

Т Р У Д Ы

ИНСТИТУТА ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАУК

Вып. 89. ПЕТРОГРАФИЧЕСКАЯ СЕРИЯ (№ 28). 1948

Акад. Д. С. Белянкин, Б. В. Залесский и Б. П. Беликов. О работах Академии Наук в области изучения строительного и облицовочного камня. Б. В. Залесский. Вопросы физико-механической и петрографической характеристике горных пород в связи с оценкой их буримости. Б. П. Беликов. Геолого-петрографическое и физико-механическое исследование уллу-камского гранита (Сев. Кавказ). В. П. Еремеев. Дополнительные данные к изучению неинтрузий Аджарии. Б. В. Залесский и Б. П. Беликов. Физико-механические исследования и опыт определения долговечности главнейших типов облицовочных камней из месторождений СССР. Б. В. Залесский, Ю. А. Розанов, А. Е. Первухина и К. И. Толстихина. Месторождения естественных минеральных пигментов в Московской и Рязанской областях. К. И. Толстихина. Связь цвета железоокисных и глинистых природных пигментов с их химическим составом. К. И. Толстихина. Ярозитовые пигменты.



АКАД. Д. С. БЕЛЯНКИН, Б. В. ЗАЛЕСКИЙ и Б. П. БЕЛИКОВ

О РАБОТАХ АКАДЕМИИ НАУК В ОБЛАСТИ ИЗУЧЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНОГО И ОБЛИЦОВОЧНОГО КАМНЯ

1. ИСТОРИЯ ВОПРОСА

Естественный строительный камень, имеющийся у нас в стране в неистощимых количествах, сравнительно слабо используется в нашей строительной практике. Между тем, в древнем зодчестве мы имеем замечательные примеры сооружений из естественного камня: достаточно вспомнить киевское, новгородское и московское зодчество. Союзные республики Закавказья и Средней Азии также богаты древними памятниками каменной архитектуры. В петровскую и екатерининскую эпохи, оставившие нам, как известно, много архитектурных шедевров, также широко пользовались естественным камнем. В более позднее время некоторое повышение интереса к камню совпадает с эпохой расцвета торгово-промышленного капитала, в связи с развитием железнодорожного и гражданского строительства. К этому времени относится некоторое развитие камнедобывающей и камнеобрабатывающей промышленности — разработка украинских и челябинских гранитов, уральских и прионежских мраморов, чему отвечает также и начало исследовательской работы, носящей характер технических испытаний: работы лаборатории проф. Белелюбского в Петербурге и проф. Абрамова в Новочеркасске. Обработкой строительного камня занималось несколько мастерских, из которых наибольшей известностью пользовалась мастерская Филотея в Петербурге.

В связи с грандиозным подъемом индустриализации страны в послеоктябрьский период нашей истории использование камня и исследование его получили мощный толчок для своего развития.

Академия Наук не осталась в стороне от общего движения. Еще весной 1918 г. был создан в ее Комиссии по естественным производительным силам страны (КЕПС) специальный Отдел каменных строительных материалов под авторитетным руководством его председателя акад. Ф. Ю. Левинсон-Лессинга. Отдел развил довольно интенсивную деятельность, нашедшую частичное свое отражение в трех сборниках «Каменные строительные материалы», вышедших последовательно в 1923—1924—1928 гг. в Трудах КЕПС.

Работы отдела освещали ресурсы каменных строительных материалов в стране, устанавливали методы оценки их качества и изучали поведение камня в постройках. Для первого раздела работ проводился сбор све-

дений о месторождениях каменных строительных материалов путем изучения и систематизации соответствующей литературы, собирания анкетных данных о каменоломнях, посещения карьеров и отдельных месторождений. Значительная часть работ посвящена была методике петрографического и физико-механического изучения строительного камня. Вопросы поведения камня в постройках освещались путем наблюдения над старинными зданиями и памятниками. Методы эксплуатации и обработки камня также были затронуты работами сотрудников отдела. Среди отдельных работ следует отметить работы Тимофеева, Белянкина, Куплетского, Щербакова и др., касавшиеся месторождений строительного камня Карелии, центральных областей СССР, Крыма и других районов, работы Белянкина и Гейслера, производивших наблюдения над старинными постройками, работы Дрейера, трактующие вопросы добычи, потребления, применения и поведения камня, работы Белянкина, Яхонтова, Залесского, Шапошникова, посвященные методике испытаний и оценки камня. В более поздний период своей деятельности, в особенности после перехода в состав Петрографического института, Отдел организовал специальные отряды в пределах геолого-петрографических экспедиций, а также и отдельные самостоятельные экспедиции по обследованию месторождений естественного строительного и облицовочного камня многочисленных районов Союза: Южной Осетии, Абхазии, Западной Грузии, Армении, Кузбасса, Алтая, Карелии, Камчатки и пр. Работы этих отрядов освещены в соответствующих академических изданиях (Труды ПЕТРИН, ИГН, СОПС).

Отделом же было положено начало созданию Музея строительного камня.

Следует упомянуть, что наряду с деятельностью КЕПС в различных пунктах Союза отдельными учреждениями и лицами, с большинством которых Отдел каменных строительных материалов поддерживал живую связь, также велась работа по исследованию технических свойств камня и выявлению отдельных его месторождений. Упомянем здесь, в частности, лаборатории Горметлаба и Института инженеров железнодорожного транспорта в Ленинграде; лаборатории проф. Симинского в Киеве и Абрамова в Новочеркасске; проф. Львова в Иркутске и Каменева в Ташкенте; проф. Мамуровского в Институте прикладной минералогии в Москве.

Проф. Твалчрелидзе с группой сотрудников в Закавказском институте прикладной минералогии и Закавказском институте сооружений проводил работы по выявлению и характеристике ряда месторождений камня в Грузии. Проф. Субботин изучал строительные камни Украины, причем лабораторная его база была сначала в Житомире, а затем в Киеве.

К сожалению, большинство этих работ не получило должного развития, составляя преимущественно только часть, к тому же не основную, работ названных лиц и учреждений.

После организации в Академии Наук в 1930 г. Петрографического института основные кадры Отдела, а также тематика работ перешли в названный институт: обстоятельство это, с одной стороны, сузило тематику, но зато, с другой — углубило разработку тем, чему особенно способствовала организация специальной лаборатории, получившей импортное оборудование при переезде Петрографического института в Москву в 1934—1935 гг. Наличие такой лабораторной базы позволило Петрографическому институту и его преемнику Институту геологических наук поставить ряд исследований строительного камня, имеющих значительный теоретический интерес и отвечающих потребностям современного строительства.

Как известно, наша эпоха — эпоха Сталинских пятилеток — характеризуется строительством огромных промышленных и гидротехнических сооружений, а также больших зданий общественного характера. Возникает интерес к камню как к наиболее долговечному и прочному материалу, обладающему к тому же высокими декоративными свойствами. Особо выделяются облицовочные камни, требования к которым наиболее сложны: помимо долговечности важны здесь надлежащая блочность их и расцветка.

Последнее свойство должно очень точно характеризоваться геологами при описании месторождений облицовочного камня. В особо ответственных случаях желательно даже использование соответственной ахроматической шкалы, как это было сделано нами при исследовании мраморной облицовки здания Музея изобразительных искусств им. Пушкина в Москве.

Несмотря на, казалось бы, значительный и возрастающий удельный вес строительного и облицовочного камня в нашем народном хозяйстве, научно-исследовательские и геолого-разведочные работы по нему сильно отстали, — строительный камень является пасынком среди полезных ископаемых. Исследования и испытания камней носят случайный характер, и лицам, связанным с работами по камню, неизбежно приходится сталкиваться с разнохарактерностью и недостаточной полнотой, а чаще всего и с полным отсутствием качественной их оценки.

Каждая лаборатория производит испытания и дает заключения, основываясь на собственном опыте и собственном оборудовании, что нередко приводит к недоброкачеству этих заключений. Механическое оборудование и испытательные машины большинства лабораторий устарели и не проверяются. К правильности отделки рабочих поверхностей образцов для испытания должных требований не предъявляется, что ведет к искажению результатов испытаний. Совершенно не производятся определения сопротивления разрыву, важнейшей константы для суждения о прочности и долговечности камня. Почти всегда отсутствует петрографическая характеристика камня, являющаяся между тем в руках опытного исследователя отличным средством для понимания природы вещества. Если можно еще мириться со всем этим в тех случаях, когда речь идет о материале для построек обычного типа, то положение становится совершенно нетерпимым в случае более ответственных сооружений или оценки облицовочного камня; там и здесь совершенно необходим уже более глубокий и научно-обоснованный подход к предмету.

В нижеследующем излагаются некоторые данные по исследованию такого рода материалов, как они получены были в последние годы в нашей лаборатории.

При проектировании Дворца Советов и Куйбышевского гидроузла очень остро встал вопрос о качестве камня, намеченного к применению, в первом случае для внешней облицовки, во втором — как инертного для бетона. Значительные количества материала, а также большой амортизационный срок сооружений, исчисляемый столетиями, требовали специального внимания к решению вопросов прочности и долговечности камня. Вопросы геологического порядка — блочность камня и структура месторождений — также должны были быть решены.

2. ОПЫТ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ДОЛГОВЕЧНОСТИ

Определение долговечности естественных каменных материалов является одной из труднейших задач в области изучения физико-химических и физико-механических свойств горных пород. В данное время мы не имеем еще ни одного достаточно удовлетворительного и научно обоснованного метода предварительной оценки долговечности камня, хотя исследователь-

ские работы в этом направлении и ведутся давно, главным образом в некоторых странах Европы — Англии, Германии, Австрии. Возник в последнее время интерес к ним и в Америке.

Наиболее объективным и универсальным представляется нам здесь метод Гиршвальда (Hirschwald, 1912), являющийся плодом многолетних и очень обстоятельных исследовательских работ в этой области названного специалиста. Наблюдая и изучая камень из карьеров в сооружениях различного возраста и типа, названный ученый составил таблицы и диаграммы зависимостей возрастной степени разрушения пород в сооружениях от соответственного «качественного» числа, как своего рода цифрового коэффициента, отвечающего сумме характеристик структурных и физико-механических свойств породы.

Исходным является здесь «качественное число по структуре» — Q_1 , вычисляемое по данным микроскопического исследования, в зависимости от типа структуры, количественного минералогического состава, степени свежести минеральных компонентов, характера сцепления зерен, характера цемента, наличия микротрещин и микропор и т. п.

На основании физических исследований и механических испытаний выводятся поправочные коэффициенты к Q_1 , за счет механических свойств, величины водопоглощения, размокаемости, пористости, количества пирита и других факторов. В результате получается окончательное, по соответственным таблицам, выражение «качественного числа», характеризующее, через класс погодоустойчивости, те повреждения, которые должны возникнуть в камне через определенное число лет при данных условиях эксплуатации.

Детали всех этих довольно сложных расчетов излагаются далее в специальной статье Залесского и Беликова, здесь же приводятся лишь некоторые их результаты в отношении ряда наших пород: а) кварцитов, гранитов и мраморов, проектируемых для внешней облицовки Дворца Советов (табл. 1), и б) карбонатных пород Самарской Луки (табл. 2).

А. Породы для Дворца Советов

При вычислении долговечности мы руководствовались кондициями Дворца Советов о предполагаемом равномерном воздействии всех агентов выветривания, именно, в следующем их виде.

Начало разрушения (индекс 1—1): появление дефектов поверхностью до 10 см² без уменьшения прочности с глубиной.

Угрожающее состояние (индекс 3—3): появление дефектов поверхностью до 100 см² с уменьшением прочности на глубину до 2 см.

Окончательное разрушение (индекс 6—6): появление дефектов на площади до 400 см² с уменьшением прочности до глубины в 5 см.

Указанные в табл. 1 сроки службы не могут считаться, разумеется, абсолютно точными, тем более, что они вычислялись для других климатических условий, но они являются объективным сравнительным материалом, позволяющим дать ряд практических указаний проектировщикам в отношении выбора облицовочных камней.

Б. Карбонатные породы Самарской Луки

Аналогичный подход к установлению качества карбонатных пород Самарской Луки был нами осуществлен для строительства Куйбышевского гидроузла. Было исследовано большое число карбонатных пород, преимущественно доломитов и доломитизированных известняков, с нижеследующей краткой петрографической характеристикой наиболее типичных разновидностей их (см. стр. 6).

Теоретическая долговечность пород для Дворца Советов, в годах

| Лабор. № | Месторождение и цвет | Класс погодо-устойчи-вости, по Гирш-вальду | Теоретическая долговечность, в годах | | |
|--|--|--|--------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|
| | | | начало разруше-ния, ин-декс 1—1 | угрожаю-щее состо-яние, ин-декс 3—3 | окончательное разрушение, индекс 6—6 |
| Г р а н и т ы | | | | | |
| 445 | Ак-Тюбе (светлосерый) | I, I—II | 135—220 | 400—675 | 1200—1460 |
| 517 | » » | I, I—II | 135—220 | 400—675 | 1200—1460 |
| 518 | » » | I | 220 | 675 | >1460 |
| 519 | » » | IC | 350 | 1070 | >1625 |
| 520 | » » | I—II | 135 | 400 | 1200 |
| 444 | Бараньи лбы » | I, I—II | 135—220 | 400—675 | 1200—1460 |
| 363 | Кушуга » | II | 75 | 220 | 650 |
| 446 | » » | II | 75 | 220 | 650 |
| 447 | » » | I—II | 135 | 400 | 1200 |
| 314 | Янцевский, серый | I | 220 | 675 | >1460 |
| 317 | Сайда-Губский, серо-розовый | IC | 350 | 1070 | >1625 |
| 318 | Караньский, розово-серый | IC | 350 | 1070 | >1625 |
| 372 | Эльджурта, светлосерый | II | 75 | 220 | 650 |
| 504 | Питерланский, красный | I | 220 | 675 | >1460 |
| 373 | Турчинский (лабрадорит), серый | I | 220 | 675 | >1460 |
| К в а р ц и т ы | | | | | |
| 448 | Шокшинский, красный | IA | 650 | >1460 | — |
| К в а р ц и т ы б е л о р е ц к и е (Южн. Урал) | | | | | |
| 601 | Гора Машак, светлосерый | IC | 350 | 1070 | >1625 |
| 602 | » » серо-розовый | IB | 475 | 1460 | — |
| 603 | Хр. Бакты (г. Нористы), белый | IB | 475 | 1460 | — |
| 604 | Гора Машак, белый | I | 220 | 675 | 1460 |
| 606 | » » | IC | 350 | 1070 | 1625 |
| 607 | » Малиновая, пятнистый | IB | 475 | 1460 | — |
| М р а м о р ы | | | | | |
| 306 | Кибик-Кордонский, розовый | I—II | 135 | 400 | 1200 |
| 320 | Кибик-Кордонский, с гематит. жилками | II | 75 | 220 | 650 |
| 307 | Газганский, розовый | I—II | 135 | 400 | 1200 |
| 309 | Прохорово-Баладинский, белый | I—II | 135 | 400 | 1200 |
| 316 | Лопотский, белый | II—III | 38 | 115 | 340 |
| 359 | Заренд, цветной зеленоватый | I—II, II | 75—135 | 220—400 | 650—1200 |
| 360 | Ороктуой, пятнистый | II | 75 | 220 | 650 |
| 361 | Сатка, зеленый | IC | 350 | 1070 | >1625 |
| 364 | Пуштулим, пятнистый | II | 75 | 220 | 650 |
| 365 | Коэлга, белый | II | 75 | 220 | 650 |
| 380 | Салиэти, красный | IV | — | 33 | 100 |
| 383 | Гидамский, черный | IV | — | 33 | 100 |
| 384 | Молита, красный | IV | — | 33 | 100 |
| 385 | Шроша, красный | III—IV | 20 | 33 | 100 |
| 386 | Уфалей, серый | I—II | 135 | 400 | 1200 |
| 397 | Нижний Тагил, пятнистый | III | 20 | 62 | 180 |
| 398 | Маук, серый | II | 75 | 220 | 650 |
| 449 | Агверан, розовый | II—III | 38 | 115 | 340 |
| 450 | Хорвираб, черный с белой жилкой | II—III | 38 | 115 | 340 |
| 451 | Фоминский, ржаво-желтый с рисунком | II—III | 38 | 115 | 340 |
| 452 | Белогорский, розовый | II | 75 | 220 | 650 |
| 505 | Каркадинский, темносерый | II | 75 | 220 | 650 |
| 506 | Давалу, черный с желтой жилкой | III | 20 | 62 | 180 |

Расчет теоретической долговечности карбонат

| № породы | Породы | Класс погодоустойчивости | Теоретическая | | |
|----------|--|--------------------------|--|----------------------------------|--------------------------------------|
| | | | При преобладании подводного типа выветривания (внутренние части плотины и шлюзов, подводные части отмоетков) | | |
| | | | начало разрушения, индекс 1—1 | угрожающее состояние, индекс 3—1 | окончательное разрушение, индекс 6—2 |
| 340 | Доломит сахаровидный . . . | I | 220 | 370 | 900 |
| 341 | Известняк доломитизированный | V | — | — | 25 |
| 344 | Доломит | I | 220 | 370 | 900 |
| 345 | Известковистый доломит . . | I | 220 | 370 | 900 |
| 349 | Доломитизированный известняк | II—III | 30 | • 65 | 160 |

- № 340. Доломит плотный, сахаровидный, без крупных микропор. Участками кальцит. Пористость 4—5%.
- № 341. Известняк доломитизированный светлый, малопористый, со значительным содержанием пелитоморфного кальцита, слагающего раковины фузулинид. Пористость до 4%.
- № 344. Доломит темный, плотный с изолированными микропорами размером от 1 до 6 мм. Поры располагаются участками, скоплениями и объясаны своим происхождением выщелачиванию пелитоморфного кальцита фузулиновых раковин.
- № 345. То же, что и № 340.
- № 349. То же, что и № 341; больше пелитоморфного кальцита.

Породы эти были намечены к применению в гидротехническом строительстве, и поэтому расчет долговечности произведен для случаев нахождения под водой и при переменном режиме.

Полученные цифры долговечности в годах приведены в табл. 2.

На основании приведенных результатов были установлены горизонты и участки карьеров, камень которых наиболее подходил для тех или иных многообразных эксплуатационных потребностей строительства.

3. МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЙ И ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ТРЕЩИНОВАТОСТИ

При организации крупных каменных карьеров, в особенности для добычи облицовочного камня, возникает целый ряд специальных вопросов, касающихся, в частности, блочности, структуры и направления разработок.

Вопрос о форме и размерах возможных блоков в случае разворачивания ранее эксплуатировавшихся карьеров решается относительно просто, а именно — путем анализа карьерных материалов за предыдущие годы. В случае же проектирования новых карьеров, особенно при выборе участков для их заложения, дело обстоит много сложнее. Приходится обращаться тогда к явлениям трещиноватости горной породы, к пространственной ориентировке и частоте расположения трещин путем систематического измерения их.

Для установления главнейших систем трещин и взаимного расположения их очень удобно пользоваться соответствующими диаграммами: сетками, таблицами, розами.

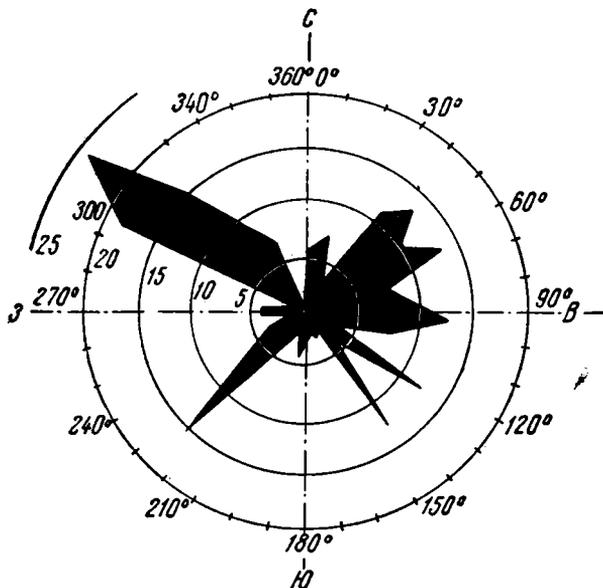
долговечность, в годах

| При преобладании морозного типа выветривания (части сооружений выше уровня высоких вод, подверженные периодическим замораживаниям) | | | Части сооружений, находящиеся в зоне переменных уровней ¹ | | |
|---|----------------------------------|--------------------------------------|--|----------------------------------|--------------------------------------|
| начало разрушения, индекс 1—1 | угрожающее состояние, индекс 1—3 | окончательное разрушение, индекс 2—6 | начало разрушения, индекс 1—1 | угрожающее состояние, индекс 1—3 | окончательное разрушение, индекс 2—6 |
| 220 | 450 | — | 20 | 42 | 105 |
| — | 12 | 32 | — | — | 19 |
| 220 | 450 | — | 20 | 42 | 105 |
| 220 | 450 | — | 20 | 42 | 105 |
| 38 | 80 | 195 | — | 22 | 50 |

Наиболее часто прибегают у нас к последнему способу. Недостаток его, однакоже, заключается в том, что розы, представляющие собой круговые диаграммы, где трещины изображаются векторами, длина которых пропорциональна числу замеров (фиг. 1), не отражают углов наклона трещин и удобны, таким образом, только для месторождений с преобладающей вертикальной ориентировкой последних.

Для более общего случая трещин, наклонных под разными углами к горизонту, предпочтительнее диаграммы Вальтер-Шмидта, где трещины эти изображаются полюсами на сетках. Способы изображения и расшифровки такого рода диаграмм изложены в работах В. Sander'a (1930), J. Haff'a (1938) и А. В. Пэка (1939). К облицовочному камню означенная методика применена была впервые одним из нас

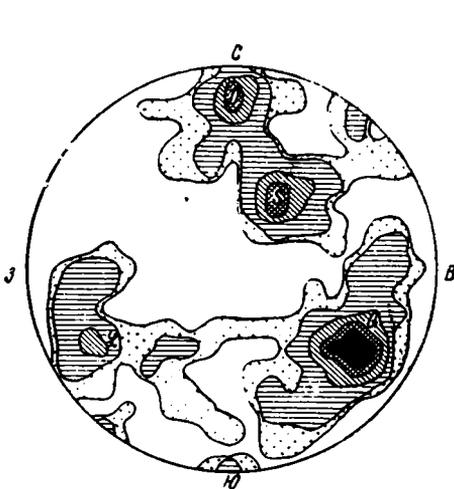
(Беликовым) при исследовании гранитов р. Уллу-Кам на Сев. Кавказе. Полученные диаграммы (фиг. 2 и 3) дали возможность отбросить участок с наименее удобным для разработки расположением трещин. Первая из этих диаграмм, относящаяся к месторождению Ак-Тюбе, показывает, что полюсы собираются здесь в определенные максимумы, отвечающие наибольшему развитию четырех систем трещин. Три из них (Q, L, S), пересекаясь между собой, создают более или менее правильный паралле-



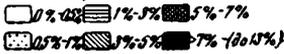
Фиг. 1. Роза трещин.

¹ «Качественное число» для случая переменного горизонта воды снижено, согласно Гиршвальду, на 2 единицы (+2).

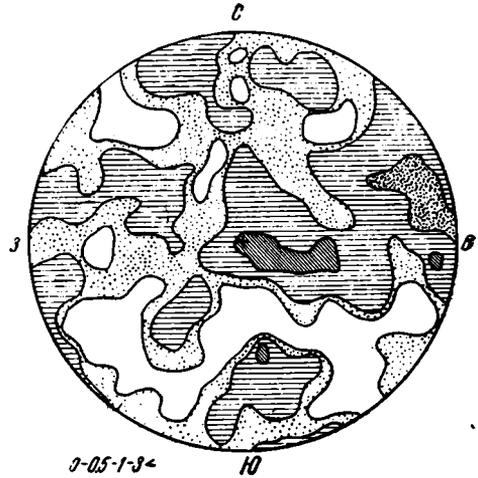
лепипед, а четвертый максимум (D), отвечающий среднему падению 360° уг. 75° , является вредным: трещины, ему отвечающие, секут диагонально и портят параллелепипедальные блоки. Диаграмма фиг. 3, отвечающая соседнему участку того же гранита (Кушуня), показывает бессистемное расположение трещин при отсутствии четко выраженных максимумов. Данные разведки подтвердили оба предварительных вывода, полученных



Условн обозначения густоты попадания пелюсов



Фиг. 2. Диаграмма полюсов трещин месторождения Ак-Тюбе (350 замеров падения).



