротивления сдвигу тектонитов является одной из первостепенных задач при оценке инженерно-геологических условий местности под строительством /50/.

Сопротивление сдвигу определялось на сдвиговых приборах системы "Гидропроект" методом одноплоскостного среза на образцах нарушенного сложения и при задаваемых влажностях и объемной массе, соответствующей объемной массе естественного образца. Для выявления динамики поведения материала при увлажнении тектониты испытывались на сопротивление сдвигу при различных влажностях. Так как критическими точками перехода породы из одной консистенции в другую являются пределы пластичности, то каждый образец тектонитов обязательно анализировался при влажности раскатывания и текучести. Вертикальная нагрузка соответствовала 1, 2 и 3 кгс/см<sup>2</sup>. Анализ проводился по схеме неконсолидированного сдвига без предварительного уплотнения. В природных условиях это соответствует работе породы под действием собственного веса - в карьерах, откосах насыпей, на оползневых склонах и т.д. /103/.

Результаты анализов сдвига тектонитов из различных вмещающих пород при влажностях пределов пластичности приведены в табл. 42.

Наблюдается значительный разброс сдвиговых показателей при одной и той же влажности для тектонитов, отобранных из однотипных исходных образований. Это связано с колебаниями величин влажности пределов пластичности, которые в свою очередь обуславливаются гранулометрическими и минералогическими особенностями заполнителя. Одинаковое значение сцепления и угла внутреннего трения можно ожидать в тектонитах из различных вмещающих пород, но имеющих приблизительно одинаковый зернистый и минеральный состав.

Табл. 42 показывает изменение сцепления и угла внутреннего трения в зависимости от влажности тектонитов. С увеличением влажности уменьшаются, порой весьма существенно, сдвиговые показатели породы. Факт изменения сцепления и угла внутреннего трения от влажности в рыхлых осадочных породах общеизвестен. Б.А. Приклонский /89/ указывал, что сопротивление сдвигу в сильно увлажненных глинистых массах может падать практически до нуля. Высоким сцеплением характеризуется порода с малой влажностью. Н.Н. Маслов /69/, приводит графики изменения сцепления и угла внутреннего трения от влажности. По свидетельству Р.Э. Грима /25/, сопротивление сдвигу глинистых грунтов находится примерно в логарифмической зависимости от содержания в них влаги.

Г.Л. Фисенко /110/, изучая устойчивость бортов карьеров, приходит к выводу, что по тектоническим нарушениям, заполненным истертым глинистым материалом и насыщенной водой, коэффициент внут-

ренного трения значительно снижается по сравнению с трением по другим направлениям. По трещинам большого протяжения величина

Т а б л и ц а 42

Сцепление и угол внутреннего трения тектонитов при влажностях пределов пластичности

Вмещающая порода	Кол-во проб	Предел раскатывания		Предел текучести	
		Сцепление, кгс/см <sup>2</sup>	Угол внутреннего трения, градусы	Сцепление кгс/см <sup>2</sup>	Угол внутреннего трения, градусы
Граниты, гранодиориты	6	0,06-0,52	18-27	0,01-0,20	8-22
Сиениты	15	0,11-0,60	9-32	0,00-0,13	0-25
Габбро-диориты	1	0,32	19	0,08	10
Диабазы, диабазовые порфириты, спилиты	16	0,15-0,90	8-35	0,01-0,27	1-30
Кварцевые порфириты, фельзит-порфириты, альбитофириты	13	0,13-0,62	9-34	0,04-0,15	0-28
Андезитовые порфириты	1	0,61	15	0,10	4
Туфы андезитовых порфиритов	2	0,21-0,30	13-25	0,03-0,10	5-14
Гнейсы	2	0,31-0,80	16-22	0,08-0,15	8-10
Кристаллические сланцы	4	0,17-0,66	20-28	0,05-0,11	8-24
Кварциты	3	0,10-0,20	10-26	0,01-0,04	5-25
Глинистые сланцы	3	0,12-0,24	23-26	0,00-0,05	15-23
Известняки	9	0,25-0,46	9-25	0,06-0,11	2-18

сцепления незначительна и изменяется от 1,8 до 0,2 кгс/см<sup>2</sup>. Величина внутреннего трения зависит от шероховатости поверхности, по которой происходит сдвиг; шероховатость в свою очередь определяется минеральным и гранулометрическим составом породы. Чем больше обломочной и чем меньше глинистой фракций, тем выше шероховатость поверхностей скольжения и, следовательно, величина коэффициента трения. У более влажных пород угол внутреннего трения получается меньшим; характеризующей фракцией, которая определяет его величину, является фракция меньше 0,005 мм.

Продоланные сдвиговые испытания тектонитов, осуществленные при различных влажностях пород, показали уменьшение величин сцепления и угла внутреннего трения при повышении влажности. Эта зависимость характерна для всех гранулометрических групп и минералогических разновидностей тектонитов (рис. 33).