0-0,5-1-3-4

Ю



Фиг. 3. Диаграмма полюсов трещин месторождения Кушуня (220 замеров падения).

из анализа диаграмм трещиноватости: выход блоков на участке Кушуня оказался практически равным нулю; на участке Ак-Тюбе он был положительным, но форма блоков оставляла желать много лучшего.

Подобного же рода исследования были произведены над белорецкими кварцитами (Ю. Урал). Диаграмма трещиноватости лучшего участка белого кварцита горы Машак, приведенная на фиг. 4, показывает весьма благоприятное расположение трещин: наличие только трех их систем, расположенных к тому же под прямыми углами (ср. табл. 3), что открывает возможность получать при добыче блоки прямоугольной формы. Дело, к сожалению, значительно в данном случае портит относительная частота трещин.

Как видно из приведенных данных, частота трещин весьма неравномерна, и выход крупных блоков, судя по данным поверхностных обнажений, не может быть особенно большим.

Весьма важна для практики дополнительная характеристика трещин со стороны их формы и легкости раскола по ним в зависимости от происхождения трещин (тектоника, структура породы, явления выветривания и т. п.).

4. ВНУТРЕННЯЯ СТРУКТУРА ПОРОДЫ. ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДИКИ ЗАНДЕРА

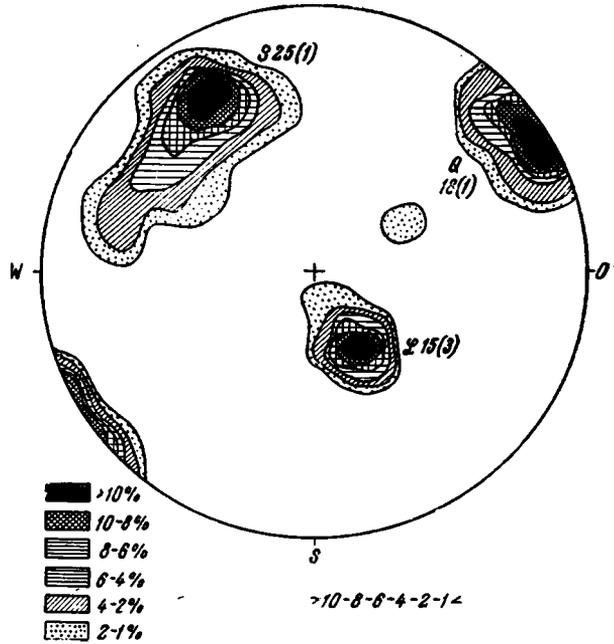
Самое явление и соответственные измерения весьма немаловажны для практических целей: для определения направления наилучшего раскола породы, выяснения вопросов технологии, направления резки, фрезеровки и пр. Надлежащий учет структурных соотношений необходим и при ориентировке образцов для лабораторных испытаний.

Соотношение систем трещин «в участке под разведку» месторождения Машак

| Обозначение систем | Максимумы | | Углы между системами φ | Число трещиноватости (Np) по данной системе | |
|--------------------|-------------|-----------------|------------------------|---|-----------------------------------|
| | простирание | падение | | число трещин на 10 пог. м | из них с расстоянием более 100 см |
| S | СВ 52° | СЗ 322° уг. 60° | | 25 | (1) |
| L | СВ 61° | ЮВ 154° уг. 28° | | 15 | (3) |
| Q | ЮВ 148° | СВ 58° уг. 82° | | 18 | (1) |

Как было установлено Клоосом, направления облегченного раскола обуславливаются в значительной мере закономерностями в форме и расположении минералов породы: пластинчатостью, слоистостью, волокнистостью и др. Отчасти все это замечается уже макроскопически; в ряде других случаев, к сожалению, весьма частых в строительном и облицовочном камне, последний совершенно лишен видимой слоистости или волокнистости (ср. большинство гранитов и мраморов), и все это может быть установлено лишь при помощи микроскопа.

В указанной выше работе об уллу-камском граните нашел себе применение метод Зандера. Исследованием шлифов по Зандеру удалось установить, что хотя порода совершенно лишена видимой слоистости, тем не менее соответственная микроориентировка биотита наблюдается в ней, причем этой ориентировкой определяется также и плоскость наилучшего раскола по системе трещин «S». Испытания ориентированных относительно этой плоскости образцов на разрыв показали:



Фиг. 4. Диаграмма полюсов трещин западной части горы Машак (200 замеров падения).

Временное сопротивление разрыву
Сух. Насыщ.

| | | | |
|------------|----------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Растяжение | ориентировке биотита | 65 ± 5 кг/см ² | 49 ± 3 кг/см ² |
| Растяжение | ⊥ ориентировке биотита | 45 ± 4 » | 35 ± 5 » |

Модуль Юнга (E) также показал влияние ориентировки слюды:

| | | |
|---|-------------------|-------------------------|
| При давлении \parallel ориентировке биотита | $E = 481.100 \pm$ | 4000 кг/см ² |
| При давлении \perp ориентировке биотита | $E = 500.000 \pm$ | 2500 » |

Разница цифр получается совершенно отчетливой. Таким образом, при помощи микроскопии устанавливаются технически важные направления в горных породах, на вид совершенно однородных.

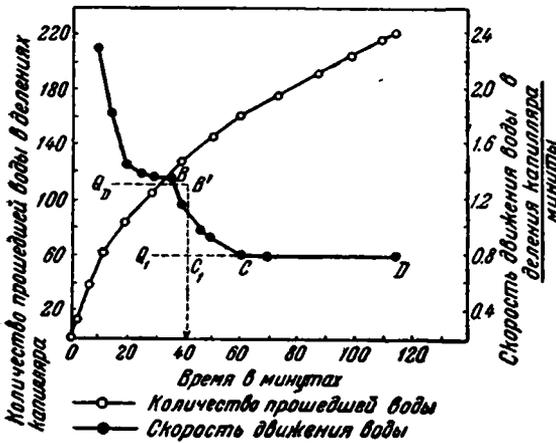
5. ВОПРОСЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОРИСТОСТИ

Особое место в наших исследованиях занимали вопросы пористости горных пород. Поскольку для технологии и промышленности стройматериалов они имеют большое значение, постольку мы считаем уместным остановиться здесь хотя бы вкратце и на этой части нашей работы.

Как известно, точнее всего пористость устанавливается из соотношения удельного и объемного весов любого данного материала. Объемный вес удовлетворительно определяется методом гидростатического взвешивания, также путем обмера точно изготовленных образцов; определение же удельного веса пористых тел, напротив, требует более деликатных приемов.

Лабораторией были усовершенствованы эти приемы, причем применением спирта и стандартизацией крупности зерна порошка породы удалось достичь весьма большой точности работы.

В некоторых случаях необходимо бывает определять пористость без разрушения образца. Нами применялся для этого метод микроскопического подсчета в полированных и протравленных аншлифах в отраженном свете, причем была разработана специальная рецептура и методика травления карбонатных пород (Белянкин и др., 1940).



Фиг. 5. График фильтрации, по Меджвику.

фильтрующей через испытуемый образец воды, замеряемому очень точно при помощи градуированного капилляра, определяется высота капиллярного поднятия, свойственная данному образцу, а также его водопроницаемость. Замеры ведутся по секундомеру, благодаря чему получается полная картина процессов абсорбции и фильтрации. Типичный график, отображающий опыт, приведен на фиг. 5, где ордината Q_0 соответствует скорости движения воды в момент начала фильтрации (после конца процесса абсорбции), а Q_1 — скорости движения воды при установившейся фильтрации.

Для изучения законов миграции влаги в теле камня необходимо знать не только общую (валовую) пористость, но и эффективный диаметр пор, т. е. размер как раз тех пор, по которым идет фильтрация и связанные с нею явления растворения, вымывания, выцветов и т. д.

Нами применялась здесь с некоторыми видоизменениями английская методика, разработанная в 1934—1935 гг. проф. Меджвиком (Madjwick, 1937).

Принцип ее заключается в том, что по количеству

Высота капиллярного поднятия H определяется по формуле:

$$H = \frac{Q_0 - Q_1}{Q_1} (h + l),$$

где h — высота столба воды, l — толщина образца.

По величине же капиллярного поднятия вычисляется эффективный диаметр пор:

$$H = \frac{2d}{Gr},$$

где d — поверхностное натяжение воды, G — ускорение силы тяжести и r — искомый радиус поры.

Для иллюстрации в табл. 4 приведены полученные нами данные по некоторым карбонатным породам Самарской Луки.

Таблица 4

Характеристика фильтрующих свойств пород Самарской Луки

| Лабор. № | Породы | Высота капиллярного поднятия в см | Коэффициент фильтрации, в см ³ /мин. | Эффективный диаметр, в мм |
|----------|--|-----------------------------------|---|---------------------------|
| 340 | Доломит сахаровидный, карьер Ширяево | 22.2 | 3.4×10^{-6} | 0.131 |
| 345 | Известковый доломит, карьер Ширяево | 93.6 | 1.1×10^{-6} | 0.031 |
| 346 | Химический известняк, Липовая поляна | 14.1 | 7.95×10^{-5} | 0.205 |
| 350 | Химический известняк, ломки «ЖГИЗ» | 19.2 | 9.75×10^{-5} | 0.15 |

Полученный таким путем эффективный диаметр хорошо сходилась со средним поперечником пор, непосредственно измеренным микроскопически.

6. СООБРАЖЕНИЯ О ДАЛЬНЕЙШИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

В предыдущем нами изложены некоторые итоги последних работ Академии Наук по строительному камню. Нам представляется, что в послевоенный период, когда наряду с восстановлением основного жилого и промышленного фонда предстоит возведение большого количества и весьма крупных архитектурных сооружений, вопросы запасов камня и качественной характеристики его займут подобающее место в нашей строительной индустрии. Необходимо в силу этого уже сейчас всемерно усилить исследовательские лабораторные и геологические работы по строительному камню.

1. Лабораторные работы

а) Работы по усовершенствованию методик механических испытаний и физических исследований строительных камней: разрыв, упругие и пластические свойства, усовершенствование методики определения долговечности, применение метода Зандера и др.

б) Исследование физико-механических свойств отдельных породообразующих минералов и характера швов между ними как факторов, определяющих механические свойства пород, ими слагаемых.

в) Изучение физико-механических свойств строительных облицовочных и скульптурных камней главнейших месторождений СССР.

г) Изучение климатической устойчивости строительных и облицовочных камней при использовании полевых материалов, наблюдений над памятниками и специального эксперимента.

II. Геологические работы

а) Поиски новых месторождений облицовочного и статуарного камня.
б) Выработка методики изучения и оценки трещиноватости и структур месторождений.

в) Изучение характера выветрелой зоны и подход к определению мощности ее.

г) Собираание, каталогизация и систематизация материалов и составление карт.

III. Производственные мероприятия

а) Разведка главнейших месторождений облицовочного камня с производством пробной добычи и утверждение запасов.

б) Разворачивание и механизация важнейших карьеров строительного и облицовочного камня, на основе проектов разработки, составленных с учетом геологического строения.

в) Механизация и усовершенствование процессов обработки камня: 1) на карьере, 2) на заводе, 3) на стройке.

Все перечисленные здесь разнохарактерные работы должны потребовать большой затраты времени и средств. Главное же, что может затормозить работу, это отсутствие соответственных специалистов, поскольку совершенно своеобразный характер исследований строительного камня, охватывающих ряд сопредельных дисциплин — геологию, химию, физику и механику — потребует и специалистов специфической квалификации, каковых, однако, практически нет. Если задаться, таким образом, целью поднять отечественную промышленность каменных стройматериалов, то о подготовке этих кадров необходимо позаботиться срочно.

Представляется также, что разбросанные в разных местах работы по изучению строительного камня должны как следует координироваться и объединяться между собой, причем надлежащую инициативу в этом направлении должна проявить Академия Наук.

ЛИТЕРАТУРА

- Б е л и к о в Б. П. Геолого-петрографическое и физико-механическое исследование уллу-камского гранита (С. Кавказ). Тр. Инст. геол. наук, вып. 89, петр. сер., № 28.
- Б е л я н к и н Д. С., Л а п и н В. В. и О с т р о в с к и й И. А. Исследование доломитизированных известняков в аншлифах — в отраженном свете. Изв. Акад. Наук СССР, 1940, сер. геол., № 2.
- З а л е с с к и й Б. В., К о р с у н с к и й А. И. и Л а п и н В. В. К вопросу о долговечности карбонатных пород Самарской Луки. Тр. Инст. геол. наук, 1941, вып. 58, петр. сер., № 19.
- З а л е с с к и й Б. В. и Б е л и к о в Б. П. Физико-механические исследования и опыт определения долговечности главнейших облицовочных камней СССР. Тр. Инст. геол. наук, вып. 89, петр. сер., № 28.
- П э к А. В. Трещинная тектоника и структурный анализ. Акад. Наук СССР, М. — Л., 1939.
- H a f f J. Preparation of petrofabric diagrams. Amer. Min., 1938, 23, № 9.
- H i r s c h w a l d J. Handbuch der bautechnischen Gesteinsprüfung. Berlin, 1912.
- M a d j w i c k E. Water movements in porous building materials. London Congress J. A. T. M., 1937.
- S a n d e r B. Gefügekunde der Gesteine. Wien, 1930.

Б. В. ЗАЛЕСКИЙ

**ВОПРОСЫ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКОЙ И ПЕТРОГРАФИЧЕСКОЙ
ХАРАКТЕРИСТИКИ ГОРНЫХ ПОРОД В СВЯЗИ С ОЦЕНКОЙ
ИХ БУРИМОСТИ**

Лаборатории физико-механических исследований горных пород ИГН неоднократно приходилось принимать то или иное участие в экспериментальных работах, связанных с вопросом оценки буримости горных пород, и в обсуждении попыток классификации этих последних по их буримости.

Экспериментальные работы проводились в 1932—1933 гг. в Ленинграде, совместно с Буровым сектором ЦНИГРИ. В 1937 г. вышла в свет статья Ф. А. Шамшева и Е. В. Боровского, использовавших частично результаты наших работ. Обсуждение методов создания единой шкалы буримости велось в Институте горного дела Академии Наук в Москве в 1940—1941 гг. В 1941 г. и затем в 1944 г. вышли в Трудах Комиссии по буро-взрывному делу при Институте горного дела две брошюры А. Ф. Суханова: «Методические указания к составлению шкалы буримости» и «Единая классификация пород по буримости и взрываемости».

Появление последней брошюры и послужило поводом к составлению настоящей заметки.

Шкала пород по буримости, разработанная А. Ф. Сухановым, базируется в основном на чисто производственном принципе. В ней принимаются во внимание некоторые геологические моменты и отвергается какой-либо иной критерий прочности или твердости, кроме самой буримости.

Соглашаясь с производственной ценностью предлагаемой проф. Сухановым шкалы, следует все же признать несомненную законность и иных подходов, кроме чисто производственных, при создании соответствующей классификации пород. Для нас по понятным причинам естественно было в первую очередь обратиться к петрографическим и физико-механическим показателям, как определяющим поведение пород в процессе их бурения. В этом направлении нами и была предпринята попытка по предложению Горно-бурового сектора ЦНИГРИ в лице инженера Ф. А. Шамшева и Е. В. Боровского.

Работа производилась в лаборатории Ленинградского института сооружений, в ПЕТРИН Академии Наук и на опытной станции Горно-бурового сектора в Пушкине (б. Детском Селе). Результаты ее, дополненные последующими работами, поставленными в том же направлении в Лаборатории технических испытаний ЦНИГРИ, были использованы в упомянутой работе Ф. А. Шамшева и Е. В. Боровского. Так как авторы

использовали эти данные, повидимому, без тесного контакта со специалистами в области физико-механических испытаний горных пород, то, естественно, в их изложении некоторые соотношения минералогического состава и механических свойств недостаточно акцентированы. После некоторой обработки, выразившейся в разбивке пород на группы по петрографическим типам и в распределении пород внутри группы по их минералогическому составу, микроструктуре и величине основных физико-механических показателей, результаты этих работ выглядят так, как это представлено в приводимых ниже табл. 1—5. Из них видно прежде всего, что целесообразно рассматривать соотношения буримости, с одной стороны, и петрографической и физико-механической характеристики — с другой, по отдельным группам пород.

Нижекарбоновые известняки

Таблица 1

| № | Тип | Структура | Веществ. состав, в % | | Средняя проходка в мм/мин. твердыми сплавами | Истирание, г/см ² |
|---|------------------------|---|--------------------------------|---------------------|--|------------------------------|
| | | | кристаллически-зернистая часть | пелитоморфная масса | | |
| 2 | Органогенно-обломочные | Кристаллически-зернистая | 70 | 30 | 8.5 | 0.575 |
| 5 | То же | » | 70 | 30 | 8.5 | — |
| 6 | » » | Неравномернозернистая, обломочная | 40 | 60 | 48 | 0.560 |
| 1 | » » | То же | 50 | 50 | 54 | — |
| 4 | Обломочные | Обломочно-сгустковая | 35 | 65 | 63 | 0.700 |
| 3 | » | » | 25 | 75 | 66 | — |

Таблица 2

Девонские кварцевые песчаники. Крупность зерна в среднем от 0.1 до 0.5 мм

| Тип | Структура | % цемента | Характер сохранности | Скорость проходки в мм/мин. дробью | Истирание, г/см ² | Временное сопротивление раздавливанию, кг/см ² |
|--|---|-----------|--|------------------------------------|------------------------------|---|
| Сливные кварцеводные песчаники, 7 образцов | Зернистая и регенерационная | 3—7 | Свежий | 2.5—5 | 0.10 { 0.08 0.11 | 1300 { 1800 800 |
| Средне- и крупнозернистые песчаники слабо каолинизированные или ожелезненные, 6 образцов | Зернистая с пленочной и корковой цементацией | 10—15 | Более или менее свежий и слабо разрушенный | 12—31 | 0.15 { 0.13 0.19 | 500 { 650 400 |
| Каолинизированные неравномернозернистые песчаники, 4 образца | Неравномернозернистая с крустификационной цементацией | 10—20 | Разрушенный | 41—85 | 0.23 { 0.20 0.26 | 400 { 550 275 |

Джеспилиты

| Тип и структура | Веществ. состав, в % | | Проходка в мм/мин. дробью | Истира- ние, г/см ² |
|--|----------------------|--------------------|---------------------------------|-----------------------------------|
| | кварц | рудное вещество | | |
| Тонкослоистые железистые кварциты . . | 45 | 50 | 0.75 | 0.049 |
| | 45 | 55 | 0.77 | 0.065 |
| Полосчатые, иногда трещиноватые желе- зистые кварциты | 70 | 30 | 0.61 | 0.042 |
| | | | 0.75 | 0.059 |
| | | | 1.20 | — |
| | | | 1.35 | — |

Таблица 4

Кварцево-полевошпатовые и полевошпатовые породы

| Порода | Минер. состав, в % | | | Крупность зерна, в мк | Скорость проходки дробью за 30 мин., в м | Истирание, г/см ² | Раздавлив- ание, кг/см ² | Удар, кг × см/см ² | Твердость по Розинвалю |
|---|--------------------|-----------------|----------------------------|--------------------------|---|---------------------------------|--|-------------------------------------|---------------------------|
| | кварц | полево- шпат | цветные компо- ненты | | | | | | |
| Гранит | 46 | 49 | 5 | 0.5 | 0.120 | 0.15 | 2900 | 66 | 7358 |
| Гнейс | 28 | 46 | 26 | 0.37 | 0.130 | 0.25 | 2500 | 102 | 5183 |
| Диабаз | 2 | 49 | 49 | 0.42 | 0.160 | 0.29 | 3500 | 360 | 2645 |
| Габбро-диорит | — | 34 | 66 | 0.59 | 0.240 | 0.45 | 2400 | 91 | 1660 |
| Амфиболо-биотитовый сланец | — | — | — | 0.45 | 0.440 | 1.23 | 640 | 16 | — |

Таблица 5

Особо плотные и особо вязкие породы

| Порода | Скорость проходки дробью за 30 мин., в м | Истирание, г/см ² | Сжатие, кг/см ² | Удар, кг×см/см ² | Твердость по Розинвалю |
|------------------|---|---------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|---------------------------|
| Лшма | 0.015 | 0.06 | 3850 | 18 | — |
| Нефрит | 0.020 | 0.16 | 5500 | 200 | 1500 |

В исследованных породах выделено 5 групп: 1) известняки, 2) песча-
ники, 3) джеспилиты, 4) кварцево-полевошпатовые породы и 5) особо-
вязкие¹ и особо плотные породы.

В пределах отдельных групп пород можно констатировать следующие
закономерности:

1) В известняках буримость обнаруживает связь со структурой, со-
ставом и степенью свежести, и нет соответствия с механическими показа-
телями, в частности с истиранием.

¹ Термин «вязкий» применяется здесь в том неопределенном смысле, который
присущему в применении к твердым телам, в частности к техническому камню. Надо
думать, что при уточнении терминологии это понятие вязкости твердых тел в какой-
то мере будет все же сопряжено с их пластичностью.

2) В кварцевых девонских песчаниках существует полное соответствие как с петрографическими показателями, так и с показателями прочности (истирание и раздавливание).

3) Для джеспилитов никаких зависимостей не наблюдается.

4) Для кварцево-полевошпатовых пород полное соответствие с петрографической характеристикой, прочностью и твердостью.

5) Особо плотная порода, богатая свободным кремнеземом, — яшма укладывается по соотношению буримости с сопротивлением истиранию и раздавливанию в ряд кварцево-полевошпатовых пород, становясь в нем на первое место.

6) Для особо вязкой породы (нефрит) характерно отсутствие связи с истиранием и твердостью при сравнении характера разбираемых соотношений для нее и для ряда кварцево-полевошпатовых пород. Скорость проходки очень низкая.

В результате имеем следующие положения:

1. Кварцевые и кварцево-полевошпатовые породы укладываются в ряд по соотношению буримости, петрографической характеристики, прочности и твердости.

2. Известняки составляют ряд только по соотношению буримости и петрографических показателей. Соотношения буримости и прочности (сопротивление истиранию и раздавливанию) не выдерживаются.

3. Джеспилиты по изменчивости распределения в них тонкой слоистости, по разной степени сохранности и трещиноватости должны изучаться на правильно отобранных образцах по специально выработанной методике.

4. Нефрит вследствие вязкости бурится плохо; истирание и твердость не отражают вязкости.

Эти результаты совершенно определенно говорят о том, что для крупных горных пород можно установить соотношение между буримостью, с одной стороны, и прочностью, твердостью и структурными особенностями — с другой, тогда как для таких пород, как известняки и в особенности нефрит, примененные механические критерии не характерны. Особенно показательно это различие по поведению истирания. Еще в 1933 г. мною было высказано предположение, что причину различного характера связи коэффициентов прочности и буримости в различных петрографических типах горных пород следует искать в соотношении в них основных механических свойств — хрупкости и пластичности.

Это предположение находит себе подтверждение в современных попытках теоретически обосновать понятие о прочности и твердости твердых тел, а также дать физическое истолкование процессам их обработки и разрушения. В применении к горным породам и минералам очень внимательно на этих вопросах останавливаются П. А. Ребиндер и его сотрудники.

Для нас особый интерес представляют некоторые его положения, так как они выработаны им в связи с его работами над понизителями твердости в бурении.

Не входя в подробности, можно сказать, что П. А. Ребиндер различает понятие прочности и твердости — первое, как характеризующее элементарную деформацию и элементарный акт разрушения и выражающееся

максимальным напряжением $P_k = \frac{F_k}{S}$; второе, как характеризующее сум-

марный процесс разрушения, начинающегося с поверхности при периодическом действии какого-либо инструмента, подобно тому, как это имеет место в бурении. Этот процесс, сопровождающийся развитием зоны разрушения и скалыванием многих частиц, характеризуется работой

разрушения единицы объема $H_v = \frac{A}{\Delta V}$ и дисперсностью, т. е. суммарной удельной поверхностью образующихся частиц $S_1 = \frac{\Delta S}{\Delta V}$, откуда $\Delta V = \frac{\Delta S}{S_1}$ и $H_v = \frac{A}{\Delta S} \cdot S_1$; $\frac{A}{\Delta S}$, т. е. работа, затраченная на образование новой поверхности, представляет собой твердость H_s ; $H_s = H_v \cdot \frac{1}{S_1}$.

Затем им устанавливается для тел разной прочности и разной твердости, но с одинаковым характером механических свойств, пропорциональность между отношениями их твердости, прочности и величины поверхностной энергии:

$$\frac{H_1}{H_2} = \frac{P_1}{P_2} = \frac{\sigma_1}{\sigma_2}.$$

Твердость соразмерна с поверхностной энергией и измеряется в кг/см³. Очевидно для такого ряда твердых тел существует пропорциональность между H и σ : $H = K\sigma$, где K — коэффициент пропорциональности. Коэффициент этот очень велик и зависит от величины затраты энергии на пластические и упругие деформации и на трение.