Общим для всех образцов является уменьшение угла внутреннего трения и сцепления от влажности. Различие заключается в том, что при равной влажности большим сцеплением обладают пелитовые, дисперсные разности. Угол же внутреннего трения возрастает от тонкозернистых категорий тектонитов к крупнообломочным.

К сожалению, небольшое количество проб минералогических разновидностей не позволила построить графики и вывести формулы зависимости сопротивления сдвигу от влажности. Эти построения приведены только для гранулометрических подразделений, в которых были объединены почти все минералогические разновидности /64,67/. Исключение составили галлуазитовые и тальковые пробы, значительно отличающиеся по своим свойствам от образцов других разновидностей. Поэтому последние не были включены в математические подсчеты зависимостей сцепления и угла внутреннего трения от влажности.

Т а б л и ц а 43

Значения коэффициентов "а" и "в" в формулах зависимости сцепления и угла внутреннего трения тектонитов от влажности

Группа и подгруппа	Сцепление			Угол внутреннего трения		
	а	в	Корреляционная зависимость	а	в	Коэффициент корреляции
А-1	2496	2,75	0,89	0,79	28,1	0,87
Б-1	312	2,24	0,93	0,73	28,8	0,92
Б-2	215	2,15	0,91	0,71	29,6	0,84
В-1	84,5	2,04	0,93	0,67	31,2	0,92
В-2	53,7	1,96	0,90	0,66	32,4	0,83

## Продолжение табл.43

Группа и под- группа	Сцепление			Угол внутреннего трения		
	а	в	Корреляци- онная за- висимость	а	в	Коэффициент корреляции
В-3	37,0	1,87	0,89	0,65	33,0	0,90
Г-1	23,6	1,75	0,94	0,62	33,8	0,92
Г-2	14,5	1,63	0,89	0,60	36,6	0,92
Г-3	10,4	1,57	0,90	0,59	37,8	0,88
Г-4	6,6	1,52	0,93	0,57	40,7	0,91

Связь между сцеплением и влажностью криволинейна и описывается формулой

$$C = a \cdot W^{-b}$$

Изменение величины угла внутреннего трения характеризуется уравнением прямой:  $\varphi = -a \cdot W + b$

C - сцепление, кгс/см<sup>2</sup>;

$\varphi$  - угол внутреннего трения, градусы;

W - влажность, %

"а" и "в" - коэффициенты, зависящие от гранулометрического состава тектонитов.

Графики зависимости сцепления и угла внутреннего трения тектонитов приведены на рис. 34. Связь между сравниваемыми величинами довольно тесная (табл. 43). В табл. 43 приведены значения коэффициентов "а" и "в" в зависимости от гранулометрического состава.

Отсутствие достаточного количества каменного материала не позволило оценить зависимости сдвиговых коэффициентов от влажности для категории тектонитов Г-5.

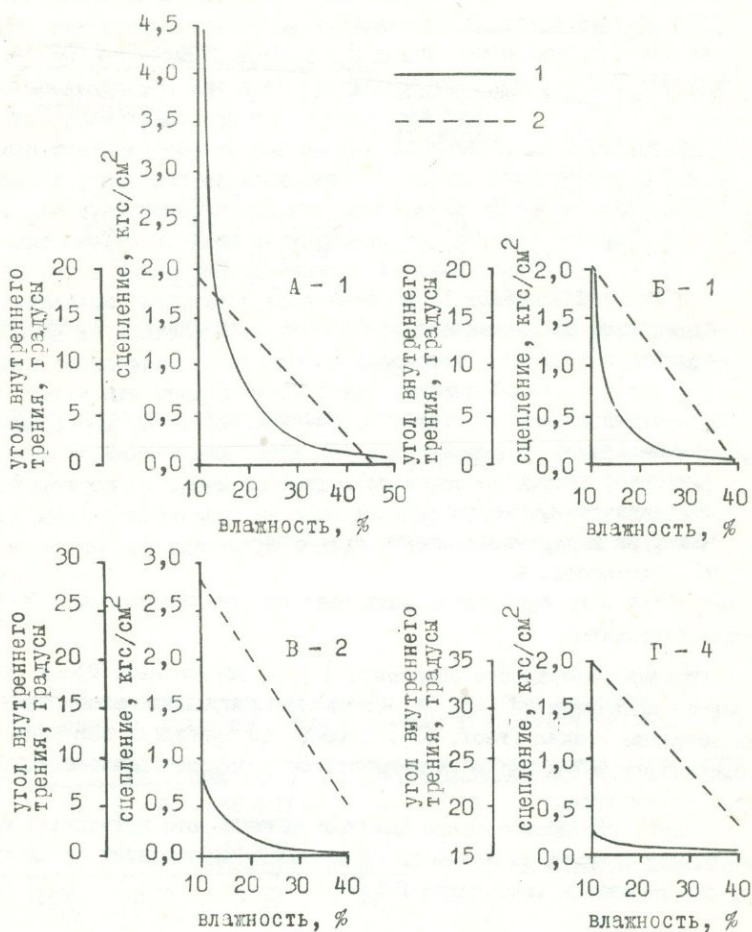


Рис. 33. Изменение сцепления (1) и угла внутреннего трения (2) в некоторых образцах в зависимости от влажности (вмещающие породы - фельзит-порфиры).

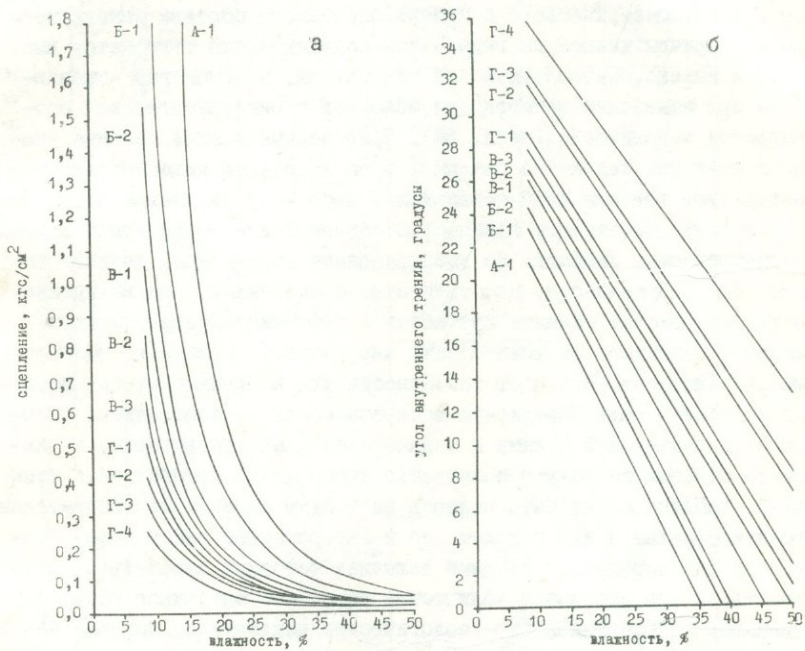


Рис. 34. Зависимость сцепления (а) и угла внутреннего трения (б) тектонитов от влажности.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучение состава и свойств тектонитов позволило систематизировать имеющиеся данные по настоящему вопросу. Предложенная инженерно-геологическая классификация тектонитов учитывает особенности гранулометрического и минералогического состава заполнителя трещин. Причем каждое из выделенных подразделений тектонитов имеет свои инженерно-геологические показатели, закономерно изменяющиеся при изменении размерности обломков и минералогических особенностей заполнителя (табл. 44). Приведенные в этой таблице значения являются далеко не полными, в ряде случаев недостаточно характеризуют тот или иной показатель, поскольку не всегда можно было получить достаточное количество образцов для достоверной оценки рассматриваемых свойств. Но использование усредненных величин пористости, набухаемости, пластичности, сцепления и угла внутреннего трения поможет оценить прочность и деформируемость скального массива, разбитого тектоническими нарушениями с глинисто-обломочным заполнителем. Это даст возможность уже на первых этапах исследований более целенаправленно выбирать комплекс необходимых испытаний, определяемый целями и задачами освоения территории, в какой-то степени сокращать количество необходимых лабораторных испытаний. Таблица может быть полезна не только полевым исследователям, проектировщикам и изыскателям, но и лабораторным работникам, поскольку она определяет среднюю величину основных параметров ряда свойств, а при небольшом количестве каменного материала позволяет оценивать многие инженерно-геологические показатели, которые невозможно получить непосредственным испытанием.

## Основные инженерно-геологические параметры тектонитов

Группа и подгруппа	Минералогическая разновидность	Пористость, %	Набухание			Пластичность			Сцепление, кгс/см <sup>2</sup>			Угол внутреннего трения, град.		
			Блажность, %	Величина, %	Давление, кгс/см <sup>2</sup>	Предел текучести	Предел раскатывания	Число пластичности	Блажность, %			10	20	30
									10	20	30			
А-1	Хлорит-гидрослюдистая	22	48	28	6,2	48	21	27	4,41	0,66	0,22	20	12	4
	Лимонитовая	36	49	26	4,8	45	21	24	4,41	0,66	0,22	20	12	4
	Монтмориллонитовая	30	45	44	-	45	18	27	4,41	0,66	0,22	20	12	4
Б-1	Хлорит-гидрослюдистая	29	33	23	2,8	36	19	17	1,80	0,38	0,15	22	14	7
	Лимонитовая	33	31	21	-	33	15	18	1,80	0,38	0,15	22	14	7
	Тальк-галлуазитовая	28	46	18	0,5	58	41	17	-	-	-	-	-	-
Б-2	Хлорит-гидрослюдистая	19	27	16	1,6	37	21	16	1,03	0,23	0,10	23	15	8
	Галлуазитовая	36	28	18	1,4	40	25	15	-	-	-	-	-	-
Б-3	Хлорит-гидрослюдистая	23	31	19	2,3	34	20	14	0,77	0,19	0,08	25	18	11
	Агрегатная	20	23	16	1,0	28	16	12	0,77	0,19	0,08	25	18	11
	Ручная	36	33	27	1,3	30	17	13	-	-	-	-	-	-