Только в исключительных случаях разрушения, близких к идеально обратимому образованию поверхности, например отщеплению листочков слюды по спайности, коэффициент этот приближается к единице, и тогда оправдывается предложение Вейнберга и Кузнецова определять истинную твердость поверхностной энергией.

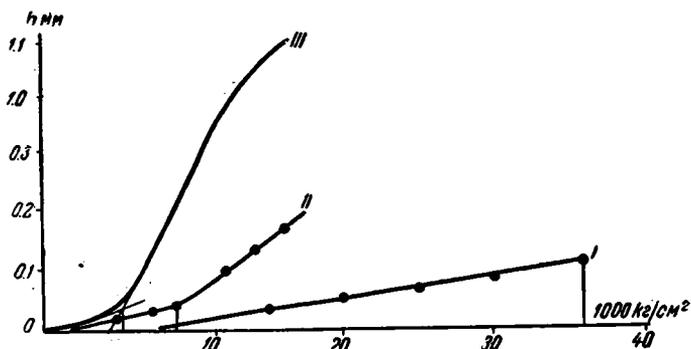
Скорость разрушения, выраженная в объеме разрушения за единицу времени, в процессах, подобных бурению, легко определяется из приведенного выше выражения $H_v = \frac{A}{\Delta V}$ при учете времени τ ; в этом случае это выражение принимает вид $H = \frac{A_1}{V}$, где $A_1 = \frac{A}{\tau}$ и $V = \frac{\Delta V}{\tau}$, откуда

$V = A_1 \cdot \frac{1}{H}$. При постоянной затрате работы скорость разрушения будет пропорциональна обратной величине твердости.

Эту величину $1/H$ Ребиндер предлагает назвать диспергируемостью, или обрабатываемостью. По мнению Ребиндера, идеальной шкалой буримости была бы шкала, основанная на определении величины поверхностной энергии, но беда заключается в том, что эта последняя может быть определена только для отдельных кристаллов из энергии решетки, а для комплексных кристаллических тел, таких, как горные породы, неопределима. Поэтому практически шкалу надо создавать в зависимости от технических факторов. Работу разрушения он определяет на специальных приборах — диспергометрах, в конечном счете на маятниковом диспергометре, доказывая, что так называемая маятниковая твердость пропорциональна истинной твердости.

Сопоставляя эти положения П. А. Ребиндера с приведенными экспериментальными данными, можно видеть, что ряд кварцевых и кварцево-полевошпатовых пород действительно отвечает устанавливаемой им пропорциональности $\frac{H_1}{H_2} = \frac{P_1}{P_2}$. Необходимо также отметить, что как методы определения твердости или диспергируемости, применяемые П. А. Ребиндером для сопоставления их с буримостью пород, так и наши более грубые методы определения истирания на машине Дори и твердости, пересчетом данных шкалы Мооса на шкалу Розиваля (метод шлифования), дают

только хрупкое разрушение. В этом сходятся такие видные представители науки о твердом теле, как В. Д. Кузнецов и А. В. Шубников. Оба они указывают на определение твердости царапанием и шлифованием, как на определение энергии хрупкого разрыва. То же относится, по В. Д. Кузнецову, и к маятниковым методам. Таким образом, рассматриваемые соотношения буримости с прочностью и твердостью иллюстрируются и выдерживаются на хрупких породах. Что же касается пластичных пород или пород с достаточно выявленной пластичностью, то, как показывают исследования известняков и нефрита, для них применяемые методы не дают данных для суждения о буримости. Очевидно, здесь придется применять методы, учитывающие пластические свойства пород, так как буримость пород видимо довольно чувствительна к этим свойствам, как это вытекает из сравнения данных для нефрита в табл. 5 и для пород табл. 4. Наличие пластических свойств известняков, в особенности кристаллических, установлено многими исследователями; интересные данные в этом отношении находятся в экспериментах Л. А. Шрейнера по определению твердости пород методом вдавливания. Приводимые ниже кривые (фиг. 1),



Фиг. 1. Кривые деформации (по Л. А. Шрейнеру).
I — для габбро-норита; II — для известняка; III — типичная для мягких металлов.

полученные им, хорошо иллюстрируют промежуточное положение известняков между хрупкими и пластичными телами.

Очевидно, сопоставление твердости, прочности и буримости пород правомерно только для пород с одинаковым характером механических свойств, как на это указывает П. А. Ребиндер. К сожалению, мы до сих пор еще не располагаем достаточным экспериментальным материалом для характеристики различных петрографических типов пород по их механическим свойствам.

В этом отношении предстоит еще большая работа как по выработке надлежащих методов такой характеристики, так и по накоплению цифрового материала. Тот экспериментальный материал, который использован в данной заметке, позволяет только наметить схематически и приближенно интересующие нас зависимости и должен быть и количественно и качественно дополнен.

Петрографическая характеристика должна быть более детальной, особенно со стороны микроструктуры. Характер механических свойств горных пород, в частности та или иная степень хрупкости и пластичности, определяется несомненно характером и количественным соотношением слагающих их минералов и микроструктурой пород. Вследствие этого при характеристике горных пород в отношении любого физико-механического их свойства, в частности буримости, необходимо пользоваться детальной петрографической классификацией пород.

Физико-механическая характеристика также должна быть специально разработана как со стороны надлежащего подбора видов испытаний, так и точности числовых определений.

Для освещения затронутого здесь вопроса желательно поставить специальные лабораторные эксперименты по бурению различных горных пород и параллельному петрографическому и физико-механическому их исследованию.

Что касается разработки шкалы буримости, которая могла бы претендовать на конкретное практическое применение, то, конечно, она также должна быть дифференцирована не только по типам пород, но и в отношении основных факторов, определяющих поведение подвергающихся механическим напряжениям пород, как в природных условиях залегания, так и в вынутых блоках.

К таковому относятся, как это в большей своей части учитывается и проф. Сухановым: 1) степень плотности или пористости, 2) степень однородности, 3) трещиноватость, 4) степень свежести или выветренности.

Нам представляется, что, только положив в основу классификации пород эти четыре признака плюс основной — характер механических свойств пород различного петрографического типа, можно создать рациональную классификацию пород по их механическим свойствам, применение которой при различных способах разрушения или обработки пород, находящихся (или находившихся до выемки образцов) в различных геологических условиях, будет уже делом только некоторой детализации, а также спецификации методов испытаний.

Л И Т Е Р А Т У Р А

- Кузнецов В. Д. Современное состояние вопроса о твердости. Изв. Акад. Наук СССР, сер. физич., 1937, № 6.
- Кузнецов В. Д. Физика твердого тела, т. I. Изд. 2-е, 1937.
- Рейндер П. А. и Венстрем Е. К. Влияние среды и адсорбционных слоев на пластическое течение металлов. Изв. Акад. Наук СССР, сер. физич., 1937, № 4—5.
- Рейндер П. А., Шрейнер Л. А. и Жигач К. Ф. Понижители твердости в бурении. Акад. Наук СССР, М. — Л., 1944.
- Суханов А. Ф. Буримость и взрываемость горных пород. Изд. нефт. и горно-топл. лит., 1940.
- Суханов А. Ф. Методическое указание к разработке единой шкалы буримости. Гостехиздат, 1941.
- Суханов А. Ф. Единая классификация горных пород по буримости и взрываемости. Гостехиздат, 1944.
- Шамшев Ф. А. и Боровский Е. В. К проблеме буримости горных пород. ОНТИ, 1937.
- Шрейнер Л. А. Новый метод определения твердости горных пород и буримости. Докл. Акад. Наук СССР, 1942, 34, № 4—5.
- Шубников А. В. К вопросу о сущности процесса шлифовки и полировки твердых тел. Тр. Ломоносовск. инст., 1936, 8.
- Шубников А. В., Флинт Е. Е. и Бокль Г. В. Основы кристаллографии. Акад. Наук СССР, М. — Л., 1940.

Б. П. БЕЛИКОВ

**ГЕОЛОГО-ПЕТРОГРАФИЧЕСКОЕ И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКОЕ
ИССЛЕДОВАНИЕ УЛЛУ-КАМСКОГО ГРАНИТА
(СЕВЕРНЫЙ КАВКАЗ)**

Граниты центральной части северного склона Кавказского хребта многократно служили предметом описаний как в отдельных своих участках, так и в целом. Соответственно и по заинтересовавшему нас объекту — гранитам верховья р. Уллу-Кам (Кубани) — имеется довольно большая геологическая литература, так что появление нашей статьи оправдывается только особой точкой зрения, с которой рассматриваются данные граниты, и специфической методикой исследования их.

Описываемые ниже граниты заинтересовали нас своей светлой окраской, отвечающей пожеланиям, высказанным архитекторами Дворца Советов по отношению к материалу для внешней облицовки этого монументального сооружения. Специфичность методики исследования гранитов обусловлена тем, что они изучаются нами и как геологическое тело и как объект для дальнейшей эксплуатации и службы в сооружении. Это вызвало необходимость тесного и своеобразного сочетания общепринятых геологических методик (тектоническое исследование, химия, стандартная микроскопия) со специальными методиками исследования самого вещества камня: ряда физических его свойств, ориентировки в нем минералов, выяснения теоретической долговечности его. Все эти методики имеют в качестве объединяющего признака материал исследования — облицовочный гранит; он обуславливает совершенно определенный характер подхода к исследованиям — подхода геолого-петрографического. В первую очередь нас интересует существо камня, влияние структуры, геологической истории (в главном тектоники), материального состава и степени измененности на физико-механические особенности и в конечном счете на эксплуатационные свойства камня.

Часть применяемых методик давно привычна геологам-петрографам, часть же применяется у нас впервые, во всяком случае впервые для оценки камня.

Настоящую работу следует рассматривать поэтому в известной степени как попытку установления указанных выше зависимостей путем применения новых методик.

І. ВВЕДЕНИЕ

Объектом исследования послужили равномернозернистые светлосерые граниты, развитые по берегам р. Уллу-Кам, в пределах от устья р. Узун-Кол до слияния с р. Уллу-Хурзук. Описываемые ниже граниты представляют собой почти 15-километровой ширины участок гранитного батолита, коим сложена данная часть Главного Кавказского хребта. Разведка гранита производилась в 1938—1939 г. СКГУ, однако в связи с сомнениями в правильности выбора места под разведку была приглашена экспертная комиссия в составе акад. Д. С. Белянкина, проф. Б. В. Залесского и автора настоящей статьи, которая осмотрела месторождение и пробные карьеры летом 1939 г. Появился полевой материал, постепенно накопился и лабораторный материал (так как испытания и исследования производились в лаборатории ИГН); синтез того и другого, дополненный микроскопической и литературной обработкой, дал основания к написанию настоящей статьи. По понятным из вышеизложенного причинам, мы ограничиваем себя участками гранита, предполагавшимися под эксплуатацию, не претендуя на геолого-петрографическое описание массива в целом.

II. ОПИСАНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

1. Некоторые черты геологического строения и геоморфологии

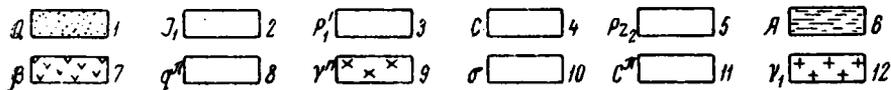
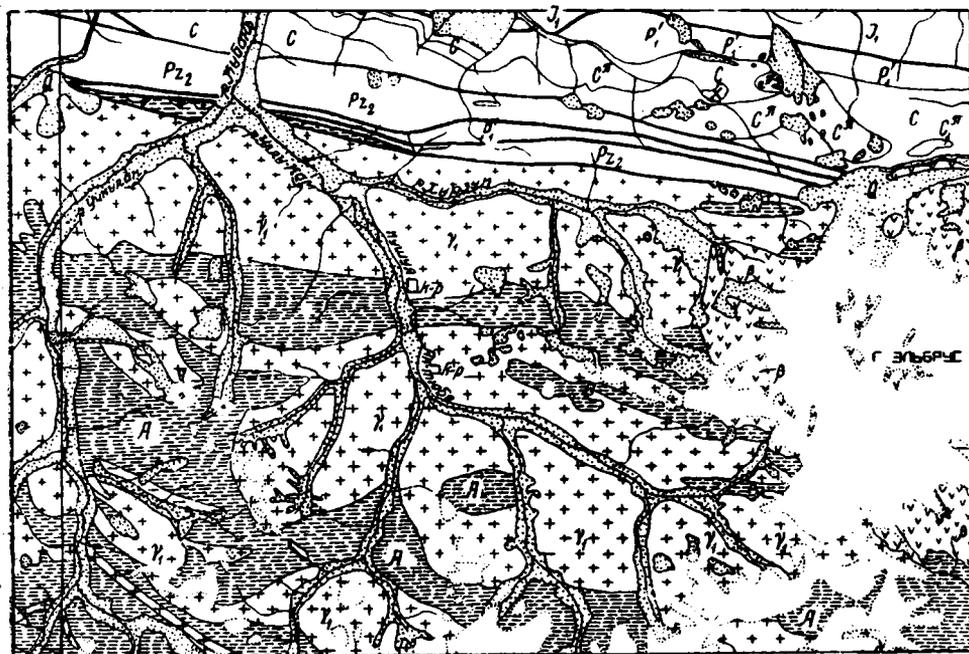
Интересующий нас гранит является главной породой, слагающей верховья р. Кубани. Как видно из прилагаемой карты (фиг. 1), он обнажается по истокам Кубани — рекам Учкулан и Уллу-Кам и главным притокам их: Учкулан-Иси, Уллу-Хурзук, Узун-Кол, Чирин-Кол и др. Несколько менее распространены метаморфические породы нижнего докембрия, представленные кристаллическими сланцами и мигматитами. Состав этой свиты разобран подробно в работах Соловьева (1931), Герасимова (1939) и др., поэтому мы на ней останавливаться не будем.

Метаморфические породы нижнего докембрия перемежаются с гранитом, ориентируясь в общем в виде полос близкого к широтному направлению общекавказского простирания. Взаимоотношения их с гранитами таковы, что позволяют говорить о них как о кровле интрузии гранитов. Часто наблюдаются горячие контакты. Например, в 0.5 км южнее опытного карьера Кушуга, на 11-м километре шоссе обнажается горячий контакт между гранитом и слюдястыми гнейсами. Граниты внедряются в гнейсы, пронизывая их многочисленными кварцевыми и пегматитовыми жилками. Мощность контактной зоны, по нашим наблюдениям, превышает 200 м, контактная полоса тянется от верхней террасы р. Уллу-Кам в широтном направлении вверх к водораздельному гребню.

Местами гнейсы представляют типичную кровлю, сохраняясь в виде шапок на гипсометрически наиболее возвышенных частях гранита, местами же уходят под граниты, что свидетельствует, вероятно, о неглубоком сравнительно эрозионном срезе гранитного батолита и, может быть, о тектонических контактах. Глубина среза, исходя из разницы высот между наиболее возвышенными точками района (2800—3000 м) и поймой Уллу-Кама в районе карьера Кушуга (1500 м), получается до 1300—1500 м.

При условии небольшой сравнительно глубины эрозионного среза батолита, естественно возникает вопрос о том, в какой мере изменяются свойства (главным образом цвет и трещиноватость) гранита в зависимости от близости кровли. Маршрутные наши наблюдения подобных изменений не показали, систематических же исследований с этой точки зрения произведено не было.

Граниты местами образуют скальные обнажения, местами покрыты плащом рыхлых пород, обычно делювием и ледниковыми отложениями, причем в последнем случае непосредственно на граните лежит морена, а над ней делювий. Делювий представлен разнообраз-



Фиг. 1. Геологическая карта Уллу-Камского района

Выкопировка из рабочей карты Кавказской экспедиции масштаба 5 в. в дюйме, составленной на основании карты Агалина 1927—1931 гг. 1—четвертичные образования; 2—сланцы нижней юры; 3—красноцветная свита нижней перми; 4—отложения карбона; 5—среднепалеозойские отложения; 6—докембрий, кристаллические сланцы; 7—андезиты, базальты; 8—кварцевые порфиры; 9—молодые граниты (неоитрузия); 10—эмеевики; 11—порфиры карачевской свиты; 12—древние граниты (верхний докембрий).

ного размера остроугольными обломками, преимущественно гранитов, частью гнейсов. Мощность делювиального плаща подвержена значительным колебаниям. Нас, естественно, интересовали участки с наименьшей мощностью делювия.

Морена представлена несортированными рыхлыми отложениями из глины с валунами разного размера.

Разведочными работами в районе месторождения Кушюя хорошо обнажены морены на ледниковой террасе, расположенной метров на 120—150 над поймой р. Уллу-Кам, т. е. на высоте 1600—1650 м. Они имеют мощность до 10 м и прикрыты сверху флювиогляциальными отложениями. На склонах часто наблюдаются формы бараньих лбов и следы ледниковой штриховки. Особенно хорошо выраженные бараньи лбы имеются у слияния рр. Уллу-Кам и Узун-Кол (участок «Бараньи лбы») и выше по правому берегу р. Уллу-Кам. Разведываемый участок 16-го километра (скалы Ак-Тюбе) также имеет форму, напоминающую бараний лоб: к долине Уллу-Кама склоны обрываются окатанными и закругленными краями.

Интересно отметить, что террасированные поверхности обоих этих участков также имеют высоты 1610—1630 м.

2. Некоторые экономико-географические данные

Район не населен: ближайший аул Хурзук стоит на 4—6-м километре шоссе, т. е. отстоит в 10—12 км от месторождения Ак-Тюбе. Население занято скотоводством, полеводством и огородничеством. Избытка рабочей силы не имеется — она должна быть завезена. Жилищное строительство необходимо при любом варианте выбора карьера. Наиболее удобна для жилищного строительства первая надпойменная терраса (10—20 м над поймой реки). Река Уллу-Кам с ее дебитом около 2 м³/сек. может вполне обеспечить поселок водой как питьевой, так и технической. Имеются места, удобные для постройки гидростанции.

Шоссейная дорога идет до г. Клухори и далее до ст. Джегута, однако некоторые мосты для прохода тяжело груженных машин не приспособлены, — их придется перестраивать и габариты шоссе несколько изменять. От карьера Ак-Тюбе до Клухори 62 км, до ст. Джегута около 130 км. Баталпашинскую ветку, доведенную сейчас до Усть-Джегуты, предполагается достроить до Клухори.

3. Возраст пород

Возраст описываемого гранитного батолита точно документирован быть не может: граниты нигде не секут фаунистически охарактеризованных осадочных свит. Предположительно им дается возраст докембрийский до нижнепалеозойского, основанием к чему служат: 1) факт контактных изменений гранитами гнейсовой толщи, относимой к докембрию; так, А. П. Герасимов в своей последней сводке по докембрию Кавказа (1939) относит развитые здесь свиты условно к верхнему и нижнему докембрию; 2) факт отсутствия горячих контактов с палеозойскими породами; 3) факт находений гальки этих гранитов в конгломератах нижней перми и карбона и, по указанию И. Г. Кузнецова (1940), также «верхнего девона и, повидимому, верхнего силура».

Степень изученности и расчлененности данных гранитов, однако, далеко не достаточна, среди них даже в пределах так называемых серых гранитов центральной части Главного хребта различается несколько разновидностей: И. Бессонов различает четыре разновидности, петрографы ИГН АН СССР две разновидности,¹ Т. М. Дембо (1937) шесть разновидностей и т. д.

Как и обычно в таких вопросах, данные эти плохо сравнимы между собой ввиду разного методологического подхода названных исследователей к вопросам классификации.

Для восточного конца гранитов Главного хребта района Дигория М. И. Ициксон (1940) выделяет четыре разновидности гранитоидов: порфирировидные биотитовые гранодиориты, равномернозернистые двухслюдяные и отчасти мусковитовые граниты, роговообманковые кварцевые диориты и розовые хлоритизированные, так называемые фаснальские граниты. Последнюю разновидность он, по своим наблюдениям и в согласии с данными Левинсон-Лессинга (1904), считает аналогами второй, получая таким образом всего три разновидности. Взаимоотношения между ними не вполне ясны: единственный факт (по Ициксону) для решения этого вопроса — найденная в районе Сангутидонского ледника глыба порфирировидного гранита, рассеченного равномернозернистым — говорит о большей молодости равномернозернистых гранитов.

¹ Устные сообщения Н. И. Соустова и Г. Д. Афанасьева.

К такому же выводу, независимо от Ициксона, пришел Н. И. Соустов, констатировавший в районе р. Сукан факт внедрения равномернозернистых разностей в порфировидные и ксенолиты последних в первых.

Г. Д. Афанасьев склонен отделять порфировидные граниты от уллу-камских (равномернозернистых), давая последним более молодой палеозойский возраст.

Г. М. Ефремов (1941) выделяет среди древних гранитов 2 типа: белореченский и балкарский; относя описываемый гранит к последнему типу, он дает ему возраст в пределах нижнего и среднего палеозоя.

Многие другие исследователи воздерживаются от возрастного расчленения гранитов Главного хребта.

4. История исследования

В изученном районе мы имеем дело, грубо говоря, с одной разностью гранита — серым, равномернозернистым, иногда отчасти порфировидным двуслюдяным гранитом так называемого уллу-камского типа. К нему и будет относиться дальнейшее описание.

Район распространения этих гранитов геологически описывался неоднократно: в последние годы он был посещен Агалиным (1929), Кашкай (неопубликованные данные), Дембо (1937).

Агалин, обследовавший район в 1927 г., опубликовал геологическую карту масштаба 1 : 210 000. Эта карта не захватывает нашего района: она кончается несколько севернее района опытных карьеров. В работе Агалина довольно значительное внимание уделяется тектонике района. Им устанавливается ряд надвигов общекавказского простирания, однако тектоники интересующего нас гранитного массива он почти не касается. Рукописная карта Агалина, составленная им по работам 1927—1931 гг. и охватывающая район до водораздела Главного хребта, включает в себя весь наш район, но нам не удалось, к сожалению, познаться с объяснительной к ней запиской. В несколько измененном и уменьшенном виде часть карты приводится в настоящей статье. Внесенные изменения касаются соотношений гранитов; Агалин выделяет в районе два типа гранитов: гранит Главного хребта и уллу-камский гранит. По нашим же наблюдениям все это одинаково равномернозернистые граниты, поэтому мы не находим возможным их разделять.

Кашкай, обследовавший район в 1935 г., составил петрографическую карту верховьев Уллу-Кама и Учкулана в масштабе 1 : 100 000. Карта показывает границы распространения гранитов и мигматитов, но почти совершенно лишена элементов тектоники. Работа содержит весьма подробное описание пород района.

Дембо, обследовавший этот район в 1935 г., также дает детальное петрографическое описание, выделяет микроклин-ортоклазовые граниты и пытается идентифицировать последние с расположенными севернее красными, так называемыми «северными» гранитами. Им дается карта масштаба около 1 : 300 000, отличающаяся от карты Кашкай только отсутствием кварц-диоритов, показанных последним на водоразделе Учкулана и Уллу-Кама, против скал Кушуя.

В отличие от Агалина, северный контакт гранитов с кристаллическими сланцами он считает не тектоническим, а интрузивным. Он идентифицирует трактуемые нами граниты с «красными северными» гранитами.

Последующие посещения этого района были связаны уже с заданием строительства Дворца Советов по поискам светлых гранитов на Кавказе и рассматриваются в специальной части.