Продолжение табл. 44

Группа и подгруппа	Минералогическая разновидность	Пористость, %	Набухание			Пластичность			Сцепление, кгс/см <sup>2</sup>			Угол внутреннего трения, град.		
			Влажность, %	Величина, %	Давление, кгс/см <sup>2</sup>	Предел текучести	Предел раскатывания	Число пластичности	Влажность, %					
									10	20	30	10	20	30
В-2	Хлорит-гидрослюдистая	34	31	14	1,7	29	18	11	0,59	0,15	0,07	26	19	13
	Агрегатная	18	25	18	1,2	26	16	10	0,59	0,15	0,07	26	19	13
	Обломочная	8	20	11	0,7	21	13	8	0,59	0,15	0,07	26	19	13
	Рудная	10	13	7	-	11	7	4	0,59	0,15	0,07	26	19	13
В-3	Агрегатная	25	23	12	0,7	23	15	8	0,50	0,14	0,06	27	20	14
	Обломочная	12	33	13	0,6	20	13	7	0,50	0,14	0,06	27	20	14
Г-1	Агрегатная	24	22	9	1,7	18	12	6	0,42	0,12	0,06	28	21	15
	Рудная	12	12	17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Г-2	Галлуазитовая	57	45	12	0,1	49	38	11	-	-	-	-	-	-
	Тальковая	28	27	13	0,5	30	22	8	-	-	-	-	-	-
	Агрегатная	17	22	16	0,6	22	15	7	0,34	0,11	0,06	31	25	19
	Обломочная	7	14	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Г-3	Рудная	30	21	11	0,3	24	16	8	0,34	0,11	0,06	31	25	19
	Галлуазитовая	44	38	24	0,7	39	28	11	-	-	-	-	-	-
	Агрегатная	19	23	11	0,5	20	14	6	0,28	0,09	0,05	32	26	20
	Обломочная	7	12	7	-	16	13	3	0,28	0,09	0,05	32	26	20
	Рудная	19	14	10	-	16	12	4	0,28	0,09	0,05	32	26	20

Продолжение табл. 44

Группа и подгруппа	Минералогическая разновидность	Пористость, %	Набухание			Пластичность			Сцепление, кгс/см <sup>2</sup>			Угол внутреннего трения, град.		
			Влажность, %	Величина, %	Давление, кгс/см <sup>2</sup>	Предел текучести	Предел раскатывания	Число пластичности	Влажность, %					
									10	20	30	10	20	30
Г-4	Агрегатная	14	25	9	0,2	19	15	4	0,0	0,07	0,04	35	29	24
	Обломочная	5	24	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Г-5	Тальковая	21	26	15	0,2	32	23	9	-	-	-	-	-	-
	Агрегатная	15	27	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Обломочная	5	24	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Кремнисто-карбонатная	23	-	-	-	13	13	0	-	-	-	-	-	-

Примечание. Сцепление и угол внутреннего трения вычислялись для всей гранулометрической подгруппы без учета минералогических особенностей тектонитов. Если при вычислении сдвиговых характеристик не были использованы пробы какой-либо определенной минералогической разновидности, то в таблице для них не приведены значения сцепления и угла внутреннего трения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Г. Д. А ж г и р е й. Структурная геология. М., изд-во МГУ, 1956.
2. Ю. А. А с т а ф ь е в, А. П. А ф а н а с ь е в. О минеральном составе и условиях образования тектонических глинок медно-никелевых месторождений Печенги. Сб. "Мат-лы по минералогии Кольского полуострова", № 5. Л., "Наука", 1967.
3. А. П. Б а д у л и н. К вопросу оценки устойчивости откосов при наличии поверхностей ослабления. Тезисы докл. конф. "Методы борьбы с деформациями бортов карьеров". Сибай, 1972.
4. Л. И. Б а р о н. Отбор проб для определения горно-технических свойств пород по методикам лаборатории механических способов разрушения горных пород ИГД им. А.А.Скочинского. Инструктивно-методические указания. М., изд-во ИГД им. А.А.Скочинского, 1966.
5. В. В. Б е л о у с о в. Структурная геология. М., изд-во МГУ, 1961.
6. В. В. Б е л о у с о в. Тектонические разрывы, их типы и механизм образования. Тр. Геофиз. ин-та АН СССР, № 17, М., изд-во АН СССР, 1952.
7. Г. М. Б е р е з к и н а. Инструкция по хранению образцов горных пород, отобранных в инженерно-геологических целях. М., изд-во ВСЕГИНГЕО, 1962.
8. К. И. Б о г д а н о в и ч. Учение о рудных месторождениях. Спб., 1903.
9. Н. И. Б у я л о в. Структурная геология, М., Гостоптехиздат, 1957.
10. А. В. Б а с и л ь е в. Отбор горных пород при инженерно-геологических исследованиях. М., "Недра", 1970.
11. Н. Е. В е д е н е е в а, М. Ф. Б и к у л о в а. Метод исследования глинистых минералов с помощью красителей и его применение в литологии. М., Госгеолиздат, 1952.
12. Г. В и н к л е р. Генезис метаморфических пород. М., "Мир", 1969.
13. М. И. В л а с о в а, С. В. Н и к о л а е в. Пористость эффузивных пород Восточного Карамазара и ее влияние на локализацию полиметаллического оруденения. "Вестник МГУ", № 4, 1959.

14. Ф. И. В о л ь ф с о н. Некоторые вопросы трещинной тектоники. М., изд-во ВЗПИ, 1954.
15. Ф. И. В о л ь ф с о н. Отношение оруденения эндогенных месторождений к крупным тектоническим нарушениям. Изв. АН СССР, сер. геол., № 6, 1948.
16. Ф. И. В о л ь ф с о н. Проблемы изучения гидротермальных месторождений. М., Госгеолтехиздат, 1962.
17. Вопросы минералогии глин. Сб. статей. М., ИЛ, 1962.
18. Геологический словарь. М., "Недра", 1973.
19. А. А. Г е л ь ф е р. Причины и формы разрушения гидротехнических сооружений. М.-Л., ОНТИ, 1936.
20. В. А. Г и л е н к о, С. В. Н и к о л а е в, Э. Л. О л ь е р ь е в а. Прогноз устойчивости разведочных выработок для выбора рациональных способов крепления (на примере изверженных пород Карамазара). Сб. "Методы инж.-геол. изученности скальных порор". М., изд-во ВСЕГИНГЕО, 1969.
21. Г. П. Г о р ш к о в, А. Ф. Я к у ш о в а. Общая геология. М., изд-во МГУ, 1973.
22. И. М. Г о р ь к о в а. Структурные и деформационные особенности осадочных пород различной степени уплотнения и литификации. М., "Наука", 1965.
23. И. М. Г о р ь к о в а, И. Г. К о р о б а н о в а, Н. А. О к и н а, М. С. Р е у т о в а, И. А. С а ф о х и н а, В. Ф. Ч е п и к. Природа прочности и деформационные особенности глинистых пород в зависимости от условий формирования и увлажнения. Тр. лаб. гидрогеол. проблем им. Ф.П.Саваренского, т. 29, М., изд-во АН СССР, 1961.
24. В. М. Г р и г и н, А. Б. М а р к о в, В. И. П р е с н у х и н. Состав глинистых минералов тектонической глинки трения по трассе Анзобского тоннеля. Тезисы докл. респ. конф. молодых ученых и специалистов ТаджССР. Душанбе, "Дониш", 1974.
25. Р. Э. Г р и м. Минералогия и практическое использование глин. М., "Мир", 1967.
26. А. М. Д а м и н о в а. Петрография магматических горных пород. М., "Недра", 1967.
27. А. М. Д е м и н. Анализ фактических случаев деформационных процессов в откосах карьеров. М., изд-во ИГД, 1967.

28. Ю. С. Дьяконов. О возможности количественного рентгенографического определения каолинита, гидрослюд и монтмориллонита. Сб. "Рентгенография минер. сырья", вып. 3. М., Госгеолтехиздат, 1963.
29. П. Д. Евдокимов. Устойчивость гидротехнических сооружений и прочность их оснований. М., "Энергия", 1966.
30. П. Д. Евдокимов, Д. Д. Сапегин. Прочность, сопротивляемость сдвигу и деформационность оснований сооружений на скальных породах (лабораторные и полевые экспериментальные исследования). М., "Энергия", 1964.
31. Н. А. Елисеев. Метаморфизм. Л., изд-во ЛГУ, 1959.
32. Е. П. Емельянов. Методическое руководство по стационарному изучению оползней. М., Госгеолтехиздат, 1956.
33. В. А. Жилка. Паспортизация нарушений устойчивости откосов на карьерах - основа их прогноза. Сб. "Вопросы маркшейдерского дела", ч. 2, Белгород, изд-во ВЮГЕМ, 1969.
34. М. Жинью, Р. Барбле. Геология плотин и гидротехнических сооружений. М., Госстройиздат, 1961.
35. Ф. П. Завьялов, М. Л. Кроник, А. Б. Марков. К диагностике некоторых глинистых минералов в осадочных породах и глинках трения Таджикистана. Сб. "Вопр. геол. Таджикистана", вып. 3. Душанбе, изд-во ТТУ, 1973.
36. П. С. Золотарев. Обвалы и оползни на горных склонах и их устойчивость. Сб. "Вопр. инж. геол. и грунтовед.", вып. 2. М., изд-во МГУ, 1968.
37. В. П. Иванов. Термограммы минералов. "Зап. ИМО", ч. 90, вып. I, 1961.
38. Измененные околорудные породы и их поисковое значение. Сб. статей. М., Госгеолтехиздат, 1954.
39. Л. Ф. Ильичева. Некоторые данные о минеральном составе тектонических глинок. "Геол. рудных месторождений", № 5, 1966.
40. Л. Ф. Ильичева. О гранулометрическом составе тектонических глинок некоторых месторождений Кюо-Западного Карамазара. "Геол. рудных месторождений", № 2, 1965.
41. Л. Ф. Ильичева. О термине "тектоническая глинка". "Геол. рудных месторождений", № 3, 1968.
42. Инструкция по хранению образцов горных пород, отобранных в инженерно-геологических целях. М., изд-во ВСЕГИНГЕО, 1962.