5. Соображения о тектонике

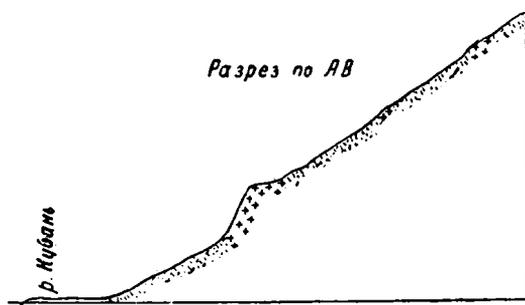
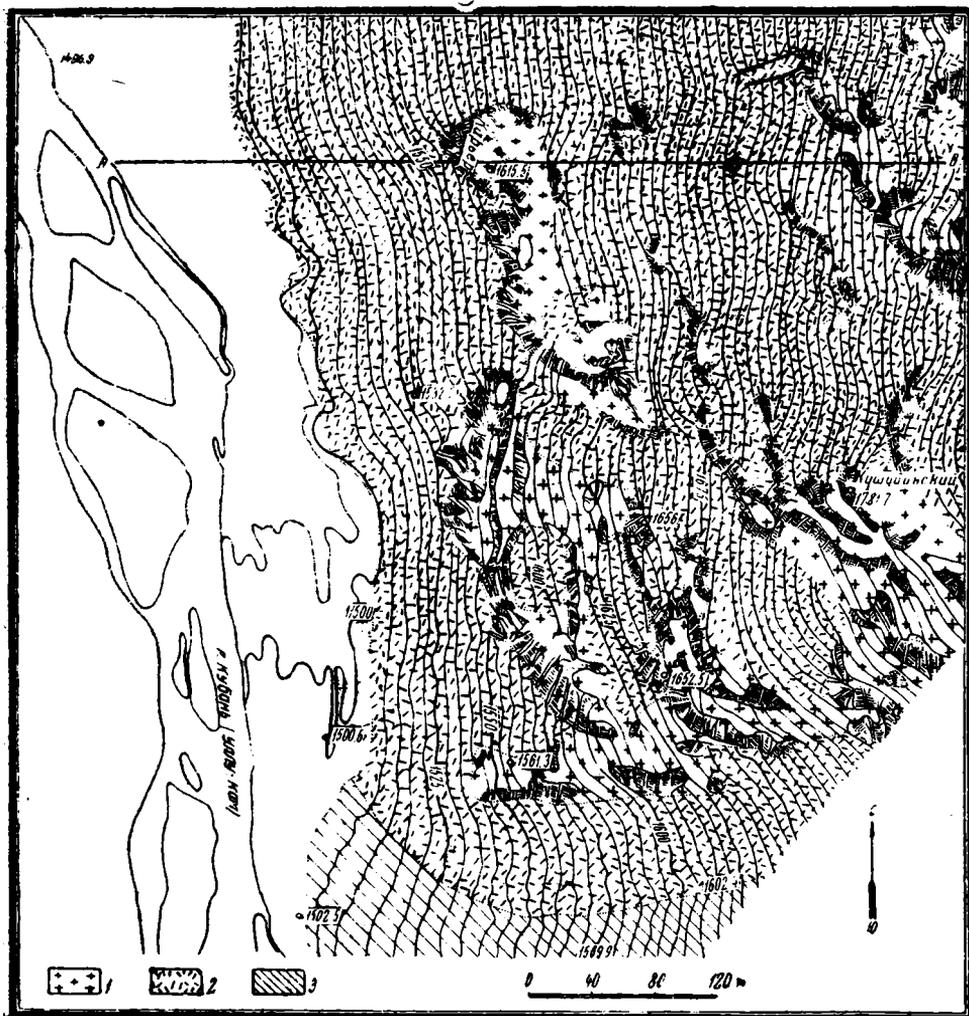
Самые общие соображения о тектонике района мы находим у Ренгартена (1930). В выделяемой им зоне III-а (центральная часть северного склона) он указывает на господствующее перемещение масс с севера на юг путем крупных надвиговых движений под углами $40-60^\circ$. Более мелкие разрывы, идущие под крутыми углами, могут иметь как северные, так и южные перемещения.

У Г. П. Агалина имеются более конкретные указания на тектонику прилегающих с севера к гранитному массиву осадков (тектоника гранитного массива им почти не рассматривается). Разрывные дислокации он относит к альпийской складчатости и разделяет их на сбросовые и надвиговые. Сбросы имеют западное и северо-западное простирание и падают на юг под углами $80-85^\circ$, т. е. почти вертикально. Система надвигов проходит у самого северного контакта с гранитами с почти широтным простиранием и крутым падением на север.

Не имея возможности производить региональные наблюдения, мы не смогли ничем дополнить эти данные. Наши исследования свелись к изучению прототектоники и трещинной тектоники месторождений. По вопросу о подходе к изучению последней существует весьма обширная литература как общетектоническая, так и касающаяся специально строительного камня. В настоящее время наиболее употребительными можно считать два метода трактовки расположения и характера трещин отдельности: метод Клооса и метод Зандера. Каждый из них имеет свои преимущества и недостатки. Метод Клооса, разработанный им для гранитов, дает классификацию трещин по характеру и поведению их, что очень важно для последующей разработки месторождения. Применение метода Клооса требует большого опыта в определении характера трещин. Работнику малоопытному часто бывает трудно разобраться в характере их, что ведет ко многим недоразумениям и разочарованиям в этой методике. Часто случается также, что не все найденные в процессе изучения массива трещины укладываются в блок-диаграмму, и тогда трактовка их по Клоосу становится затруднительной. Применяя методику Клооса, крайне трудно обойтись без рабочей гипотезы о значении каждой системы трещин. В нашем же случае, когда трещины ориентируются крайне разнообразно, подметить известную систему в расположении их очень трудно. В таких случаях лучше подходить статистическим методом — путем нанесения на диаграмму большого числа замеренных трещин.

Графический метод нанесения трещин, применяемый Клоосом (роза трещин), страдает одним большим недостатком: он не дает возможности нанести угол падения, что для случаев изменчивости последних делает диаграмму почти нечитаемой. Эта диаграмма хорошо применима в тех случаях, когда большинство трещин вертикально или почти вертикально.

Другим путем подхода к изучению трещиноватости является методика, предложенная Бекером и Зандером (Sander, 1930), популяризируемая и применяемая у нас Пэком (1939). Методика основана на сопоставлении данных внешней и внутренней тектоники. Трещины обрабатываются статистически, путем производства большого числа измерений и нанесения полюсов их на сетку, для чего наиболее удобна равноплощадная сетка В. Шмидта, дающая возможность подсчета плотности наносимых полюсов трещин. Измерение плотности попадания полюсов трещин производится таким же способом, как и для полюсов спайности или оптических осей (см. Пэк, 1939; Haff, 1938). Подсчет плотности и проведение изолиний выясняют расположение максимумов, т. е. главнейших направлений падения трещин.



Фиг. 2. Южная часть геолого-литологической карты района Кушуйского месторождения гранита с разрезом по линии А — В (по В. А. Булатову).
1 — граниты; 2 — делювий склонов; 3 — пролювиальные отложения.

Переходя к трещинной тектонике обследованных участков месторождения, дадим прежде всего краткое описание самих участков. Как было указано выше, разведывались 3 участка: подробно участок Кушуй и предварительно участки Ак-Тюбе и Бараньи лбы. По причинам, которые были указаны выше, подробно мы осветили только первые два участка.

1. Скалы Кушуя (фиг. 2), расположены на 11-м километре шоссе на правом берегу р. Уллу-Кам, имеющей здесь отметку около 1500 м.

Подножье скал отстоит на 150—200 м от берега реки, отделенное от нее делювиальной осыпью высотой от 20 до 60 м и узкой полосой пойменной террасы, обычно заболоченной.

Скалы поднимаются метров на 50—70 и сменяются кверху более пологим, несколько террасированным участком, покрытым делювием (а внизу, по данным разведки, мореной) (фиг. 3). Выше идет следующая гряда скал, и так далее до водораздельного хребта, имеющего на данном участке наивысшую отметку 2867 м.



Фиг. 3. Вид скал Кушуя с севера. Видна террасированная поверхность склона.

Объектом изучения послужила нижняя гряда скал. Она ограничена с севера и с юга плоскими оврагами, заполненными пролювием. Протяжение нижней гряды скал по фронту, вдоль реки, около 450—460 м. Глубоким, наполненным живыми осыпями оврагом гряда делится на 2 участка: северный (150—180 м) и южный (270—300 м).

Разведка была проведена на северном участке, ввиду меньшей, по глазомерному определению, его трещиноватости.

Разведочные выработки были расположены по всей площади участка. Буровая скважина глубиной 70 м задана вертикально в середине северного края участка на отметке около 1650 м. Пробная эксплуатация производилась в шести небольших забоях, заложенных по фронту месторождения.

Зоны нарушений на месторождении Кушуя можно констатировать только в трех местах:

1) Зияющие трещины, открытые, до 0.5 м, падающие на север с азимутами 0—15° под углами 30—54°. Трещины находятся над северным участком на высоте около 1720 м и, судя по мощным милонитовым зонам, их сопровождающим, представляют, вероятно, результат пологих надвиговых движений близкого к меридиональному направления.

2) Зона дробленого гранита, намечаемая логом между северным и южным участками. Она плохо выражена, и поэтому простираение ее может быть дано только приблизительно как юго-восточное.

3) Лобовая часть месторождения южного участка (т. е. скалы, смотрящие на реку) представляет собой вертикальную стену (фиг. 4) с обширными зеркала́ми скольжения. Простира́ние меридиональное, падение на запад под углом около 80° . Граниты милонитизированы, содержат включения гнейсов.



Фиг. 4. Обнажения скал Кушун; лобовая часть южного участка.

Геолого-разведочной партией высказано предположение, что северный борт участка (ограниченный логом) также намечен вертикальной сбросовой линией широтного простира́ния.

Гранит в пределах этого месторождения почти не имеет накло́ности к слоистости. Только в одной-двух точках на границе северной и южной частей месторождения можно установить сле́ды ее с простира́нием СВ 350° , падением СВ 80° угол 70° и простира́нием СВ 320° при вертикальном падении.

При изучении трещин отдельности крайне трудно было определить генезис их и даже решить, являются ли они трещинами разрыва или скальвания. Это особенно затруднялось тем, что не было возможности выделить здесь какие-либо системы. Пегматитовые жилы северо-восточного простира́ния немногочисленны.

Статистическая диаграмма по В. Шмидту, составленная нами на основании 218 замеров падения трещин, представлена на фиг. 5. Она не показывает ясно выраженных максимумов, что говорит об отсутствии на участке Кушун определенной закономерности в распределении трещин. Это могло явиться результатом нескольких фаз тектогенеза с усилиями, действовавшими в различных направлениях.

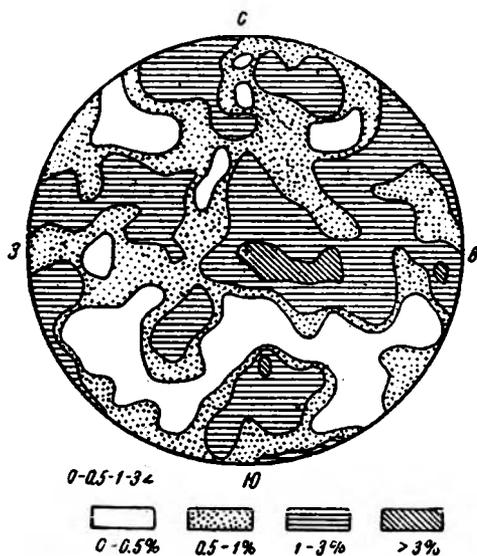
На фиг. 6 показан момент разрезки блока гранита из месторождения Кушун.

2. Скалы Ак-Тюбе расположены в начале 16-го километра шоссе, где они выступают среди мощных оспей гранита, обрываясь к проходящей у основания их дороге. Они тянутся меридионально метров на 150—170 (фиг. 7), затем поднимаются вверх, отделяясь от дороги крупноглыбовыми осыпями, под которыми постепенно в южном своем конце исчезают, выступая вновь уже на участке «Бараньи лбы». С севера скалы срезаются оврагом.

Дорога проходит по надпойменной террасе шириной 250—300 м, удобной для строительства поселка и подсобных карьерных сооружений.

Скальные обнажения, имеющие высоту около 50 м, в верхних своих частях обтерты ледниками (фиг. 8 и 9) и террасированы, затем террасированная поверхность слегка понижается и уходит под крупноглыбовую осыпь гранита, поднимающуюся постепенно к водораздельному гребню.

Тенденция к понижению у террасированной площадки в верхней части скальных обнажений обуславливает несколько трогообразный характер ее, подтверждая, наряду с обтертостью скал, наши предположения о ледниковом происхождении этих форм.



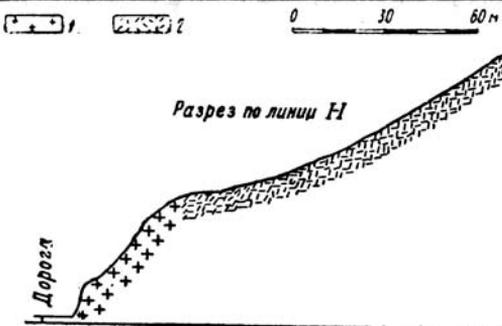
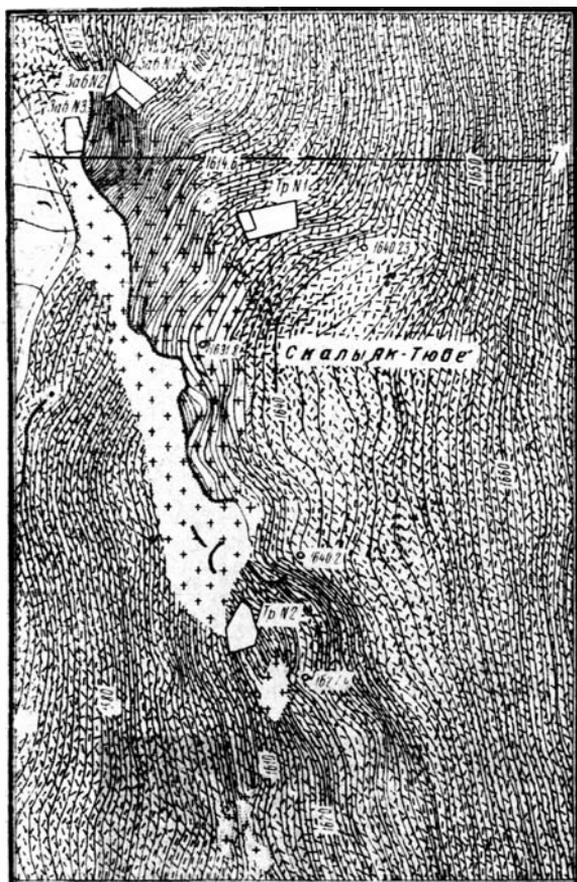
Фиг. 5. Диаграмма трещин месторождения Кушуй, по В. Шмидту (218 замеров).



Фиг. 6. Разрезанная глыба на месторождении Кушуй.

Мощные осыпи содержат довольно значительный процент достаточно крупного материала, который частично может быть использован для получения блоков. В скальной части месторождения заложен опытный

карьер, из трех забоев (фиг. 10), а в частях, покрытых осыпями, две траншеи, доведенные до коренных обнажений. Расположение и формы тех и других видны на фиг. 7.



Фиг. 7. Северная часть литологической карты месторождения светлосерых облицовочных гранитов Ак-Тюбе с разрезом по линии I — I (по Шулимовичу). 1 — обнажения гранита; 2 — крупноглыбовая осыпь. На карте показано расположение опытных выработок.

сильно раздробленным, здесь среди сравнительно мало раздробленных участков можно выделить зоны энергичного раздробления. Такая зона, мощностью около 15—20 м, проходит в середине северной части месторождения.

3. Участок «Бараньи лбы» расположен в 300—400 м южнее скал Ак-Тюбе напротив слияния рр. Уллу-Кам и Узун-Кол. Характер скал, в форме бараньих лбов, возвышающихся метров на 50 над террасой, хорошо обтертых и обнаженных со всех сторон, дает возможность судить о значительной трещиноватости гранитов данного участка. Кроме того, хорошая обнаженность скал показывает явную гнейсовидность гранита, выраженную гораздо более резко, чем в описанных выше двух месторождениях, притом настолько ясную, что вряд ли удалось бы получить плиты однородной окраски при разрезке данного гранита. Это свойство гранита, наряду со значительной трещиноватостью его, обедняет месторождение; представляется, что этот участок вовсе не заслуживал разведки (как и многие другие, отброшенные в процессе проспекта), поэтому подробно в дальнейшем описании на нем останавливаться мы не будем.

Выше по течению р. Уллу-Кам имеется целый ряд обнажений тех же гранитов, однако среди них не было обнаружено месторождений, расположенных более удобно, чем Ак-Тюбе. Качество гранита этих участков не проверялось, расцветка же их в общем такая же, как и на месторождении Ак-Тюбе.

В отношении характера развития трещин участок Ак-Тюбе построен более неравномерно, чем Кушуй; там весь гранит представляется

дения, имея падение на ЮВ $110-120^\circ$ под углом до 60° и протягиваясь на северо-восток. Подобные же зоны меньшей мощности развиты в южной части месторождения.



Фиг. 8. Часть обнажения Ак-Тюбе.

В верхней части фигуры видна обтертость скал—результат ледниковой деятельности.

Замеры падения трещин, произведенные на месторождениях Ак-Тюбе и Бараньи лбы, сведены в одну диаграмму (фиг. 11), так как они в общем довольно близки друг к другу. Диаграмма показывает следующее.

Трещины располагаются менее разбросанно, чем на месторождении Кушуга, и главные направления падений их могут быть сведены в четыре максимума. Из них два главных:

- 1) СВ 43° угол 38° 2) ЮВ 135° угол 70°

и два менее насыщенных полюсами:

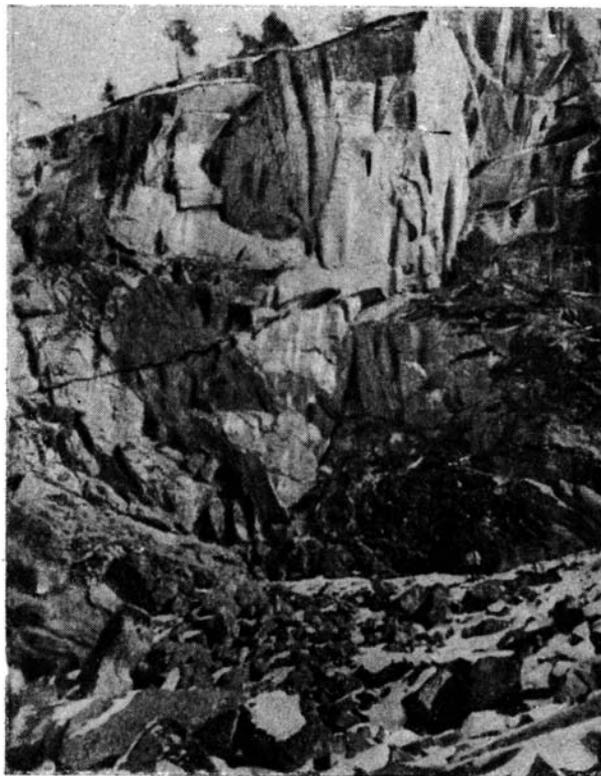
- 3) ЮЗ 192° угол 70° и 4) ЮЗ 264° угол 66° .

Такое расположение максимумов нельзя признать вполне благоприятным уже потому, что их не три, а четыре, т. е. блоки, образуемые трещинами, не будут иметь тенденции к правильной параллелепипедальной форме. Диаграмма показывает также почти полное отсутствие горизонтальных и вертикальных плоскостей отдельности.

Очень сходную с предыдущей, но несколько более четкую картину распределения трещин показывает диаграмма, составленная на основании замеров, произведенных на месторождении Ак-Тюбе. Разбором этой диа-

граммы (фиг. 12), дающей представление о характере распределения трещин в месте заложения будущего карьера, мы считаем необходимым заняться несколько подробнее.

Так же как и в предыдущей диаграмме, но более четко здесь выделяются четыре максимума: Q — главный максимум со средним азимутом падения ЮВ 123° угол 63°;¹ максимум S — СВ 33° угол 33°, совпадающий



Фиг. 9. Скалы Ак-Тюбе
Видна крупноглыбовая осыпь.

с плоскостью наилучшего раскола; максимум D — 360° угол 75°; второстепенные максимумы L — ЮЗ 242° угол 65° и L₁ — 218° угол 42°.

Буквенные обозначения даны в предположительном соответствии с номенклатурой трещин, предложенной Г. Клоосом (Cloos, 1921), у нас популяризированной впервые Лодочниковым (1926, 1927).

Угловые расстояния между максимумами (по измерению на сетке Вульфа) следующие:

| | | |
|----------------------|-----------------------|----------------------|
| QS — 78° | SL ₁ — 82° | DL — 65° |
| QL ₁ — 83 | SL — 65 | DL ₁ — 58 |
| QL — 79 | SD — 46 | |
| QD — 62 | | |

Попытаемся разобраться в значении этих максимумов. Исходным пунктом для решения вопроса о физическом значении максимумов служит то положение, что с системой трещин S совпадает плоскость наилучшего

¹ Максимум этот характерен для многих кавказских гранитов.

раскола (по наблюдениям каменотесов). Как увидим из дальнейшего изложения, с этой плоскостью совпадает плоскость некоторой ориентировки в расположении слюд, т. е. мы имеем плоскость истечения (flow layer) или S Зандера.

По Клоосу, в этой плоскости лежит волокно (Faserung), однако, обычно в гранитных массивах развиты две плоскости, проходящие через «волокно»: близкая к вертикальной и близкая к горизонтальной. В нашем



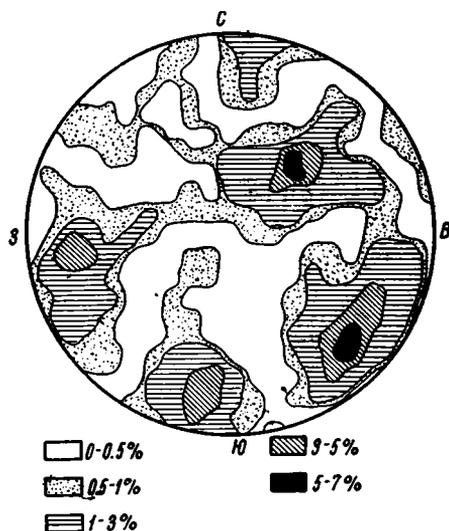
Фиг. 10. Опытный карьер Ак-Тюбе.
(Крестиком отмечено место взятия пробного блока).

случае нет вертикальной и горизонтальной систем трещин — обе системы, более или менее параллельные волокну, наклонны; с плоскостью наилучшего раскола совпадает система СВ 33° угол 33° , и эту систему естественно принять за S. Вторая система — это плоскости L и L_1 , также наклонные. Если принять, что система S выведена из вертикального положения и повернута на какой-то угол, то на такой же угол должна быть повернута и система L, с ней сопряженная. Из двух максимумов L и L_1 последний гораздо лучше соответствует клоосовским построениям. Он дает угол 82° с системой S и 83° с системой Q. Однако это унтермаксимум, и практически гораздо большее значение будет иметь максимум L, довольно близкий к L_1 .

Третья система трещин Клооса должна быть близкой к вертикальной и перпендикулярной к Faserung. Такой системой является в нашем случае Q. Так же, как и в построениях Клооса, — это наиболее развитая система трещин.

Три выделенные нами системы трещин S, Q и L создают при пересече-

чений своим параллелепипед, довольно близкий к прямому (как можно видеть из приведенной на стр. 32 таблицы углов между системами и фиг. 13), однако сильно наклонный к горизонту ($S - 33^\circ$ вместо 90° , $L_1 - 42^\circ$ вместо 0° , $Q - 63^\circ$ вместо 90°). Этот наклон может являться следствием многих причин: 1) он может быть результатом неравномерных и косонаправленных давлений на интрузию в процессе ее образования, 2) может быть результатом дальнейших тектонических движений, которые вывели интрузию из первоначального ее залегания. Интересно, что выводимая на основании приведенных выше данных линия наибольших действовавших усилий имеет простирание СВ 33° и ЮЗ 218° , т. е. близко соответствует перпендикуляру к общекавказскому простиранию.



Фиг. 11. Диаграмма трещин Ак-Тюбе и Бараньи лбы (330 замеров падения).

Так может быть трактована диаграмма по Клоосу. Надо указать, что положение трещин в пространстве не вполне укладывается в рамки обычных представлений Клооса — приходится допускать наклонный Вауквадер и т. д. Попробуем поэтому дать интерпретацию их с точки зрения обычных представлений Зандера, сделав это, однако, после главы о специальном микроскопическом исследовании по методу Зандера (стр. 47).

III. ПЕТРОГРАФИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ГРАНИТОВ

1. Участок Ак-Тюбе

Граниты Ак-Тюбе, как видно из приводимых ниже описаний, представляют собой среднезернистые породы светлосерого цвета, обычно с небольшим количеством порфиридных вкрапленников, принадлежащих, как правило, микроклину. Размеры вкрапленников до 1—2 см по длинной стороне. Почти все граниты характеризуются в общем равномернозернистостью, только некоторые из них имеют наклонность к слоистости. Последняя представляет собой результат ориентированного расположения слюд, повидимому, как следствие некоторого частичного гнейсирования пород под влиянием динамометаморфизма. Все граниты характеризуются довольно высокой степенью свежести: только плаггиоклаз носит следы выветривания, остальные минералы микроскопически свежи. При смачивании многие из пород издают глинистый запах вследствие частичной каолинизации полевого шпата.