43. Г. Н. Каменский, П. П. Климентов, А. М. Овчинников. Гидрогеология месторождений полезных ископаемых. М., Госгеолиздат, 1953.
44. И. Н. Кигаи, С. В. Николаев. О влиянии физических свойств гидротермально-измененных пород на метасоматическое рудоотложение. "Геол. рудных месторождений", № 2, 1965.
45. Г. А. Кобиллов. О минеральном составе тектонической глинки трения на Садонском месторождении. "Геол. рудных месторождений", № 3, 1963.
46. Г. А. Кобиллов, А. А. Нырко. О тектонических глинках из свинцово-цинковых месторождений Садонского рудного поля. "Геол. рудных месторождений", № 1, 1970.
47. М. И. Койфман. Скоростной комплексный метод определения механических свойств горных пород. Сб. "Мех. свойства горных пород". М., изд-во, АН СССР, 1963.
48. Н. В. Коломенский. Инженерная геология, ч. I. М., Госгеолиздат, 1951.
49. Н. В. Коломенский. Об опробовании пород при инженерно-геологическом картировании. "Геол. и разведка", № 8, 1965.
50. Н. В. Коломенский. Общая методика инженерно-геологических исследований. М., "Недра", 1968.
51. Н. В. Коломенский, И. С. Комаров. Инженерная геология. М., "Высшая школа", 1962.
52. Н. И. Комарницкий. Влияние зон и поверхностей ослабления в породах на устойчивость откосов. М., "Наука", 1966.
53. В. В. Комаров, В. Г. Зотеев. Влияние глинистого заполнителя трещин на устойчивость скальных массивов в откосах открытых горных выемок. Сб. "Вопр. маркшейдерского дела", ч. 2. Белгород, изд-во ВЮГЕМ, 1969.
54. И. С. Комаров. Накопление и обработка информации при инженерно-геологических исследованиях. М., "Недра", 1972.
55. Ю. А. Косыгин, Л. М. Парфенова. Справочник по тектонической терминологии. М., "Недра", 1970.
56. В. М. Крейтер. Структуры рудных полей и месторождений. М., Госгеолтехиздат, 1956.
57. П. Н. Кропоткин. Элементарные структуры, их классификация и терминология. Сб. "Методы изучения тектонических структур", вып. 2. М., изд-во АН СССР, 1961.

58. Л. И. К у л ь ч и ц к и й. Роль воды в формировании свойств глинистых пород. М., "Недра", 1975.
59. А. К. Л а р и о н о в. Инженерно-геологическое изучение структуры рыхлых осадочных пород. Л., "Недра", 1966.
60. А. К. Л а р и о н о в. Методы исследования структуры грунтов. Л., "Недра", 1971.
61. В. Д. Л о м т а д з е. Инженерная геология. Инженерная петрология. Л., "Недра", 1970.
62. В. Д. Л о м т а д з е. Методы исследований физико-механических свойств горных пород. Л., "Недра", 1972.
63. Ю. Н. М а л ь ш и ц к и й. Условия устойчивости бортов карьеров. Киев, изд-во АН УССР, 1957.
64. А. Б. М а р к о в. О влиянии тектонической глинки трения на оползневые процессы в карьерах. Сб. "Современные методы исслед. в гидрогеол. и инж. геол.". М., изд-во БСЭИИГЕО, 1970.
65. А. Б. М а р к о в. О минералогическом составе тектонической глинки трения. Сб. "Мат-лы IV респ. конф. молодых ученых ТаджССР", ч. I. Душанбе, "Дониш", 1974.
66. А. Б. М а р к о в. О фильтрационной особенности тектонической глинки трения. "Тезисы докл. молодых ученых и специалистов ТаджССР". Душанбе, "Дониш", 1974.
67. А. Б. М а р к о в. Типизация тектонической глинки трения для прогнозной оценки инженерно-геологических свойств массивов горных пород. Сб. "Проблемы инж. геол. Таджикистана". Душанбе, "Дониш", 1972.
68. А. Б. М а р к о в, С. В. Н и к о л а е в. О тектонической глинке трения некоторых месторождений Карамазара (применительно к задачам прогнозирования устойчивости горных выработок). Тезисы докл. "Физика горных пород и процессов". М., изд-во МГИ, 1967.
69. Н. Н. М а с л о в. Основы механики грунтов и инженерной геологии. М., "Высшая школа", 1968.
70. Н. Н. М а с л о в. Условия устойчивости склонов и откосов в гидроэнергетическом строительстве. М., Госэнергоиздат, 1955.
71. Н. Н. М а с л о в, М. Ф. К о т о в. Инженерная геология. М., Стройиздат, 1971.
72. Методическое пособие по инженерно-геологическому изучению горных пород. Т. I-2. М., изд-во МГУ, 1968.
73. Методическое руководство по петрографо-минералогическому изучению глин. М., Госгеолтехиздат, 1957.

74. Методические рекомендации по изготовлению образцов из скальных пород для физико-механических испытаний. М., изд-во ВСЕГИНГЕО, 1970.
75. А. Е. Михайлов. Структурная геология и геологическое картирование. М., "Недра", 1973.
76. В. М у р х а у з. Практическая петрография. М., Ш1, 1963.
77. Л. И. Нейштадт, И. А. Пирогов. Методы инженерно-геологического изучения трещиноватости горных пород. М., "Энергия", 1969.
78. С. В. Николлаев. Изучение физико-механических свойств скальных пород применительно к оценке инженерно-геологических условий месторождений. Сб. "Лаб. методы исслед. физ.-мех. свойств горных пород в инж.-геол. целях". М., изд-во ВСЕГИНГЕО, 1972.
79. В. А. Обручев. Полевая геология. М., Гостехиздат, 1931.
80. И. И. Орлов, С. В. Николлаев. Влияние физических свойств пород на локализацию свинцового оруденения в пределах месторождения Кани-Мансур. Изв. АН ТаджССР, Отд. геол.-хим. и техн. наук, вып. 3(5), 1961.
81. В. В. Охотин. Грунтоведение. Л., 1940.
82. В. В. Охотин. Физические и механические свойства грунтов в зависимости от минералогического состава и степени дисперсности, Л., 1937.
83. П. Н. Панюков. Инженерная геология. М., Госгортехиздат, 1962.
84. П. Н. Панюков. Массив горных пород - основной объект инженерно-геологических исследований. "Науч. тр. МГИ", № 28. М., изд-во МГИ, 1959.
85. П. Н. Панюков. Основы физической минералогии и петрографии, ч. 1-2, М., изд-во МГИ, 1966-1968.
86. Е. М. Пашкин, Н. Ф. Ломоносов. Строительство гидротехнических туннелей в сложных геологических условиях. М., изд-во ИНФОРМЭНЕРИО, 1974.
87. В. П. Петров. Основы учения о древних корах выветривания. М., "Недра", 1967.
88. И. В. Попов. Инженерная геология. М., изд-во МГУ, 1959.
89. В. А. Приклонский. Грунтоведение, ч. 1. М., Госгеолгиздат, 1949.
90. М. М. Протодьяконов. Метод определения прочности горных пород на одноосное сжатие. Сб. "Мех. свойства горных пород" М., изд-во АН СССР, 1963.

91. А. В. Пэк. Трещинная тектоника и структурный анализ. М., изд-во АН СССР, 1939.
92. А. В. Пэк, Ф. И. Вольфсон, Л. И. Лукин. Об изучении структур эндогенных рудных месторождений. Геол. рудных месторождений. № 4, 1960.
93. Л. Г. Рекшинская. Атлас электронных микрофотографий глинистых минералов и их природных ассоциаций в осадочных породах. М., "Недра", 1966.
94. Рентгеновские методы изучения и структура глинистых минералов. Сб. статей. М., "Мир", 1965.
95. А. И. Родыгин, В. А. Платков. О милонитах Курайского хребта. Тр. Томского ун-та, № 184, 1966.
96. Ю. А. Розанов. Пористость горных пород и ее роль в локализации эндогенного оруденения. "Геол. рудных месторождений", № 12, 1961.
97. Л. Б. Рухин. Основы литологии. М., Гостоптехиздат, 1961.
98. Г. М. Саранчина, Н. Ф. Шинкарев. Петрография магматических и метаморфических пород. Л., "Недра", 1967.
99. Е. М. Сергеев. Грунтоведение. М., изд-во МГУ, 1959.
100. Е. М. Сергеев, Г. А. Голодковская, Р. С. Зянгиров, В. И. Осипов, В. Т. Трофимов. Грунтоведение. М., изд-во МГУ, 1973.
101. Г. Г. Скворцов, Л. И. Романовская. Инженерно-геологические исследования и прогнозы при разведке месторождений полезных ископаемых (намеченных к разработке открытым способом). М., "Недра", 1966.
102. Справочник по инженерной геологии. М., "Недра", 1968.
103. Справочник по инженерной геологии. М., "Недра", 1974.
104. Ф. Дж. Тернер. Эволюция метаморфических пород. М., ИЛ, 1951.
105. Ф. Дж. Тернер, Дж. Ферхуген. Петрология изверженных и метаморфических пород. М., ИЛ, 1961.
106. К. Терцаги. Инженерная геология. ОНТИ, 1935.
107. К. Терцаги. Устойчивость крутых склонов в невыветрелых скальных породах. Сб. "Проблемы инж. геол.". М., "Мир", 1969.
108. М. С. Тимонина, Г. С. Сенатская. Предварительное инженерно-геологическое районирование месторождения "Ве-