Сравнительно светлый цвет породы, явившийся причиной выбора этого материала для внешней облицовки здания Дворца Советов, обусловлен следующими особенностями его состава:

- 1) малым содержанием единственного цветного компонента — биотита;
- 2) белым цветом полевых шпатов — плагиоклаза и микроклина;
- 3) бесцветностью кварца.

Подобные комбинации благоприятных признаков встречаются среди гранитоидов довольно редко, поэтому, вероятно, нами почти и не было встречено других, столь светло окрашенных гранитов.

Под микроскопом структура породы гипидиоморфно-зернистая. Состав породы следующий.

Кварц свежий, бесцветный, мало загрязненный, большей частью с волнистым погасанием, иногда раздробленный. Он образует обычно крупные зерна или агрегаты зерен, иногда окруженные слюдами и полевыми шпатами, преимущественно плагиоклазом. Иногда содержит включения биотита, мусковита, плагиоклаза и тонких игл, ближе не определяемых. Обычны в нем также низкопреломляющие округлые включения жидкостей, иногда с пузырьками газа, находящимися в непрерывном движении.

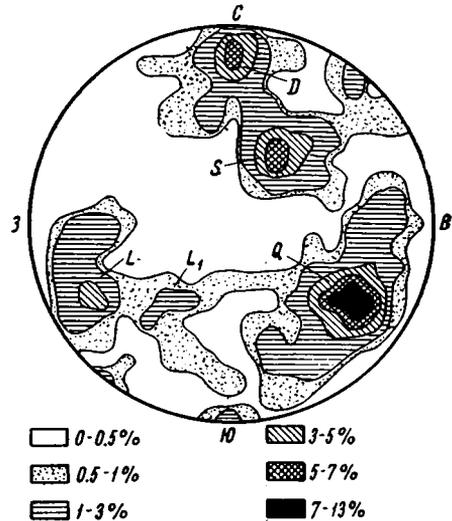
Калинагровый полевой шпат, представленный совершенно свежим микроклином, большей частью с ясно выраженной решетчатостью. В некоторых сечениях зерен микроклина решетка появляется только при повороте на ф

едоровском столике, в других она не видна совсем. Однако подобные нерешетчатые зерна, по ориентировке оптической индикатрисы относительно спайности и по углу оптических осей, оказываются также принадлежащими микроклину. Угол оптических осей сильно колеблется: даже в пределах одной породы величина его (по двум выходам осей) колеблется в пределах — $2V = 70-88^\circ$. Некоторые кристаллы микроклина образуют, кроме решетки, простые двойники по карлсбадскому закону.

Многие кристаллы микроклина выделяются своей величиной, образуя крапленники. Нередко кристаллы микроклина содержат включения слюд, плагиоклаза, реже кварца. На стыках микроклина с плагиоклазом последний нередко изобилует мирмекитами, на стыках с кварцем микроклин образует микропегматиты.

Плагиоклаз, иногда зональный, почти идиоморфный относительно микроклина, представлен олигоклазом № 24—29. Колебания состава его по зонам незначительны. Некоторые кристаллы плагиоклаза альбитизированы, причем иногда альбит образует каемки, часто более свежие по виду, чем оставшаяся неальбитизированная часть.

Плагиоклаз редко совершенно чист (см. табл. I, фиг. 1 между 40 и 41 стр.), большей частью он замутнен в той или иной степени. Пространственно замутнение плагиоклаза распределяется также различно: местами мы имеем полное замутнение, чаще наблюдается центральное и иногда зональное замутнение (табл. I, фиг. 2, 3 и 4). Микроскопически замутнение плагиоклаза расширявается как весьма сложное явление, частью связанное с разложением плагиоклаза, частью представляющее, может быть, результат захвата посторонних веществ в процессе кристаллизации (табл. I, фиг. 5).



Фиг. 12. Диаграмма трещин Ак-Тюбе по замерам Карьероуправления (350 замеров падения).

При сильных увеличениях микроскопа мы можем констатировать здесь следующие вторичные образования.

1) Серицит в виде светлых чешуек, иногда агрегатов.

2) Клиноцоизит и эпидот, обычно мелкий, иногда в виде сравнительно крупных зерен.

3) Очень мелкие темные включения, располагающиеся иногда в согласии с плоскостями спайности. Часть их характеризуется теми же



Фиг. 13. Деталь нижней части скал Ак-Тюбе.
Видны системы трещин.

свойствами, что включения в кварце, — низкое светопреломление, отсутствие правильных форм ограничения.

По аналогии с кварцем и в согласии с наблюдениями Коржинского (1940) часть их может быть принята за включения жидкостей, часть же их характеризуется показателем преломления большим, чем у плагиоклаза, и может принадлежать другим минералам.

4) В некоторых наиболее выветрелых зернах можно констатировать также едва выделяющиеся среди плагиоклаза, слабо поляризующие участки и агрегаты, обычно с косым погасанием и показателем, большим чем у плагиоклаза, которые могут относиться к каолину.

5) В наиболее измененных породах встречены, кроме того, карбонаты. Последние являются частью привнесенными, ибо помимо плагиоклаза они выделяются также и в трещинах других минералов, в частности кварца.

Разделить эти изменения во времени имеющийся в нашем распоряжении материал не дает возможности. Мы не видели в естественных обнажениях пород, носивших следы явного поверхностного химического выветривания, — вероятно, выветрелый слой снят недавними ледниками.

Можно высказать лишь предположение, что, вероятно, к первичным явлениям надо отнести замутнение плагиоклаза включениями жидкостей; к постмагматическим минералам могут быть отнесены эпидот, клиноцоизит, а также, может быть, и серицит (Людочников, 1927), хотя по поводу последнего минерала имеются и обратные высказывания: Шафрановский (1932) считает серицитизацию карельского плагиоклаза результатом поверхностного выветривания.

Твердо установленным мы можем, таким образом, считать только самый факт замутнения плагиоклаза. Оно различно в разных породах массива и представляет собой неблагоприятный, с точки зрения климатической стойкости, признак; Гиршвальд (Hirschwald, 1912) определенно высказывается за то, что наиболее уязвимым местом гранитов являются выветрелые полевые шпаты и что по ним и может развиваться дальнейшее разрушение камня в сооружениях.

Плагиоклазы, наравне с кварцем и микроклином, разбиты неправильными трещинами, не выходящими, однако, обычно за пределы зерна. Реже проходят трещины по спайности. Плагиоклаз содержит включения кварца, а также тонкие листочки мусковита и изредка биотита, ориентированные по спайности.

Слюды представлены как биотитом, так и мусковитом, обычно в равных количествах. Частые случаи переслаивания биотита с мусковитом, а также случаи, когда мусковит служит продолжением пластинки биотита (границы между ними всегда резкие), говорят скорее о вторичном, за счет биотита, происхождении части мусковита. На возможность таких переходов указывают Людочников (1938) и Болдырев (1937).

Мусковит, совершенно бесцветный, встречается как в самостоятельных кристаллах, так и в виде включений. Многие зерна других минералов содержат тонкие его пластинки. Особенно много включений мусковита, совершенно отличного по размеру и габитусу от мелкочешуйчатого серицита, было встречено в кристаллах плагиоклаза. Здесь они располагаются очень часто по плоскостям спайности (010), реже (001). Биотиты в виде таких включений редки.

Биотит характеризуется оранжево-бурыми цветами плеохроизма. Обычно он совершенно свеж, но иногда наблюдались случаи перехода его в зеленый хлорит, судя по аномально-синим цветам интерференции—пеннин; последний содержит обычно зерна рудного минерала. Подобные изменения особенно характерны для образцов, взятых при трещинах с зеркалами скольжения (зеркала окрашены в зеленый цвет). В таких местах биотит почти нацело хлоритизирован.

Редко наблюдается также эпидотизация. Иногда по спайности в него внедряется пренит, раздвигая листочки и образуя линзы. Биотит содержит включения апатита и чрезвычайно мелкого циркона с плеохроичными двориками. Изредка встречаются изогнутые полосы. Включения биотита в других минералах довольно редки.

Степень измененности биотита, выражающейся в переходе с одной стороны в мусковит, с другой в хлорит, различна и в разных участках массива и по всему месторождению. Трудно разделить эти два явления, особенно там, где они присутствуют оба. На основании изучения гранитов Уллу-Кама рисуется такая картина: 1) часть биотита переходит в мусковит, причем соотношения их меняются: в месторождении Ак-Тюбе количества обеих слюд приблизительно равны, в месторождении же Кушуй, как увидим дальше, мусковит всегда преобладает над биотитом; 2) оставшийся биотит иногда переходит в хлорит — это явление особенно развито в зонах раздробления месторождения Ак-Тюбе и по всему месторождению Кушуй.

Количественно-минералогический состав гранитов Ак-Тюбе (в объемн. %)

| Минералы | Л а б о р. № | | | | | | | | | Средний | Средний гранит Центр. Кавказа |
|--|--------------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|-------------------------------|
| | 445 | — | — | — | 517 | 518 | 519 | 520 | | | |
| | № б л о к а | | | | | | | | | | |
| | 371 | 346 | 359 | 375 | 6, а | 6, б | 5 | 3 | 2 | | |
| Кварц | 33.5 | 33.5 | 31.3 | 34.8 | 33.3 | 34.3 | 33.9 | 32.3 | 32.1 | 33.2 | 34.5 |
| Микроклин | 19.7 | 16.0 | 24.0 | 21.6 | 18.2 | 18.6 | 11.8 | 17.4 | 16.5 | 18.2 | 16.5 |
| Плагиоклаз, всего | 32.5 | 41.3 | 36.6 | 35.7 | 37.0 | 37.6 | 40.7 | 29.6 | 37.9 | 37.7 | 38 |
| В том числе выветрелый | (10.0) | (1.1) | (8.9) | (9.9) | (15.3) | (15.5) | (14.1) | (15.1) | (13.2) | (11.5) | — |
| Мусковит | 7.4 | 3.3 | 3.8 | 3.1 | 6 | 3.8 | 5.8 | 5.1 | 6.2 | 4.9 | 2 |
| Биотит | 6.1 | 5.4 | 2.6 | 2.9 | 4.6 | 4.8 | 7.2 | 4.5 | 6.4 | 5.0 | 8.5 |
| Хлорит | 0.5 | 0.4 | 1.4 | 1.6 | 0.4 | 0.5 | 0.4 | 0.6 | 0.5 | 0.7 | — |
| Прочие | 0.3 | 0.2 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.4 | 0.2 | 0.5 | 0.4 | 0.3 | 0.5 |
| Средн. крупн. зерна, в мм | 0.56 | 0.51 | 0.48 | 0.56 | 0.64 | 0.69 | 0.67 | 0.60 | 0.63 | 0.59 | — |

Все подсчеты произведены Н. С. Тер-Григорян и З. А. Сазоновой из блоков, исследовавшихся в лаборатории. Каждый столбец — среднее из трех шлифов.

Места взятия блоков приведены на стр. 45, в главе о расчете теоретической долговечности.

Порода 517 подсчитана в двух направлениях: а) нормально к линии простирания и б) нормально к линии падения плоскости наилучшего раскола (S по Зандеру). Ощутительной разницы эти два подсчета не показали.

Средний состав гранита Центр. Кавказа заимствован у Д. С. Белянкина.

Таким образом, напрашивается следующий вывод: мусковитизация и хлоритизация представляют явления одновременные, причем первой прошла мусковитизация биотита, вероятно в протопневматолитическую фазу.

Последняя больше коснулась месторождения Кушюя, где почти весь биотит перешел в мусковит. Хлоритизация приурочена к зонам трещиноватости — более редким в месторождении Ак-Тюбе и занимающим почти все месторождение Кушюя. Оба эти явления приводят к осветлению гранитов, причем зоны энергичной хлоритизации окрашены в зеленоватый цвет, что может служить отрицательным поисковым признаком.

Из второстепенных минералов присутствуют апатит, довольно изометричный, в виде крупных зерен, циркон в виде мелких изометричных зерен, обычно в слюдах, и редко рутил, включенный в слюду или апатит.

Количественно-минералогический состав породы может быть иллюстрирован цифрами, приведенными в табл. 1, где для сравнения дается средний состав гранита Центрального Кавказа по Д. Белянкину (1918) (табл. 1).

Таблица показывает сравнительное однообразие минералогического состава гранитов Ак-Тюбе и почти полное, за исключением слюд, совпадение их со средним типом кавказского гранита по Белянкину. Разница в содержании биотита и мусковита понятна, если принять приведенную выше концепцию о возможности перехода первого во второй, суммы же слюд почти совпадают.

Из таблицы видно также, что по минералогическому составу порода представляет собою тип переходный между гранитом и гранодиоритом (преобладание плагиоклаза над каликатровым полевым шпатом). По диаграмме Куплетского и Ковалевой (1939) порода попадает в поле гранитов, поэтому мы решили оставить за ней название гранита, по составу слюд — двуслюдяного гранита.

Химически был проанализирован наиболее свежий из имевшихся в нашем распоряжении образцов гранита Ак-Тюбе (№ 346). Для сравнения приводим анализы подобных же гранитов из упоминавшейся работы М. А. Кашкай (II и III), а также анализ гранита из месторождения Кушюя (табл. 2).

Таблица 2

Химический состав гранитов

| | I | | II | | III | | IV | |
|--|--------------|---------------|--------------|---------------|---------------|---------------|--------------|---------------|
| | % | эквивал. кол. | % | эквивал. кол. | % | эквивал. кол. | % | эквивал. кол. |
| SiO ₂ | 71.69 | 1.195 | 72.29 | 1.205 | 72.15 | 1.201 | 72.40 | 1.206 |
| TiO ₂ | 0.40 | 0.005 | 0.32 | — | 0.29 | — | 0.22 | 0.003 |
| Al ₂ O ₃ | 14.64 | 0.148 | 13.99 | 0.137 | 14.65 | 0.143 | 14.64 | 0.143 |
| Fe ₂ O ₃ | 0.71 | 0.005 | 0.48 | 0.005 | 0.33 | 0.004 | 0.16 | 0.001 |
| FeO | 1.74 | 0.024 | 2.31 | 0.032 | 1.30 | 0.018 | 1.48 | 0.021 |
| MnO | 0.06 | 0.0008 | 0.03 | — | 0.03 | — | 0.04 | 0.0006 |
| MgO | 0.34 | 0.008 | 0.80 | 0.020 | 0.78 | 0.019 | 0.66 | 0.016 |
| CaC | 1.96 | 0.035 | 2.09 | 0.038 | 1.78 | 0.031 | 2.45 | 0.044 |
| K ₂ O | 3.76 | 0.040 | 3.54 | 0.037 | 3.42 | 0.036 | 3.17 | 0.034 |
| Na ₂ O | 3.65 | 0.060 | 2.60 | 0.042 | 3.31 | 0.058 | 3.78 | 0.061 |
| P ₂ O ₅ | 0.24 | 0.002 | 0.32 | — | — | — | 0.05 | — |
| BaO | 0.06 | 0.0004 | 0.09 | — | 0.06 | — | — | — |
| S | Следы | — | — | — | — | — | — | — |
| H ₂ O ⁻¹¹⁰ | 0.16 | — | 0.27 | — | 0.22 | — | 0.10 | — |
| | 0.53 | — | 1.05 | — | 1.32 | — | 1.08 | — |
| H ₂ O ⁺¹¹⁰ | 99.94 | — | 100.18 | — | 99.64 | — | 100.23 | — |
| Аналитики: | К. П. Сокова | | В. А. Егоров | | Н. Х. Айдинян | | И. М. Шумило | |

| | | | |
|-----------|---|-----------------------|-----------------|
| I. 1.11 | $\overline{RO} \cdot R_2O_3 \cdot 8.1 SiO_2$ | $R_2O : RO = 1.5 : 1$ | $\alpha = 3.9$ |
| II. 1.18 | $\overline{RO} \cdot R_2O_3 \cdot 8.42 SiO_2$ | $R_2O : RO = 0.9 : 1$ | $\alpha = 4.07$ |
| III. 1.06 | $\overline{RO} \cdot R_2O_3 \cdot 8.17 SiO_2$ | $R_2O : RO = 1.4 : 1$ | $\alpha = 4.0$ |
| IV. 1.20 | $\overline{RO} \cdot R_2O_3 \cdot 8.4 SiO_2$ | $R_2O : RO = 1.2 : 1$ | $\alpha = 4.0$ |

- Гранит I (346) был взят из товарного блока из месторождения Ак-Тюбе.
 » II — долина балки Чирюк-Кол.
 » III — район аула Учкулан.
 » IV (363) — скалы Кушуй, поверхностные обнажения.

По химическому составу породы соответствуют гранитоидной магме. Сравнивая наши магматические формулы по Левинсон-Лессингу с даваемой им для среднего типа гранитов:

$$1.17\overline{RO} \cdot R_2O_3 \cdot 7.5SiO_2; \quad R_2O : RO = 1.4 : 1; \quad \alpha = 3.60,$$

получаем весьма близкое совпадение цифр; существенная разница только в коэффициенте кислотности.

Представляется, что мы с полным основанием можем оставить за данной породой название двуслюдяного гранита, ибо по кислотности она стоит выше среднего типа гранитов и вряд ли может служить переходным членом к группе диоритов, отличающихся, как известно, более низкой, чем у гранитов, кислотностью. Количество калиевого полевого шпата в некоторых породах этого месторождения вырастает до 24%, что уже близко соответствует типичным гранитам.

2. Участок Бараньи лбы

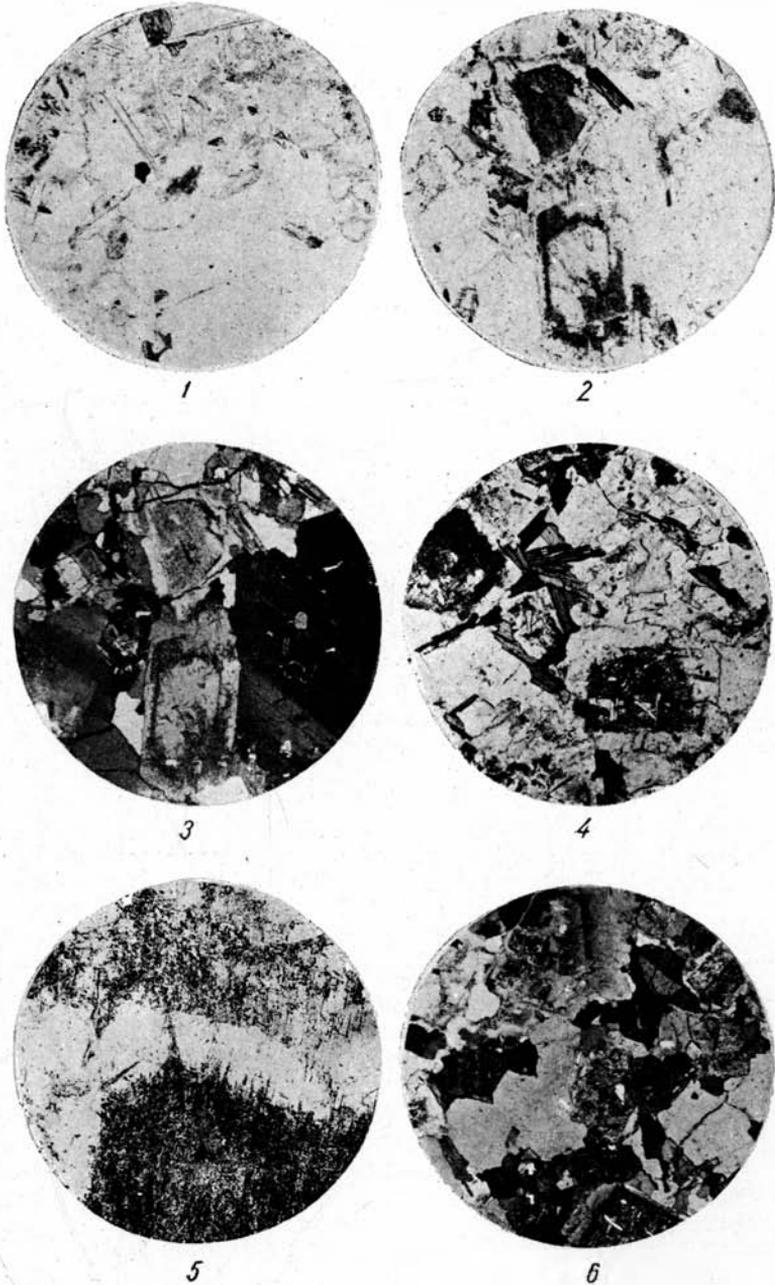
Граниты участка Бараньи лбы по составу и цвету почти полностью повторяют гранит месторождения Ак-Тюбе, поэтому от подробного их описания мы воздерживаемся. Это те же светлосерые, среднезернистые граниты, отличающиеся, однако, во многих своих разностях наклонностью к гнейсовидности, выражающейся макро- и микроскопически различной ориентировкой слюды.

Количественно-минералогический состав их иллюстрируется табл. 3.

Таблица 3

Количественно-минералогический состав гранитов участка Бараньи лбы

| Минералы | Л а б о р. № | | | Средний |
|-----------------------------|--------------|--------|--------|------------------|
| | 444 | | | |
| | № б л о к а | | | |
| | 407 | 410 | 414 | |
| Кварц | 35.2 | 35.2 | 35.4 | 35.3 |
| Микроклин | 15.2 | 18.1 | 14.6 | 16.0 |
| Плагиоклаз, всего | 39.0 | 35.5 | 38.2 | 37.6 |
| В том числе выветрелый | (10.8) | (11.3) | (15.9) | (12.7) |
| Мусковит | 3.7 | 4.3 | 6.9 | 4.9 |
| Биотит | 5.0 | 5.1 | 3.8 | 6.0 { 4.6 } 10.9 |
| Хлорит | 1.7 | 1.6 | 0.9 | |
| Прочие | 0.2 | 0.2 | 0.2 | |
| редн. крупн. зерна, в мм | 0.44 | 0.46 | 0.55 | 0.48 |



- Фиг. 1. Гранит Ак-Тюбе. Наиболее свежая из встреченных разновидностей, № 346. Николи \parallel ; увел. 20.
- Фиг. 2. Гранит Ак-Тюбе. Порода средней степени измененности, № 371 (лабор. № 445). Видны зерна плагиоклаза с центральным и зональным помутнением. Николи \parallel ; увел. 20.
- Фиг. 3. То же, в поляризованном свете. Николи \perp ; увел. 20.
- Фиг. 4. Гранит Ак-Тюбе. Порода значительно измененная, № 359. Николи \perp ; увел. 20.
- Фиг. 5. Плагиоклаз из предыдущего гранита. Плагиоклаз находится в высокой степени измененности—почти нацело замещен вторичными продуктами. Николи \parallel ; увел. 86.
- Фиг. 6. Гранит месторождения Кушуя. Николи \perp ; увел. 20.

Сравнивая приведенное описание и данные подсчетов с таковыми для гранита Ак-Тюбе, приходим к заключению, что граниты обоих месторождений очень сходны между собой, что и следовало ожидать, принимая во внимание близость их и расположение в пределах одного массива. Разница в содержании калинатрового полевого шпата (16% против 18.2%) должна быть объяснена, вероятно, меньшим количеством присутствующих здесь вкрапленников. Количество последних, как было указано выше, представляет особую величину, несколько колеблющуюся даже в пределах одного месторождения.

По соотношению полевых шпатов эта порода подходит ближе к гранодиоритам.

3. Участок Кушуя

Граниты участка Кушуя макроскопически отличаются от гранитов Ак-Тюбе несколько более светлым цветом, что обусловлено преобладанием мусковита над биотитом. Оставшийся немусковитизированным биотит в некоторых участках нацело хлоритизирован; такие участки гранита отличаются зеленоватым оттенком. Хотя подобные зеленоватые разности светлее обычных кушуинских гранитов, они характеризуются некрасивыми блеклыми цветами и в декоративном отношении проигрывают сравнительно с более свежими разностями гранитов Кушуя и Ак-Тюбе.

Под микроскопом породы характеризуются гипидиоморфной структурой и значительной выветрелостью (табл. I, фиг. 6). Содержат следующие минералы.

К в а р ц бесцветный, прозрачный, почти всегда с волнистым погасанием и иногда с мозаичной структурой. Кварц имеет включения слюд, полевых шпатов, циркона и жидкие включения, подобные описанным для месторождения Ак-Тюбе.

М и к р о к л и н р е ш е т ч а т ы й, обычно довольно светлый, также с включениями слюд и плагиоклаза, иногда кварца. Вкрапленники, которых несколько меньше, чем в гранитах месторождения Ак-Тюбе, представлены микроклином.

П л а г и о к л а з, олигоклаз № 24, обычно альбитизированный до состава почти чистого альбита. Плагиоклаз самая выветрелая часть породы, он претерпевает того же характера изменения, что и в гранитах Ак-Тюбе, но несколько сильнее выраженные. Значительно более развиты эпидотизация, цизотизация и замутнение плагиоклаза от присутствия жидких включений, каолинизации и серицитизации. Надо отметить еще, что если в Ак-Тюбе мы встречали иногда плагиоклазы почти совершенно свежие, здесь таковых нам констатировать не пришлось, хотя в нашем распоряжении имелось весьма значительное количество шлифов. Плагиоклаз также содержит включения кварца и пластинок мусковита.

С л ю д ы представлены биотитом и мусковитом (и серицитом), причем последний развит почти исключительно по плагиоклазу. Характерное для кушуинского гранита преобладание мусковита над биотитом, выдерживающееся на всем протяжении массива, дает ему совершенно своеобразный облик — мусковитового гранита, вернее (принимая во внимание взаимоотношения полевых шпатов) гранодиорита. Мусковит происходит несомненно частично за счет биотита, но частично представляет собою самостоятельный минерал, так как временами образует (особенно около трещин и прожилков) значительные скопления, часто в виде сплошных прослоек. Нередки включения пластинок мусковита (редко биотита) в других минералах; причем иногда подобные пластинки пронизывают не один, а два минерала. Включения эти обычно ориентированы, причем ориентировка часто совпадает со спайностями плагиоклаза по (010) и (001).

ми микроклина по (001). Были отмечены случаи несимметричного включения пластинок в крупные кристаллы мусковита.

Нам представляется, таким образом, что мы имеем три генерации мусковита: первую — крупные кристаллы мусковита, образовавшиеся частью за счет биотита; сюда, может быть, относятся описанные выше включенные пластинки; вторую, куда следует отнести мусковит, образующий скопления близ трещиноватых зон в граните, и третью — серицитовую. Последний минерал принято, как известно, считать эпигматическим.

Биотит встречается в кушуинских породах в подчиненном количестве; он редко сохраняется неизменным, большая часть оставшегося после мусковитизации биотита переходит обычно в хлорит. Особенно сильно хлоритизация развита вблизи трещин. Хлорит по чрезвычайно характерным яркосиним, но все же ясно аномальным цветам интерференции, вероятнее всего, является пеннином. Он содержит иногда рудные включения; кроме того, по биотиту очень часто развиваются эпидот, клинодоизит и, иногда, пренит. В остальном биотит такой же, как в месторождении Ак-Тюбе. Обе слюды содержат включения циркона. Для кушуинских пород характерно присутствие очень редкого титанита, в гранитах Ак-Тюбе нами не встреченного. Кроме того, присутствуют апатит, циркон и редкие, очень мелкие рудные минералы.

Все минералы носят следы катаклаза: содержат трещины, большей частью неправильные, реже по спайности. Слюды иногда изогнуты.

Минералогический состав кушуинских гранитов иллюстрируется табл. 4.

Таблица 4

Количественно-минералогический состав гранитов участка Кушуня

(в объемн. %)

| Минералы | Л а б о р. № | | | Средний |
|----------------------------------|--------------|-------|--------|---------|
| | 417 | 446 | 363 | |
| | № б л о к а | | | |
| | 1 | 2 | 3 | |
| Кварц | 35.6 | 33.1 | 28.0 | 32.3 |
| Микроклин | 15.7 | 15.4 | 11.8 | 14.3 |
| Плагиоклаз, всего | 39.5 | 40.4 | 48.7 | 42.8 |
| В том числе выветрелый | (8.7) | (8.3) | (22.0) | (13.0) |
| Мусковит | 4.2 | 5.3 | 6.6 | 5.4 |
| Биотит | 2.1 | 3.8 | 1.7 | 2.4 |
| Хлорит | 2.7 | 1.2 | 2.2 | 2.1 |
| Прочие | 0.3 | 0.8 | 1.0 | 0.7 |
| Средн. крупн. зерна, в мм | 0.48 | 0.55 | 0.47 | 0.50 |

По минералогическому составу порода, как уже указывалось выше, соответствует кислому мусковитовому гранодиориту, весьма близкому к гранитам. По химическому составу (см. табл. 2, на стр. 39), порода соответствует гранитам. Химически порода почти не отличается от составов гранитов Ак-Тюбе — повидимому, более глубокая сравнительно с последними степень изменения на ней не отразилась.

На месторождении Кушуня, в северной части его, была задана буровая скважина. Мы имели возможность познакомиться с кернами, взятыми в интервалах 50—63 м.

Граниты кернов в точности повторяют приведенную выше петрографическую схему, отличаясь только в деталях. Они характеризуются не-

сколько меньшей каолинизацией и, пожалуй, несколько большим количеством хлорита и эпидот-цоизита. В них присутствуют также карбонаты.

В месторождении Кушуня довольно обычны зоны милонитизации, совпадающие с линиями подвижек в гранитах и достигающие 1.5—2 м мощности. Микроскопически образец из такой зоны, прилегающей к зияющей трещине (падение СВ 5° угол 40°), оказывается породой катакластической структуры, совершенно раздробленной. Биотита здесь не сохраняется вовсе — он нацело замещается хлоритом. Пластинки мусковита изогнуты, следы изогнутости показывают также и двойниковые полосы плагиоклаза. Полевые же шпаты находятся в обычной степени изменения.

Описав граниты разных месторождений р. Уллу-Кам, попытаемся представить общую картину колебаний свойств их, для чего сравним между собой три выведенных выше средних типа для месторождений Ак-Тюбе, Бараньи лбы и Кушуня.

Отклонения в составе их не особенно значительны и сводятся к следующему:

1. Полевые шпаты. Морфологически и по составу почти одинаковы во всех трех типах. Колебания в составе микролина (14—18%) обычны для такого типа пород и зависят в данном случае, вероятно, от количества вкрапленников. Так как и кварц дает равные цифры, то по составу главных трех минералов породы трех названных месторождений можно считать почти одинаковыми.

2. Слюды дают большие колебания состава, сумма же их остается почти постоянной. Разница в содержании слюд весьма ощутительно влияет на расцветку гранитов.

3. Степень измененности плагиоклаза. Колебания в количестве измененного плагиоклаза и в степени изменения его имеют место и очень важны с точки зрения дальнейшего поведения гранита: мы имеем как сравнительно свежие породы с почти неизменным плагиоклазом, так и участки, где плагиоклаз значительно замутнен процессами выветривания. Породы в таких участках покрываются иногда буроватыми пятнами. Приуроченность подобного рода участков к каким-либо тектоническим или другим зонам пока не установлена и представляет важный объект для дальнейших исследований. Характерно, что участки эти встречаются иногда среди сравнительно свежего гранита. В общем наименьшую измененность плагиоклаза мы имеем в месторождении Ак-Тюбе, наибольшую в месторождении Кушуня.

Резюмируя, можно сказать, что уллу-камские граниты представляют собою практически одинаковые породы, находящиеся, однако, по совокупности разных причин, в различной степени измененности плагиоклаза.

IV. СПЕЦИАЛЬНОЕ ПЕТРОГРАФИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ГРАНИТОВ

Для качественной характеристики гранитов как облицовочного материала необходимо было идти двумя путями исследования:

- А. Изучением механических и физических свойств их: прочности, упругости, пористости, влагонасыщаемости, коэффициента расширения и др. Все данные этих исследований излагаются в главе V.
- Б. Изучением специальных петрографических свойств гранитов, влияющих на механику и физику их. Последнее шло по линии двух методик:

- 1) методики Гиршвальда для вывода теоретической долговечности гранита, т. е. сроков службы его в сооружении, и
- 2) методики Зандера для установления ориентировки некоторых минералов в породе и степени влияния ее на механические свойства породы.

1. Исследование гранитов по методу Гиршвальда

Сущность методики Гиршвальда, предложенной им еще в 1909 г. и окончательно сформулированной в известном его труде по исследованию строительного камня (Hirschwald, 1912), сводится к определению поведения камня во времени, выраженному в годах — так называемой теоретической долговечности. Определение это производится путем сравнения ряда механических и физических констант с петрографическими ее особенностями. Несмотря на некоторую давность и сравнительную сложность этого метода, он сохранил свое значение: 1) как обобщение, базирующееся на громадном материале наблюдений над поведением камней в сооружениях хорошо датированной давности; 2) как единственный метод, дающий условную долговечность камня в годах.

Методика Гиршвальда недостаточно хорошо известна широкому кругу специалистов, поэтому для расшифровки приводимых ниже формул следовало бы изложить кратко содержание ее; рамки настоящей статьи не позволяя, однако, это сделать, поэтому, отсылая интересующихся методикой расчета к соответствующим работам (Hirschwald, 1912; Залесский и Беликов, в настоящем сборнике), переходим непосредственно к характеристике гранитов.

Методика расчета долговечности базируется здесь в основном на микро-структуре, минералогическом составе и состоянии минералов; механические свойства строительных гранитов считаются достаточно высокими, и поправка на них, как правило, не делается.

Описываемые нами граниты имеют довольно однообразный минералогический состав и структуру и ложатся в следующие пределы приводимой ниже (статья Залесского и Беликова, стр. 78 и далее) таблицы гиршвальдовских обозначений.

К в а р ц. Кварц расположен обычно группами зерен (IV), более редко изолированными зернами (V); находится в состоянии довольно значительного раздробления (b) или реже в виде сросшихся зерен (c). Количественные соотношения его с полевыми шпатами, как видно из приведенных выше таблиц, составляют приблизительно 1 : 1.5—2, т. е. соответствуют коэффициентам (Q_{3-4}).

П о л е в ы е ш п а т ы. Микроклин присутствует в меньшем, чем плагиоклаз, количестве; свежесть его особенных сомнений в отношении выветривания не вызывает. Трещины спайности развиты в нем несколько сильнее, чем в плагиоклазе, но все же играют второстепенную роль по сравнению с неправильными трещинами, разбивающими оба полевых шпата. Степень развития их обозначается значком *sp* с индексом от 1 до 3.

П л а г и о к л а з, как указано было выше, замутнен крайне неравномерно; редко измененность его доходит до степени агрегационной поляризации (a_1), большей же частью мы имеем гомогенное погасание (h) со средней степенью замутнения (t_{1-3}), редко (t_4). Часто помутнение центральное (ct). Мелкие поры в полевом шпате обычно почти отсутствуют (z_{0-1}). В соответствии с этим тип выветривания укладывается в рамки I₂—III₂.

С л ю д ы для определения индекса при *gl* брались суммарно (биотит + мусковит + хлорит), причем если сумма их значительно превышает 10%, то ставится коэффициент gl_3 , при меньших количествах — gl_2 .

Степень плотности принята для данных гранитов средней — C_2 . Для некоторых пород с высоким влагонасыщением — C_3 .

П и р и т практически отсутствует.

Определение теоретической долговечности гранита было произведено:

А. С испытаниями образцов.

Б. Без испытаний, с частичной интерполяцией нужных физических констант от группы А.

Для сравнения приводится характеристика караньского гранита, одного из лучших на Украине, испытанного в нашей лаборатории.

А. Испытаниям и исследованиям подверглись следующие породы,

Лабор. №

Полевой № и место взятия

Ак-Тюбе

445 Блок № 371, товарный гранит из коренной осыпи в северной части месторождения.

517 Блок № 6, забой № 3 пробного карьера, северная часть месторождения.

518 Блок № 5, то же, забой № 2.

519 Блок № 3, траншея № 2, в южной части месторождения.

520 Блок № 2, траншея № 1, в северной части месторождения.

Бараньи лбы

444. Блок № 410, товарный гранит из коренной осыпи.

Кушуня

363 Блок № 3 из поверхностного обнажения северного участка.

446 Блок № 1, опытный карьер, забой № 2, глубина 1—2 м от поверхности

447 Блок № 2, то же.

Украина

318 Караньский карьер — товарный гранит.

Б. Только микроскопическому исследованию, с определением некоторых физических констант, подверглись следующие образцы:

Ак-Тюбе

Блоки № 346, 359, 375, товарный гранит из коренной осыпи в северной части месторождения.

Бараньи лбы

Блоки № 407 и 414, товарный гранит из коренной осыпи.

Формулы Гиршвальда, полученные на основании петрографической обработки перечисленных выше образцов, сведены в графу 2 табл. 5.

В графе 3 дан соответствующий этим формулам тип выветривания полевого шпата.

Дальше идет расчет качественного числа — переход от показателей структуры к числовым показателям, производимый по соответственным таблицам статьи Залесского и Беликова в настоящем выпуске.

Таблица 5

Вычисление качественного числа

| Лабор. № | Формулы Гиршвальда | Тип выветривания полевого шпата | Качественное число | Класс погодостойчивости |
|-------------|---|---------------------------------|--------------------|-------------------------|
| Ак-Тюбе | | | | |
| 445 | IVc $Q_{3-4}f(t_2sp_2z_2h)gl_3c_2k_2$ | II ₂ | 1.25 | I |
| 517 | IVb $Q_{3-4}f(ct_3sp_2z-h)gl_3c_2k_2$ | II ₂ | 1.27 | I, I—II |
| 518 | IVb $Q_{3-4}f(t_2sp_{1-2}z_{0-1}h)gl_3c_2k_2$ | II ₁ | 1.17 | I |
| 519 | IVc $Q_{3-4}f(t_1sp_2z_{0-1}h)gl_3c_2k_2$ | I ₂ | 0.75 | IC |
| 520 | IVb $Q_{3-4}f(t_3sp_3z_2h)gl_3c_3k_2$ | III ₃ | 1.65 | I—II |
| Бараньи лбы | | | | |
| 444 | IVc $Q_{3-4}f(ct_3sp_2z_{0-1}h)gl_3c_2k_2$ | II ₂ | 1.27 | I—II |
| Кушуня | | | | |
| 363 | IVc $Q_{3-4}f(ct_3sp_3z_{0-1}a_1)gl_3c_2k_2$ | III ₂ | 1.77 | II |
| 446 | IVb $Q_{3-4}f(t_3sp_2z_{0-1}a_1)gl_3c_3k_2$ | III ₂ | 1.83 | II |
| 447 | Vb $Q_{3-4}f(ct_2sp_2z_1h)gl_3c_2k_2$ | II ₂ | 1.39 | I—II |

| Лабор. № | Формулы Гиршвальда | Тип выветривания полевого шпата | Качественное число | Класс погодоустойчивости |
|----------|---|---------------------------------|--------------------|--------------------------|
| № блока | Ак-Тюбе | | | |
| 346 | IVc $Q_{3-4}f(sp_2ct_1z_0-1h)gl_2c_3k_2$ | I ₂ | 0.80 | IC |
| 359 | IVb $Q_{3-4}f(sp_2-3t_2z_0-1h)gl_2c_3k_2$ | II ₂ | 1.27 | I, I—II |
| 375 | IVb $Q_{3-4}f(sp_3t_3z_0-1h)gl_2c_2k_2$ | II ₂ | 1.17 | I |
| | Бараньи лбы | | | |
| 407 | IVc $Q_{3-4}f(sp_2-3t_2z_0-1h)gl_3c_2k_2$ | II ₂ | 1.25 | I |
| 414 | IVb $Q_{3-4}f(sp_2-3t_3z_0-1h)gl_3c_3k_2$ | II | 1.37 | I—II |
| | Украина (караньский гранит) | | | |
| 318 | IVc $Q_{3-4}f(t_0-1sp_2z_0-1h)gl_1c_1k_2$ | I ₂ | 0.69 | IC |

Для выражения теоретической долговечности в годах пользуемся табл. 6.

Таблица 6

| Класс погодоустойчивости | Средний возраст построек, на которых наблюдались повреждения, обозначаемые индексами | | |
|--------------------------|--|------|--------|
| | 1—1 | 3—3 | 6—6 |
| IC | 350 | 1070 | > 1785 |
| I | 220 | 675 | > 1460 |
| I—II | 135 | 400 | 1200 |
| II | 75 | 220 | 650 |

В этой таблице индексы 1—1, 3—3 и 6—6 обозначают степень разрушения, наблюдаемую Гиршвальдом для соответствующих пород в сооружениях:

- 1—1. Следы поверхностных дефектов, без заметного снижения прочности.
- 3—3. Сравнительно заметное поверхностное выветривание (пятна 4—6 мм), заметное понижение прочности до глубины 2 см. Отдельные трещины.
- 6—6. Очень сильное поверхностное выветривание, появление пятен и каверн; очень сильное понижение прочности и разрушение трещинами.

Полученные значения в годах можно свести в следующую таблицу:

Таблица 7

| Месторождение гранита | Колебания | Средн. значение | Класс погодоустойчивости | Долговечность в годах | | |
|-----------------------|-----------|-----------------|--------------------------|-----------------------|---------|-----------|
| | | | | 1—1 | 3—3 | 6—6 |
| Ак-Тюбе | 0.75—1.65 | 1.16 | I | 220 | 675 | > 1460 |
| Бараньи лбы | 1.25—1.37 | 1.30 | I, I—II | 135—220 | 400—675 | 1200—1460 |
| Кушуга | 1.39—1.83 | 1.66 | I—II | 135 | 400 | 1200 |
| Караньский | 0.69 | 0.69 | IC | 350 | 1070 | > 1785 |

Как видно из табл. 7, уллу-камские граниты характеризуются неравными показателями теоретической долговечности. Наилучшие показатели дает месторождение Ак-Тюбе, для большинства образцов которого срок службы облицовки до первых повреждений 220 лет и выше. Повреждений настолько серьезных, что часть облицовки потребует ремонта или замены, надо ожидать через 675 лет.

Месторождение Бараньи лбы дает несколько худшие результаты: отдельные образцы могут получать повреждения уже через 135 лет, большинство же пород характеризуется той же долговечностью, что и породы Ак-Тюбе.

Самые низкие цифры получены для месторождения Кушуй, где долговечность выражается началом разрушения через 75 лет не только для образца, взятого из поверхностного обнажения (363), но и для одного из образцов, добытых из пробного карьера (446).

2. Исследование гранита по методу Зандера

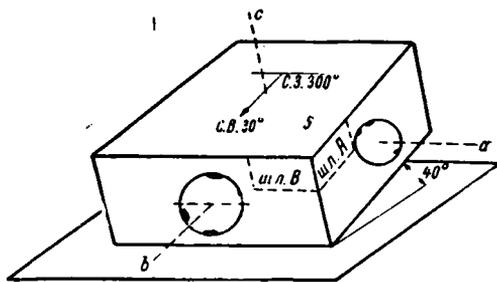
Методика, предложенная Зандером в 1911 г. и подробно изложенная им в 1930 г. (Sander, 1930), у нас популяризированная Пяком (1939), дает возможность путем статистических измерений положения оптических осей или плоскостей спайности минералов, слагающих породу, определить степень закономерности ориентировки их в породе. Совершенно ясно, что в случае достаточно четкого проявления ориентировки она будет влиять на механические и другие свойства породы. Для гранитов положение это было доказано работами Bell'я (1936), для мраморов подобную работу произвели Sander, Felkel и Drescher (1930).

Для исследования по Зандеру и составления статистических диаграмм был взят пробный блок из забоя № 3 опытного карьера на месторождении Ак-Тюбе (см. карту, фиг. 7).

Блок размером около $50 \times 40 \times 30$ см был вынут на глубине около трех метров от поверхности по нормали¹. Выемка блока была произведена вручную, без применения взрывных работ таким образом, что постелью блока явилась установленная каменщиками плоскость легкого раскола, имеющая падение СВ 30° под углом 40° , а другие стороны блока вырезаны нормально элементам залегания (см. фиг. 14).

Плоскость наилучшего раскола совпадает с установленной выше системой трещин S (СВ 33° угол 33°) и является, вероятно, отражением тех же напряжений, которые последнюю создали. При выемке блока на поверхности его не было замечено каких-либо повреждений или следов выветривания. После распиловки блока на плиты на гладкой поверхности их были замечены бурые пятна, вероятно, результат выветривания. Последние не характерны для всей массы гранитов — все остальные блоки подобных пятен не содержали. В данном случае они представляют собою, вероятно, результат влияния проходивших вблизи места взятия блока трещин.

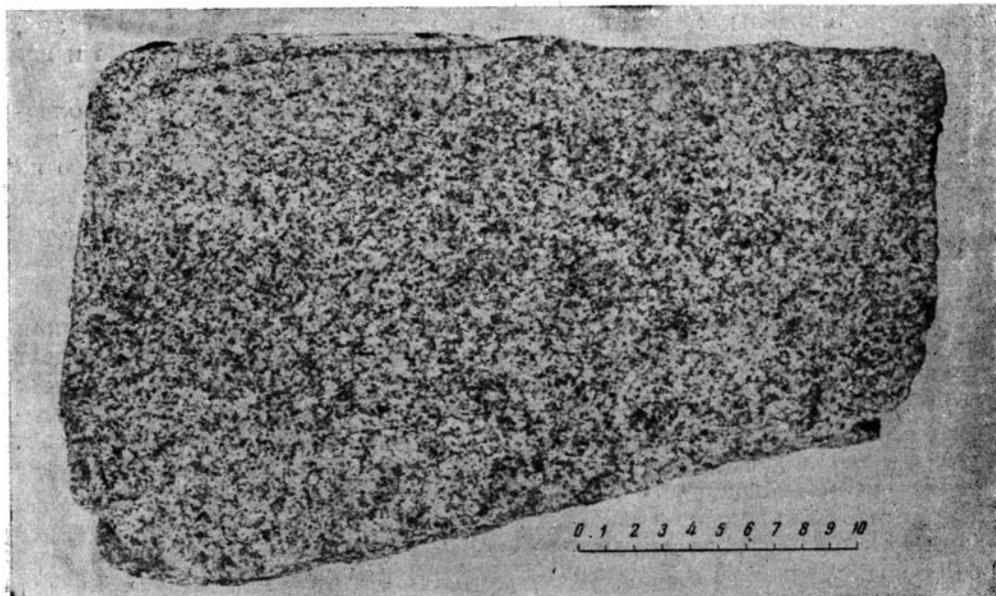
Порода при самом тщательном осмотре не показала видимой ориентировки минералов (фиг. 15), для взятия ориентированных шлифов за



Фиг. 14. Ориентированный блок № 6 (517). Показаны направления среза шлифов и соответствующие им диаграммы ориентировки биотита.

¹ Испытывался под лабораторным № 517.

основу была принята плоскость *S*, нормально которой и вырезались шлифы. Для изготовления ориентированных шлифов от переднего угла блока был отбит образец, от которого и отпиливались пластинки для шлифов. Шлифы были вырезаны параллельно граням «а» и «b» блока, причем в каждом направлении было изготовлено по 3 ориентированных относительно элементов залегания *S* шлифа.



Фиг. 15. Разрез блока № 6 (517) по плоскости *ac* (по фиг. 14); масштаб 1 : 2.

Зандеровские диаграммы были составлены для кварца, мусковита и биотита. Для кварца диаграмма составлялась по ориентировке оптических осей, для биотита и мусковита по ориентировке плоскости спайности по (001).

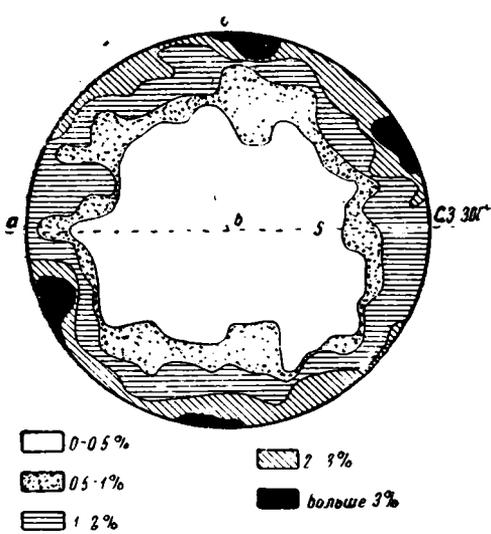
Принимая во внимание отсутствие видимой ориентировки в граните, мы ожидали, что получим диаграммы мало симметричными, что и имело место для кварца; в распределении оптических осей кварца трудно найти закономерности, почему мы их и не приводим. Несколько более характерные, но тоже недостаточно убедительные диаграммы получились для мусковита.