- сеннее". Сб. "Инж.-геол. прогнозы при разведке глубоких горизонтальных месторождений твердых полезных ископаемых". М., изд-во ВСЕГИНГЕО, 1969.
- II9. В. Ю. У р б а х. Биометрические методы. М., "Наука", 1964.
- II0. Г. Л. Ф и с е н к о. Устойчивость бортов карьеров и отвалов. М., "Недра", 1965.
- II1. П. В. Ц а р е в. О некоторых вопросах инженерно-геологических исследований для гидроэнергетического строительства в районах распространения скальных грунтов. "Геология и разведка", № 12, 1959.
- II2. Е. Г. Ч а п о в с к и й. Лабораторные работы по грунтоведению и механике грунтов. М., "Недра", 1975.
- II3. М. В. Ч у р и н о в, И. М. Ц ы п и н а, В. П. Л а з а р е в а. Принципы и методика составления обзорных карт территории Советского Союза м-бов 1:1 500 000 - 1:2 500 000. "Сов. геология", № 11, 1962.
- II4. М. В. Ч у р и н о в, И. М. Ц ы п и н а, В. П. Л а з а р е в а, Г. А. Г о л о д к о в с к а я. Принципы построения и основное содержание инженерно-геологических карт. М., изд-во ВСЕГИНГЕО, 1966.
- II5. Ф. Н. Ш а х о в. Геология жильных месторождений. М., "Наука", 1964.
- II6. А. И. Ш е к о. Методика определения показателей инженерно-геологических свойств щебнисто-глинистых пород (на примере Южного берега Крыма). Тр. "Совещ. по инж.-геол. свойствам горных пород и методам их изучения", т. 1. М., изд-во АН СССР, 1966.
- II7. А. И. Ш е к о, Е. А. Т о л с т ы х. Особенности лабораторного определения инженерно-геологических свойств крупнообломочных пород. Сб. "Лабораторные методы исследования физ.-мех. свойств горных пород в инж.-геол. целях". М., изд-во ВСЕГИНГЕО, 1972.
- II8. А. И. Ш е к о. Состав крупнообломочных пород. Сб. "Методическое пособие по инж.-геол. изучению горных пород", т. 1. М., изд-во МГУ, 1968.
- II9. Д. Х. Я к у б о в. Разломы юго-западной части Кураминского хребта. Ташкент, "Фан", 1970.

## О Г Л А В Л Е Н И Е

	Стр.
ВВЕДЕНИЕ.....	3
Глава I. Заполнитель тектонических трещин – тектониты	7
Глава II. Опробование тектонитов.....	33
Глава III. Гранулометрический состав тектонитов.....	49
Глава IV. Петрографо-минералогическая характеристика тектонитов.....	65
Глава V. Физико-механические свойства тектонитов.....	99
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	160
ЛИТЕРАТУРА.....	164

Печатается по постановлению  
Редакционно-издательского совета  
Академии наук Таджикской ССР

Альберт Борисович МАРКОВ

Ответственный редактор – Биталий Иванович Преснухин

### ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТЕКТОНИТОВ

Редактор издательства Б.В.Минаева  
Технический редактор И.С.Полторацк  
Корректор Л.Д.Полисская

---

Кл 04863 Сдано в набор 23.IX.1976 г. Подписано к печати 4.X.1976 г.  
Формат бумаги 60x84 1/16 Бумага офсетная Сорт I Объем усл.печ.  
10,0 л. Уч.-изд. 9,0 л Тираж 620 Заказ 902 Цена 1 руб. 35 коп.

---

Издательство "Дониш", Душанбе, 29, ул. Айни, 121, корп. 2  
Типография издательства "Дониш", Душанбе, 29, ул. Айни, 121, корп. 2

Цена 1 руб. 35 коп.

2213