Для биотита ориентировка получилась более отчетливой: диаграмма *B* (фиг. 16), составленная для двух шлифов (382 замера), вырезанных нормально к «b», показывает присутствие пояса максимумов вокруг оси *B*; в то же время в этой диаграмме намечается некоторая тенденция к распределению биотита близко к плоскости *S* — нашей плоскости легкого раскола. Диаграмма *A* для двух шлифов, перпендикулярных к оси «а» (фиг. 17) (206 замеров), также довольно определенно показывает поясное распределение биотита, однако с поясом, повернутым на 90° к предыдущему расположению. Пояс в этой диаграмме выражен менее отчетливо. Таким образом, наши породы представляют «*B*-тектонит», по терминологии Зандера, с некоторой наклонностью к *S*, причем ось *B* совпадает в общем с линией падения СВ 30° угол 40° , а не линией простирания, т. е. не горизонтальна, а наклонна на северо-восток.

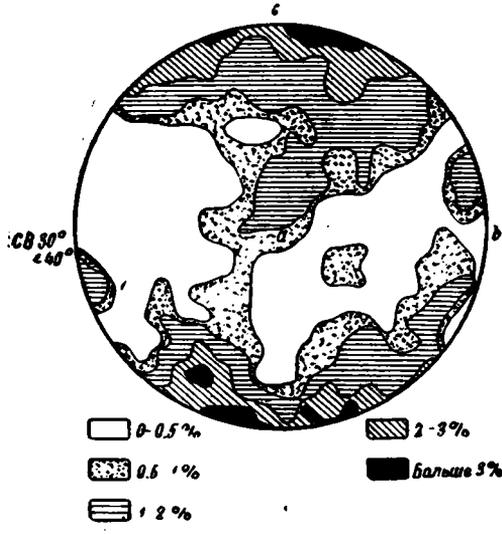
Столь неожиданное с тектонической точки зрения положение вызвало у нас сомнение и заставило произвести повторные измерения на второй

серии шлифов «а» и «б», давшие, однако, аналогичные результаты. Наши сомнения были рассеяны А. В. Пэкком, получившим, независимо от нас, такие же результаты для слюд и кварца гранитов р. Кти-Теберда. Пэкк трактует подобную ориентировку как результат усилий растекания магмы, действовавших параллельно удлинению интрузии, т. е. в направлении СЗ — ЮВ.

При таком толковании системы трещин Q и S (фиг. 12) представляются двумя пересекающимися в оси В системами трещин скалывания. Одна из систем — S совпадает со сланцевостью породы и выражена слабее, другая — Q выражена хорошо развитыми трещинами. Максимум D и



Фиг. 16. Диаграмма ориентировки биотита в граните № 517 (382 замера в двух шлифах по В).



Фиг. 17. То же, по А (206 замеров).

субмаксимум L в плане этой деформации просто истолкованы быть не могут, вероятно, это результат нового плана деформации одной из последовавших горообразовательных эпох. От более подробной интерпретации тектоники мы воздерживаемся, не имея достаточного для этого материала.

Установив направление ориентировки слюды, мы попытались выяснить влияние ее на механические свойства породы. Для этого из пробного блока были вырезаны кубики и призмы со сторонами, параллельными граням его. Как на тех, так и на других была указана ориентировка падения плоскости S.

Кубики 5 см в ребре предназначались для испытания на сжатие, призмы предназначались для испытания на разрыв. Испытания производились так, что действующее усилие (сжимающее или растягивающее) было направлено параллельно одной из осей «а», «б» или «с» блока.

Диаграммы по Зандеру (А и В) показывают, что:

1) в направлении, параллельном «б», почти все пластинки биотита располагаются плоскостью спайности по (001), т. е. плоскостью наилучшего раскола параллельно оси;

2) в направлении, параллельном оси «а», пластинок биотита, совпадающих с осью, значительно меньше, они располагаются в большинстве своем под углами к оси;

3) направления «а» и «с» почти однозначны в отношении расположения биотита.

При испытании на сжатие мы пользовались образцами всех трех ориентировок «а», «b» и «с».

Как известно, при испытании на сжатие разрушение под влиянием трения между поверхностями образца и досками прессы происходит в результате скалывающих напряжений, в главных плоскостях скалывания, расположенных под углом, близким к 45° к направлению действующего усилия. При таком расположении плоскостей скалывания биотит располагался различно по отношению к ним: 1) при раздавливании кубиков параллельно оси «b» почти не имелось пластинок биотита, лежавших в плоскостях скалывания; 2) при раздавливании кубиков параллельно осям «а» и «с» очень многие пластинки биотита попадали в плоскости скалывания и тем облегчали разрушение, давая меньшие значения временных сопротивлений сжатию (R_3).

Разница в значениях R_3 не должна была быть особенно значительной, так как биотит составляет в среднем около 5% породы, мусковит, ориентированный менее отчетливо, приблизительно столько же, ориентировка же остальных минералов осталась невыясненной.

Испытания на сжатие производились на 300-тонном прессе Амслера со скоростью около одной тонны в секунду. Все проведенные испытания будут разобраны в следующей главе; здесь же мы приводим только испытания, проведенные на ориентированных образцах блока № 517, причем приводим их полностью, чтобы дать возможность читателю ознакомиться с колебаниями полученных цифр и критически отнестись к высказываемым нами ниже положениям.

Испытания ориентированных образцов на сжатие дали следующие результаты (табл. 8).

Как видно из таблицы, наиболее высокие значения получились для кубиков, ориентированных параллельно оси «b» (2490 кг/см^2); соответственно параллельно осям «а» и «с» получаем почти одинаковые, несколько более низкие цифры (2355 и 2383 кг/см^2). Объемные веса для всех трех направлений испытания почти одинаковы. Разница в 6% сама по себе не представляется значительной, особенно при испытании на сжатие, но тенденция к изменению цифр с изменениями направления выражена совершенно ясно. Обращает на себя внимание **р о в н о с т ь** получаемых цифр; почти нет выпадающих значений, — это следует приписать правильной ориентировке кубиков. Для неориентированных образцов гранитов такие ровные цифры нами никогда не получались.

Испытав влияние ориентировки слюд в случае преобладания при испытании скалывающих напряжений, мы попытались повторить те же опыты для случая напряжений разрывных.

Для этого мы воспользовались испытаниями 1) на сжатие со смазкой и 2) на разрыв. При первом испытании трение между кубиком и прессом уничтожается, и кубик разрушается под влиянием разрывных усилий, направленных нормально к направлению давления в сторону возможного расширения. Кубик разрушается не на два конуса, как в случае сжатия без смазки, а на систему столбиков, параллельных граням кубика и действующему усилию. В данном случае влияние слюды приобретает другое, противоположное предыдущему, значение: при расположении действующего усилия параллельно ориентировке (001) разрушение происходит наиболее легко, при расположении (001) слюд перпендикулярно ему или косо к нему порода сопротивляется значительно. Для производства этого испытания нами были взяты, так же как и в предыдущем случае, кубики, но с двумя только ориентировками — параллельно «b» и «с». Параллельно «а» кубики не испытывались, памятуя приблизительно одинаковость положений «а» и «с». Полученные результаты иллюстрируются табл. 9.

Таблица 8
Результаты испытаний на сжатие ориентированных сухих образцов блока № 517

| № кубика | Ориентировка давления по Зандеру | Объемный вес | Временное сопротивление сжатию, в кг/см ² |
|------------------------------|----------------------------------|--------------|--|
| 517 ₁ | } с | 2.670 | 2482 |
| 517 ₂ | | 2.670 | 2279 |
| 517 ₃ | | 2.667 | 2373 |
| 517 ₄ | | 2.661 | 2398 |
| Среднее | — | 2.667 | 2383 |
| 517 ₁₃ | } b | 2.663 | 2535 |
| 517 ₁₄ | | 2.660 | 2504 |
| 517 ₁₅ | | 2.666 | 2411 |
| 517 ₁₆ | | 2.663 | 2509 |
| Среднее | — | 2.663 | 2490 |
| 517 ₁₇ | } a | 2.663 | 2268 |
| 517 ₁₈ | | 2.663 | 2400 |
| 517 ₁₉ | | 2.659 | 2382 |
| 517 ₂₀ | | 2.661 | 2368 |
| Среднее | — | 2.661 | 2355 |
| Среднее для породы | — | 2.664 | 2409 |

Таблица 9

Результаты испытания гранита на сжатие с применением смазки пластилином

| № кубика | Ориентировка давления по Зандеру | Объемный вес | Временное сопротивление сжатию, в кг/см ² |
|-------------------|----------------------------------|--------------|--|
| 517 ₂₅ | } b | 2.669 | 548 |
| 517 ₂₆ | | 2.661 | 413 |
| 517 ₂₇ | | 2.664 | 650 |
| 517 ₂₈ | | 2.657 | 550 |
| 517 ₂₉ | | 2.658 | 489 |
| Среднее | | 2.662 | 530 |
| 517 ₃₁ | } с | 2.663 | 621 |
| 517 ₃₂ | | 2.661 | 759 |
| 517 ₃₃ | | 2.662 | 621 |
| 517 ₃₄ | | 2.663 | 667 |
| 517 ₃₅ | | 2.662 | 708 |
| 517 ₃₆ | | 2.667 | 546 |
| Среднее | | 2.663 | 655 |

Полученными результатами нельзя вполне удовлетвориться — цифры получились довольно колеблющиеся, виной чему недостаточно освоенная методика испытания со смазкой пластилином, однако тенденции цифр выражены достаточно ясно: при расположении давления параллельно оси «b», когда разрыв облегчается преобладающим расположением спайности слюд по (001), значения временных сопротивлений сжатию получаются меньше, чем в случае перпендикулярного и наклонного к направлению действующих усилий расположения слюд (|| c). Соответствующие цифры 530 и 655 кг/см² — разница составляет около 20%.

Для испытания на разрыв были изготовлены ориентированные по трем осям призмы рабочего сечения 2.5 × 2.5 см, длиной около 12 см. Увеличением рабочего сечения призм (до этого употреблялись призмы сечением около 1 × 1 см) мы надеялись уменьшить влияние неоднородностей строения и состава гранита на величины временных сопротивлений разрыву.

Влияние ориентировки слюд должно было быть таким же, как и в вышеописанном случае сжатия со смазкой, но направления разрывных трещин здесь обратны — они нормальны к направлениям действующих разрывных усилий, поэтому наибольшие цифры предполагались для призм || оси «b» — (001) слюд вдоль призмы, а пониженные результаты для призм, параллельных «a» и «c» — (001) поперек призмы и косо к ней.

Полученные результаты приводятся в табл. 10.

Таблица 10

Результаты испытания ориентированных образцов на разрыв

| Сухие | | | Водонасыщенные | | |
|-------------------|----------------------------------|---|-------------------|----------------------------------|---|
| № призмы | Ориентировка давления по Зандеру | Временное сопротивление разрыву, в кг/см ² | № призмы | Ориентировка давления по Зандеру | Временное сопротивление разрыву, в кг/см ² |
| 517 ₁ | b | 60 | 517 ₄ | b | 47 |
| 517 ₂ | | 65 | 517 ₅ | | 49 |
| 517 ₃ | | 69 | 517 ₆ | | 52 |
| Среднее | | 65 | | | 49 |
| 517 ₇ | c | 48 | 517 ₁₀ | c | 42 |
| 517 ₈ | | 47 | 517 ₁₁ | | 31 |
| 517 ₉ | | 39 | 517 ₁₂ | | 34 |
| Среднее | | 45 | | | 36 |
| 517 ₁₃ | a | 52 | 517 ₁₆ | a | 40 |
| 517 ₁₄ | | 53 | 517 ₁₇ | | 33 |
| 517 ₁₅ | | 31 | | | |
| Среднее | | 45 | | | 37 |

Результаты испытаний показали, что ориентировка сказалась совершенно определенно: Цифра для случая расположения слюд параллельно направлению разрывающих усилий на 44% выше соответствующих цифр для перпендикулярного расположения. В случае насыщенных водою призм закономерность сохраняется, разница составляет около 35%.

Влияние ориентированного расположения слюды было определено также на величину модуля Юнга (Е).

Результаты получились следующие (табл. 11).

Т а б л и ц а 11

| № пробы | | Е | Е средн. |
|------------------|------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 517 ₁ | Давление параллельно оси «с» | 477600 кг/см ² | 481400 кг/см ² |
| 517 ₂ | » » » » | 485300 » | |
| 517 ₃ | » » » b | 497500 » | |
| 517 ₄ | » » » » | 502800 » | |

Разница в значениях Е составляет около 4%. Меньшая «ужимаемость» и, следовательно, большее значение Е получилось, как и следовало ожидать, при давлении вдоль пластинок слюды (|| b).

Приведенные выше результаты испытания показывают, что ориентировка минералов весьма заметно сказывается на механических свойствах породы. Даже в нашем случае, для гранита без видимой макроскопической слоистости, разница сопротивляемости гранита внешним усилиям в зависимости от расположения слюды может достигать десятков процентов. Наиболее чувствительным к влиянию ориентировки оказалось испытание на разрыв.

Очевидно, что для получения возможно точных цифр при испытаниях и исследованиях ориентировку эту необходимо определять и учитывать. Определение же ориентировки для тех пород, которые не показывают видимой слоистости, возможно только по методу Зандера. К числу таких пород относятся многие граниты, мраморы и другие породы, разрабатываемые в качестве облицовочного материала.

Нам представляется также, что немаловажно знать ориентировку минералов в некоторых случаях практического применения горных пород, например при изготовлении и установке облицовочных плит мрамора и гранита, а также при добыче их в карьерах.

В американской практике использования мраморов исследование по Зандеру считается обычным; интересно отметить, что путем исследования по Зандеру был открыт новый тип мрамора — «люмар» (Bain, 1936). Этот мрамор обладает значительной светопрозрачностью и способностью искривляться в направлениях, перпендикулярных ориентировке оптических осей, благодаря чему он нашел себе применение в декоративной осветительной технике Америки.

У. МЕХАНИЧЕСКИЕ И ФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ГРАНИТОВ

Граниты подверглись достаточно подробным и весьма тщательным исследованиям механических свойств. Испытывались: блок № 517, с соблюдением ориентировки по трем направлениям (см. предыдущую главу, где испытания разобраны подробно); блоки № 518, 519 и 520 с соблюдением одинаковой ориентировки относительно ближайшей трещины отделимости; ряд блоков (по условиям опробования)¹ без соблюдения ориен-

¹ Опробование производилось Конторой художественной облицовки СДС и геолого-разведочной партией.

тировки. Образцы изготовлялись с практически предельной тщательностью.

Испытания производились тремя сериями — по мере поступления материала:

I серия (1939 г.). Обр. 363 из поверхностных обнажений месторождения Кушуня.

II серия (1940 г.). Обр. 444, товарный блок из коренных осыпей месторождения Бараньи лбы.

Обр. 445, товарный блок из коренных осыпей месторождения Ак-Тюбе.

Обр. 446 и 447 из опытных карьеров месторождения Кушуня.

III серия (1941 г.). Обр. 517, 518, 519 и 520 из опытных карьеров месторождения Ак-Тюбе.

Такой разновременностью испытаний обусловлена некоторая разница характера их: по причинам технического характера определение коэффициента линейного расширения произведено только для пород II серии, определение временного сопротивления излому только для пород I и

Таблица результатов исследований механических

| Лабор. № | Удельный вес, средн. из 4 кубиков сухих | Объемный вес, средн. из 12 кубиков | Пористость | Водонасыщен. в вес. % | | Твердость по Шору, средн. из 600 точек | Коэф. линейн. расшир., средн. из 2 цилиндр. | Модуль Юнга, кг/см ² , средн. из 4 цилиндр. | Временное сопротивление сжатию | | |
|-------------------|---|------------------------------------|------------|-----------------------|---------------------|--|---|--|--------------------------------|------------|--------------------------|
| | | | | свобод. принуд. | | | | | сухие | насыщенные | после 25-кратн. замороз. |
| | | | | средн. из 5 образц. | средн. из 5 образц. | | | | | | |
| Ак-Тюбе | | | | | | | | | | | |
| 445 | 2.679 | 2.659 | 0.52 | 0.26 | 0.28 | 62 | $69 \cdot 10^{-7}$ | 406600 | 2150 | 1894 | 1754 |
| 517 ¹ | 2.674 | 2.663 | 0.43 | 0.23 | 0.28 | 79 | — | 481400 | 2383 | 2025 | 1985 |
| 518 | 2.676 | 2.663 | 0.49 | 0.15 | 0.19 | 75 | — | 449200 | 2530 | 2323 | 2216 |
| 519 | 2.694 | 2.668 | 0.96 | 0.28 | 0.28 | 78 | — | 434200 | 2392 | 2386 | 2227 |
| 520 | 2.683 | 2.672 | 0.41 | 0.13 | 0.17 | 77 | — | 466700 | 2306 | 2028 | 2110 |
| Бараньи лбы | | | | | | | | | | | |
| 444 | 2.688 | 2.657 | 0.89 | 0.31 | 0.34 | 61 | $73 \cdot 10^{-7}$ | 424800 | 1982 | 1581 | 1775 |
| Кушуня | | | | | | | | | | | |
| 363 | 2.654 | 2.634 | 0.75 | 0.31 | 0.34 | 62 | — | 332500 | 1696 | 1992 | 1830 |
| 446 | 2.679 | 2.651 | 0.78 | 0.39 | 0.44 | 59 | $76 \cdot 10^{-7}$ | 433800 | 1802 | 1611 | 1519 |
| 447 | 2.664 | 2.649 | 0.56 | 0.35 | 0.38 | 60 | $81 \cdot 10^{-7}$ | 385300 | 1897 | 1487 | 1366 |
| Гранит караньский | | | | | | | | | | | |
| 318 | 2.615 | 2.613 | 0.07 | 0.27 | 0.32 | 88 | — | 541691 | 2290 | 2501 | 2275 |

¹ Для этой породы некоторые испытания произведены с ориентировкой относительно осей «а», «б» и «с» по Зандеру (подробно см. гл. IV). Приводимые в настоящей таблице цифры представляют собой результаты испытаний параллельно оси «с» (перпендикулярной к плоскости S).

II серий, определение временного сопротивления разрыву только для пород I и III серий. Главная часть испытаний произведена одинаково для всех серий (методы испытаний см. в статье Залесского и Беликова).

Рамки настоящей статьи не позволяют нам привести полные таблицы по всем видам испытаний, поэтому даем только приводимую ниже сводную табл. 12.

Физические свойства гранита, как видно из таблицы; дают довольно ровные, мало колеблющиеся цифры. Граниты Кушуня отличаются несколько пониженным объемным весом и повышенным влагонасыщением.

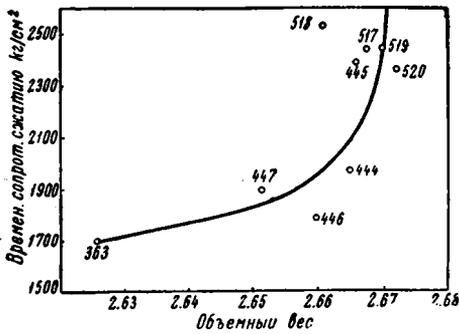
Со стороны механических свойств гранит особенных сомнений не внушает, показатели прочности его стоят в ряду с другими зарекомендовавшими себя практически гранитами. Временное сопротивление сжатию дает наиболее надежные константы для суждения о прочности камня: вероятно, здесь сказываются большие размеры образца и хорошая изученность методики испытания. Довольно ясная зависимость получается при сопоставлении цифр временных сопротивлений сжатию гранитов в сухом состоянии с объемными их весами. Кривая фиг. 18 показывает,

Таблица 12

и физических свойств гранитов р. Уллу-Кам

| вес, в кг/см ³ | | | излому средн. из 6 испыт. | Временное сопротивление удару | | Потери при истир. в г/см ³ , средн. из 2 кубиков | Потери прочности, в % | | | | |
|---------------------------|------------|-----------------------|------------------------------------|-------------------------------|---|---|-----------------------|-------------|--------------|-------------|--|
| разрыву | | | | № разруш. удара | удельная работа, в кгсм/см ³ | | при сжатии | | при разрыве | | |
| сухие | насыщенные | после 25-крат. замор. | | | | | от насыщения | от замораж. | от насыщения | от замораж. | |
| средн. из 6 восьмерок | | | средн. из 6 цилиндр. | | | | | | | | |
| Ак-Тюбе | | | | | | | | | | | |
| — | — | — | 175 | 9 | 6.72 | 0.20 | 12 | 18 | — | — | |
| 62 | 43 | 50 | — | — | — | — | 15 | 17 | 31 | 19 | |
| 54 | 48 | 58 | — | 9 | 6.73 | — | 8 | 12 | 11 | 0 | |
| 44 | 41 | 45 | — | — | — | — | 1 | 7 | 7 | 0 | |
| 52 | 49 | 49 | — | 9 | 6.51 | — | 12 | 9 | 5 | 6 | |
| Бараньи лбы | | | | | | | | | | | |
| — | — | — | 192 | 9 | 6.93 | 0.19 | 20 | 10 | — | — | |
| Кушуня | | | | | | | | | | | |
| 41 | 43 | — | 137 | 13 | 12.38 | 0.18 | 0 | 0 | 0 | — | |
| — | — | — | 206 | 9 | 7.00 | 0.23 | 12 | 16 | — | — | |
| — | — | — | 127 | 9 | 6.12 | 0.18 | 22 | 28 | — | — | |
| Гранит караньский | | | | | | | | | | | |
| — | — | — | 112 | — | — | 0.19 | 0 | 0 | — | — | |

что значения R_3 возрастают с увеличением объемного веса довольно закономерно (не укладывается в кривую только порода 518).



Фиг. 18. Кривая зависимости между временным сопротивлением сжатию сухих образцов и объемным весом.

Такая зависимость объясняется отрицательным влиянием на объемный вес пористости. Понятно, с повышением последней понижается и прочность породы. Кривой зависимости между R_3 и пористостью мы составить не могли ввиду малой точности определения последней константы.

В общем абсолютные цифры механических испытаний характеризуют граниты довольно определенно: гранит Ак-Тюбе как материал хорошего качества, граниты Бараньи лбы и Кушуня как материал средний. Однако если мы обратимся к данным влагонасыщения и влияния мороза, то

на сцену выступают такие факторы, как влияние на прочность глубоких внутренних изменений, выразившихся в выветрелости плагиоклаза и общей раздробленности большей части минералов. Изменения эти проявляют себя как непосредственно под влиянием попадающей внутрь камня воды, так и под влиянием универсальных геологических факторов разрушения — совместного действия воды и мороза. Влияние это на прочность хотя и невелико, но выражается более или менее закономерно в сторону понижения ее: в меньшей степени влияет влагонасыщение, в большей степени замораживание. При обследовании образцов после 25-кратного замораживания мы обнаружили в некоторых кубиках явление выкрашивания углов и ребер, — подобных явлений хорошо сопротивляющиеся морозу породы не показывают. Насыщение дает пониженное сопротивление сжатию во многих образцах, замораживание снижает сопротивление сжатию всех образцов. Понижение прочности от замораживания больше 15% считается для пород, предназначенных для службы во внешних частях здания, уже нежелательным. Подобные же понижения дают испытания на разрыв. Понижения эти не столь значительны, чтобы на основании их можно было забраковать испытуемый гранит, однако они ясно показывают, что материал не безупречен и требует основательного обследования и бракеража в процессе добычи.

Определение климатической стойкости — теоретической долговечности — на основании данных микроскопического изучения породы также дало несколько колеблющиеся цифры, в общем подтвержденные результатами физико-механических испытаний. Оба метода характеризуют гранит как материал несколько различный в разных своих частях: в месторождении Ак-Тюбе — высокой механической прочностью и средней климатической устойчивости, в месторождениях Бараньи лбы и Кушуня — как материал среднего качества.

VI. НЕКОТОРЫЕ ПРАКТИЧЕСКИЕ СООБРАЖЕНИЯ

Уже во время предварительного исследования изверженных пород, годных по своей блочности для внешней облицовки здания Дворца Советов, выяснилось, что имеется очень небольшое число месторождений, отвечающих пожеланиям авторов проекта, ибо здесь требовались породы: 1) очень светлого цвета — в идеале белого, 2) крупной блочности, для получения крупного размера плит, 3) значительной долговечности, т. е.

идеальной сопротивляемости выветриванию. Камней, удовлетворяющих последним двум условиям, довольно много, первое же условие — очень светлый цвет породы, сразу же ограничило выбор немногими точками.

К числу светлых силикатных пород, отвечавших требованиям авторов проекта Дворца Советов, по цвету могли быть отнесены: кварциты, бештауниты, древние и молодые кавказские граниты. Украинские и уральские граниты признаны были недостаточно светлыми. Из первых четырех пород, расположенных в порядке от более светлых к более темным, бештауниты отпали из-за слишком высокой влагонасыщаемости (до 4.5%). Остались кварциты (описываемые нами особо), кавказские древние граниты (представляющие объект настоящего исследования) и молодые граниты (Гумистинская в Абхазии и другие неонинтрузии).

Молодые граниты остались вовсе неисследованными, древние же — объект настоящего описания — по соображениям, не вполне для нас ясным, были приняты под разведку, даже без предварительного детального обследования.

Разведка месторождения Кушук была закончена в декабре 1939 г. Результаты ее изложены в довольно обстоятельном отчете инж. Шулимовича и Булатова.

Показатели разведки отрицательны — выход блоков из горной массы 2.7%, запасы месторождения остались не утвержденными.

На скалах Ак-Тюбе разведка не производилась. Пробный карьер дал выход блоков 10—12%. С началом войны работы на месторождении были прекращены.

Анализируя причину неудачи этой разведки, надо констатировать прежде всего факт нарушения нормальной последовательности геологических работ: капитальным разведочным работам не было предпослано грамотное геологическое обследование участка разведки, в главном изучение тектоники его.

Между тем для облицовочных камней тектоника важна никак не меньше, а, вероятно, значительно больше, чем для многих других видов рудного и нерудного сырья. Прежде всего вопрос об общей тектонике: в рамках настоящей статьи нет возможности останавливаться на трактовке этого вопроса, тем более, что это общеизвестно. Во всех случаях необходимо, приступая к разведочным работам, отдавать себе ясный отчет об общей тектонике района — степени его дислоцированности, направлениях главнейших линий сбросов и надвигов. Затем тектоника места разведки — расположение, частота и характер трещин отдельности, так называемая трещинная тектоника. От нее зависит очень многое: форма, размер и процент выхода блоков из горной массы, а также и механические свойства камня. Наконец, метод разработки месторождения проектируется в зависимости от расположения трещин. Поведение блока в распиловке зависит как от ориентировки минералов, так и от характера трещиноватости материала: помимо явных трещин всегда могут иметься скрытые трещины, обнаруживающиеся только при распиловке и ведущие к большому проценту брака.

Составленные нами диаграммы, приведенные выше в главе о тектонике месторождения, были уже разобраны, поэтому скажем о них кратко.

Диаграмма трещин месторождения Кушук (фиг. 5), подчеркивая отсутствие закономерности в распределении трещин, дает указания на крайнюю трудность организации эксплуатационных работ, ориентирующихся, как известно, на направления наиболее хорошо выраженных трещин и наилучшей делимости. Диаграмма показывает также, что здесь трудно на-

деяться получить сколько-нибудь правильно, в форме параллелепипедов, — ограниченные блоки гранита. Совершенно понятно, что производить добычу кондиционных блоков при таких условиях крайне трудно. Это положение нашло себе подтверждение в результатах пробной добычи: выход кондиционных блоков составил в среднем 2.7% от вынутой горной массы. Очень немногие глыбы были настолько крупными, что их приходилось резать (фиг. 6).

Диаграмма трещин месторождения Ак-Тюбе (фиг. 12) выглядит иначе, — здесь совершенно ясно выделяются четыре максимума. Геологическое значение их было разобрано выше. Присутствие их в числе четырех, а не трех неудобно для разработки месторождения, ибо, если допустим, что все трещины развиты равномерно, то получим блоки неправильной формы, крайне неудобные для обработки. Практически в большинстве случаев так и получалось: блоки, вынимавшиеся из пробных карьеров, не имели правильной формы (это скорее глыбы); их приходилось подвергать отеске и пассивровке, в результате чего часть уже вынутой горной массы терялась. О потерях этих, так же как и о выходе блоков, можно судить по табл. 13, составленной по данным инж. И. Ф. Сазонова.

Таблица 13

Результаты опытной добычи на месторождении Ак-Тюбе

| № забоя | Вывуто горной массы, в м ³ | Добыто монолитов, в м ³ | Получено блоков, в м ³ | % потери при отеске |
|---------|---------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|---------------------|
| 1 | 72 | 17.28 | 5.69 | 67.1 |
| 2 | 192 | 70.93 | 24.93 | 65.2 |
| 3 | 540.5 | 136.23 | 50.3 | 63.3 |

Как видно из таблицы, выход блоков составляет немного больше 10% от вынутой горной массы. Этот процент выхода безусловно чрезвычайно низок, и разработка такого типа месторождений допустима только при условии особой ценности разрабатываемого материала с точки зрения специфических к материалу требований. В нашем случае таким особым требованием является особо светлый (по мнению архитекторов) цвет камня.

Если принять приведенную выше трактовку трещин по Клоосу, то можно предполагать, что наиболее легкий раскол гранита будет происходить по плоскостям, параллельным системе трещин S, по направлению же Q иногда можно пользоваться имеющимися трещинами, ибо раскол параллельно им будет трудным.

Надо добавить, что среди разобранных трещин отсутствуют горизонтальные и вертикальные, представляющие собою обычно основу механизации карьеров при добыче блоков. Кроме того, система S падает внутрь подлежащего разработке уступа, и если основывать добычу на ней, то придется добываемые блоки при выемке из карьера поднимать вверх, что нежелательно.

Заканчивая качественную характеристику гранита, необходимо сказать несколько слов о технологических его свойствах. Распиловка пробных блоков гранита из месторождения Ак-Тюбе, произведенная на заводе строительства Дворца Советов, показала, что гранит довольно хорошо пилится обычным абразивом — кварцевым песком.

Пробная распиловка 24 блоков гранита объемом в 16.08 м³ дала средние выходы: при толщине плит 5.5 см — 12 м² из кубометра гранита; при толщине 6 см — 8.5 м², в среднем около 10 м².¹ Плитами кушунского гранита облицован фасад пьедестала монумента у входа на Сельскохозяйственную выставку. Над поведением их ведутся наблюдения.

VII. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Уллу-камский гранит представляет собою часть громадной и сложной интрузии гранитов Центрального Кавказа, относимой условно к верхнему докембрию — нижнему палеозою. Испытанные этими гранитами с докембрийского времени циклы диастрофизма обусловили появление в них многочисленных трещин. Трещиноватость развита в различных участках гранитов неодинаково, что зависит, вероятно, как от расположения главных тектонических линий, так и от свойства самих гранитов. Для трех месторождений по среднему течению Уллу-Кама: Кушуня, Ак-Тюбе и Бараньи лбы, были составлены диаграммы трещиноватости, которые показали, что трещины располагаются в пространстве неблагоприятно: на месторождении Кушуня вообще не удается подметить никакой закономерности в их расположении, на последних двух месторождениях, в особенности на месторождении Ак-Тюбе, таковые закономерности имеются, но максимумы полюсов трещин расположены неудобно и присутствуют в количестве четырех. Столь неблагоприятное расположение трещин характерно, может быть, для большинства пород геосинклинальных областей и ведет к пониженному проценту выхода блоков.

Микроскопическая обработка гранита была произведена с привлечением методик Гиршвальда и Зандера. Обе методики были увязаны с физико-механическими испытаниями.

Микроскопическое исследование показало, что граниты, особенно в месторождении Кушуня, характеризуются значительной измененностью плагиоклаза, слагающего до 40% породы. Измененность эта является, по видимому, преимущественно постмагматической, поэтому трудно ожидать уменьшения ее с глубиной. Явления поверхностного выветривания на граните почти не сказываются, возможно, потому, что выветрелая часть его снесена ледниками. Формулы Гиршвальда дают вследствие слабости плагиоклаза несколько пониженные цифры, характеризуя граниты как материал средней степени долговечности. Наилучшие цифры теоретической долговечности дали граниты месторождения Ак-Тюбе, наихудшие — Кушуня.

Указанная выше измененность гранита, а также присутствие в слагающих его минералах многочисленных мельчайших трещинок обусловили некоторую уязвимость его для факторов выветривания — воды и мороза. Механические испытания гранитов, проведенные нами с особой тщательностью, показали, что прочность их, вообще довольно высокая, понижается иногда довольно заметно от водонасыщения и после действия мороза. Для месторождения Ак-Тюбе такое понижение может достигать 17—18% от значения временного сопротивления сжатию в сухом состоянии. Для месторождения Кушуня понижение прочности еще заметнее. На некоторую неустойчивость гранита указывает также подмеченное нами, едва заметное выкрашивание углов и ребер, при замораживании некоторых кубиков его. Сравнение цифр теоретической долговечности с полученными при испытаниях результатами говорит о хорошей, по видимому, обоснованности первого метода, несмотря на сравнительную давность его.

¹ Колебание цифр зависит от технических причин.

Исследования микроструктуры по методу Зандера позволили поставить методическую работу по вопросу о степени влияния ориентировки минералов на механические свойства гранита. Результаты получились совершенно определенные: выяснилось, что даже незначительная анизотропия породы весьма существенно влияет на ее механические свойства. Эти первые у нас опыты привлечения зандеровского метода к физико-механическим испытаниям горных пород не дают, конечно, права делать выводы большого теоретического значения, — для этого их слишком мало, однако они определенно указывают на большие возможности, открываемые применением его к вопросам сопоставления геологии и физико-механики горных пород.

Помимо теоретических обобщений, работа дала возможность сделать ряд практических выводов, из которых наиболее, пожалуй, интересен анализ трещиноватости гранита.

Намечаются пути геологически обоснованного подхода к одной из труднейших задач науки о карьерах — к вопросу анализа блочности облицовочного камня. Пути намечаются, однако до методически обоснованного решения еще далеко: потребуется целый цикл наблюдений и экспериментов для установления метода.

Л И Т Е Р А Т У Р А

- А г а л и н Г. П. Краткий геологический очерк Центральной части Большого Карачая. Изв. Геол. Ком., 1929, 48, № 4.
- Б е л я н к и н Д. С. К исследованию Кавказских гранитов. Изв. Петрогр. политехн. инст., 1918, 27.
- Б о л д ы р е в А. К. Химическая конституция и кристаллическая структура слюд. Сб. «Слюды СССР». М. — Л., 1937.
- Г е р а с и м о в А. П. Стратиграфия докембрийских образований Кавказа. Стратиграфия СССР, т. I, Акад. Наук СССР, М. — Л., 1939.
- Д е м б о Т. М. К геологии и петрологии гранитов Главного Кавказского хребта и древних метаморф. пород в верховьях р. Кубани. Зап. Мин. общ., сер. 2, 1937, 66, вып. 4.
- Е ф р е м о в Г. М. Древнейшая интрузия Сев. Кавказа, некоторые черты ее металлогении и ее роль в формировании метаморфических пород. Докл. Акад. Наук СССР, 1941.
- З а л е с с к и й Б. В., К о р с у н с к и й А. И. и Л а п и н В. В. К вопросу о долговечности некоторых карбонатных пород Самарской Луки. Тр. Инст. геол. наук, 1941, вып. 58.
- И ц и к с о н М. И. К вопросу о древних гранитоидах Дигории. Зап. Мин. общ., сер. 2, 1940, 69, вып. 2—3.
- К о р ж и н с к и й Д. С. Жидкие включения, как причина мнимой пелитизации полевых шпатов. Докл. Акад. Наук СССР, 1940, 29, № 2.
- К у в н е ц о в И. Г. Этапы в развитии вулканизма в Большом Кавказе. Зап. Мин. общ., сер. 2, 1940, 69, вып. 2—3.
- К у п л е т с к и й Б. М. и К о в а л е в а О. И. Опыт рациональной количественно-минералогической классификации гранитоидов. Докл. Акад. Наук СССР, 1939, 23, № 6.
- Л е в и н с о н-Л е с с и н г Ф. Ю. Петрографические исследования в Центральном Кавказе. Изв. СПб. Политехн. инст., 1934, 2.
- Л е в и н с о н-Л е с с и н г Ф. Ю. Петрография. Изд. 5-е, М. — Л., 1940.
- Л о д о ч н и к о в В. Н. Тектоника гранитных массивов и проблема батолитов Ганса Клооса. Зап. Мин. общ., сер. 2, 1926, 55.
- Л о д о ч н и к о в В. Н. К петрологии Воронежской кристаллической глыбы Русской платформы. Мат. по общ. и прикл. геол., 1927, вып. 69.
- Л о д о ч н и к о в В. Н. Главнейшие породообразующие минералы. 1938.
- П э к А. В. Трещинная тектоника и структурный анализ. Акад. Наук СССР, М. — Л., 1939.
- Р е н г а р т е н В. П. Тектоническая характеристика складчатых областей Кавказа. Тр. 3-го Съезда геологов. Ташкент, 1930.
- С о л о в ь е в С. П. Геолого-петрографический очерк верховьев р. Ирик (Юго-вост. подножие Эльбруса). Изв. ГГРУ, 1931, 50, вып. 18.
- С у д о в и к о в Н. Г. Результаты обследования каменных строительных материалов по восточному берегу Онежского озера. Тр. ГГРУ, 1931, вып. 114.

- Шафрановский И. И.** Выветривание полевых шпатов в пегматитовых жилах Карелии. Изв. ВГРО, 1932, 51, вып. 5.
- Vain G. W.** Lumar a new development in the Stone industry. Mining and Metallurgy, 1936, June.
- Bell J. F.** Festigkeit und Gefügeregel am Beispiel eines Granits. N. Jahrb. f. Min., 1936, Abt. A, Beil.-Bd. 71.
- Cloos H.** Der Mechanismus tiefvulkanischer Vorgänge. Braunschweig, 1921.
- Haff John C.** Preparation of petrofabric diagrams. Amer. Min., 1938, 23, № 9.
- Hirschwald J.** Handbuch der bautechnischen Gesteinsprüfung. Berlin, 1912.
- Sander B.** Gefügekunde der Gesteine mit besonderer Berücksichtigung der Tektonite. Wien, 1930.
- Sander B., Felkel E., Drescher F. K.** Festigkeit und Gefügeregel am Beispiel eines Marmors. N. Jahrb. f. Min., Abt. A, 1930, Beil.-Bd. 59.
- Stöckle J.** Die Bedeutung der Stoff-Konstanten natürlicher Gesteine. Fortschr. f. Min. Krist. u. Petr., 1940, 24.
-

В. П. ЕРЕМЕЕВ

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ДАННЫЕ К ИЗУЧЕНИЮ НЕОИНТРУЗИЙ АДЖАРИИ

Неоинтрузиям Аджарии нами совместно с Д. С. Белянкиным и В. П. Петровым несколько лет тому назад была посвящена специальная статья (1935). Однако туда вошла лишь небольшая часть наших материалов, именно те данные, которые были получены в течение лета 1932 г. Наши сборы по неоинтрузиям 1934 г. не были использованы при этом.

Настоящая статья, вместе с нашей предыдущей работой, представляет собой род сводки по неоинтрузиям Аджарии. В ней мы остановимся на новых материалах, дополнительных к опубликованному.

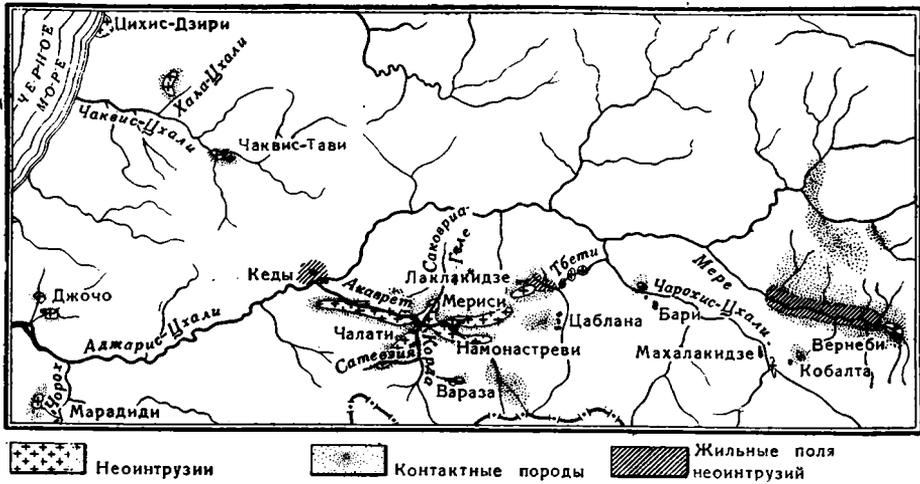
1. Описание аджарских неоинтрузий

Всего в Аджарии нами закартировано 13 отдельных выходов неоинтрузий (см. карту-схему, фиг. 1). Сюда относятся: в первую очередь, крупнейший район неоинтрузивной деятельности в окрестностях сел. Мериси, затем описанные ранее мелкие интрузии приморской части Аджарии, в частности интрузии в сел. Цихис-Дзири, р. Хала-Цхали, выход у сел. Джочо, а также интрузия по р. Тбети — в центральной части Аджарии, и, наконец, заново описываемые породы крупных интрузий окрестностей сел. Вернеби, Махалакидзе и по р. Чарухис-Цхали.

1. Район Мериси

Наибольшее внимание привлекал в прежние годы, а также и теперь привлекает к себе район Мериси, в котором сосредоточены самые крупные из проявлений медного оруденения в Аджарии. Поскольку этому району посвящена специальная и довольно детальная работа И. Ф. Григорьева (1929), мы ограничились здесь лишь небольшими дополнительными наблюдениями. По представлению Григорьева, в районе Мериси среди слагающей местность порфиритовой толщи эоцена выходят четыре обособленные на поверхности чечевицеобразные интрузии, сложенные сиенито-диоритовыми породами несколько различного количественно-минералогического состава. При последующем посещении р. Акаврет мы наблюдали в сплошных ее обнажениях между Мериси и р. Саковрия-геле исключительно интрузивные породы. Надзирадзе, в свою очередь, проследил единство массива Саковрия с Намонастревским. Таким образом,

единство всех выходов интрузий бассейна р. Акаврет, о чем ранее можно было только догадываться, получает ныне вполне четкое картографическое изображение. Тем интересней теперь подойти к различиям петрографического состава этого единого крупного массива, отмеченного, как сказано выше, еще И. Ф. Григорьевым.



Фиг. 1. Карта-схема выходов неинтрузий в Аджарии.

Весьма характерно, что наибольшими различиями в составе отличаются периферические и центральные части массива. В нашей совместной с Д. С. Белянкиным и В. П. Петровым статье (1935) уже отмечалось развитие аплитовых разностей на западной периферии Мерисского массива (по дороге из сел. Мериси в сел. Кеда), причем типичный сиенито-диорит постепенно переходит в аплит, представляющий собой своеобразное эндоконтактное изменение породы массива.

Другой пример эндоконтактного изменения наблюдался на южном отроге интрузии у сел. Чалати. Дорога, идущая вдоль р. Корда, пререзает около сел. Чалати этот отрог поперек, почти вкрест простирания. Состав породы этого отрога резко иной, чем главного Мерисского массива. Типичная порода из центральной части окрашена в светлосерый цвет и состоит преимущественно из плагиоклаза № 45 и пироксена диопсид-авгитового ряда, частично уралитизированного; калишпата весьма мало — только 6%. По периферии как на юге (обр. 43), так и на севере (обр. 41) количество плагиоклаза в породе резко уменьшается; за его счет увеличивается роль темных минералов, а также и калишпата, содержание которого составляет здесь до 20% породы. Таким образом, общее направление изменения породы к контакту здесь примерно то же, т. е. накопление калишпата к контакту; габбровая порода переходит к периферии в монцитовую. Однако в массиве присутствуют и более кислые разности. Так, по р. Сатевзия в валунах встречены плагиоклазовые граниты (обр. 45). В породах обр. 43 и 42 присутствует, кроме того, пренит; в последней из них — вместе с кальцитом.

Наличие аплитовидных разностей отмечено нами и по периферии Намонастревского тела. Аплит этот совершенно подобен одноименным породам Мериси. Характерной особенностью интрузивных пород вблизи Намонастреви являются частые в них кварцевые жилки с весьма обильным турмалином, местами образующим эффектные сростки типа «турмалиновых

«солиц». Окружающая жилки порода также обогащена турмалином, давая в местах наибольшего скопления своеобразные турмалиновые сиениты.

В табл. 1 приведены все известные количественно-минералогические подсчеты для неонитрузивных горных пород Мерисского района.

Таблица 1

Количественно-минералогический состав пород неонитрузии у сел. Мериси (в %)

| Местонахождение | Окр. Мериси | | Намона-стревн | Саковри-геле | Окр. Чалати | | | |
|--------------------|-----------------------|-------------------|-------------------|--------------|-----------------------|--------------------|--------|------|
| | Перифе-рическая часть | Центральная часть | Центральная часть | | Перифериче-ская часть | Централь-ная часть | | |
| Название породы | Аплит | Сиенито-диорит | Сиенито-диорит | | Сиени-то-дио-рит | Мон-понит | Габбро | |
| Минералы | № образцов | | | | | | | |
| | 3 | 119 | 82 | 31 | 41 | 43 | 42 | |
| Кварц | 30.0 | 7—10 | — | — | — | — | — | |
| Анортоклаз | 33.3 | 40—50 | 20—30 | 16.3 | 41.7 | 22.4 | 17.3 | 6.6 |
| Плагиоклаз | 31.3 | 20—30 | 30—40 | 57.8 | 46.7 | 56.8 | 58.6 | 79.6 |
| Биотит | 5.4 | — | 10—20 | 11.2 | 2.3 | 1.4 | 0.2 | — |
| Пироксен | — | — | 15—20 | 10.2 | 3.8 | 4.7 | 17.7 | 6.2 |
| Эпидот | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Роговая обманка | — | 15—20 | — | 0.5 | — | 12.3 | — | 2.0 |
| Апатит | — | — | — | 0.3 | 0.4 | 0.1 | 0.1 | — |
| Хлорит | — | — | — | — | 2.9 | — | 0.7 | 1.9 |
| Пренит | — | — | — | — | — | — | 0.1 | 0.9 |
| Кальцит | — | — | — | — | — | — | — | 0.6 |
| Серицит | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Рудные | — | 3.00 | 3 | 3.7 | 2.2 | 2.3 | 5.3 | 2.2 |

Жильные ответвления от интрузии у сел. Мериси секут контактные ее породы в непосредственной близости от главного тела; только в одном случае удалось нам наблюдать небольшое жилородное тело на значительном удалении от мерисского интрузива. Выходит оно в районе цинкового месторождения Вараза в одной из разведочных штолен. По общему петрографическому характеру своему порода эта весьма напоминает породы у сел. Мериси и состоит из плагиоклаза № 32 (47.7%), сильно разрушенного анортоклаза (41.0%) и цветных минералов: уралитизированного и хлоритизированного в значительной степени моноклинного пироксена (7.3%) и хлоритизированного биотита (2.2%). Остальное (1.8%) приходится на эпидот, галлуазит, апатит и рудный минерал. Весьма любопытным является присутствие здесь галлуазита, образующего изредка небольшие гнезда и участки в породе размером до двух сантиметров.

2. Неонитрузия в сел. Цихис-Дзири

В отношении неонитрузии в сел. Цихис-Дзири в предыдущей работе (Белянкин, Петров, Еремеев, 1935) было констатировано наличие в ее составе двух типов пород: лейкократового, приуроченного к морскому пляжу, и меланократового, встреченного по р. Дехва. В лейкократовых разностях пироксена в среднем не больше 18%, а в меланократовых — свыше 50%. Общий облик породы тем не менее там и здесь

монцонитовый, так как количество калишпата в обоих случаях довольно велико (16—17%).

В 1934 г. нам удалось значительно более детально осмотреть единственное хорошее обнажение интрузии на морском пляже (фиг. 2), причем констатирована была большая сложность цихис-дзирской интрузии. Контакт ее с вмещающими породами хорошо обнажен только на северном краю интрузии, где развита весьма характерная брекчия, цементом которой служит авгитовый порфирит, а обломки образованы как интрузивной породой, так и авгитовым порфиритом. Следующее к югу обнажение сложено нацело интрузивной породой, более светлой, чем порода, слагающая северное обнажение; авгитовый порфирит сечет ее жилой около 1 м мощности (фиг. 3). Весьма характерно зональное строение порфирита, в зальбандах лишенного вкрапленников авгита.



Фиг. 2. Обнажение неинтрузии в сел. Цихис-Дзир. Фото Р. П. Петрова.

Из этих данных очевиден более поздний возраст авгитового порфирита, как жильного, так и цементирующего брекчию на северном контакте. Имеется, однако, и одно осложняющее обстоятельство: брекчия северного выхода неподалеку от контакта сечется ветвящейся аплитовой жилой (фиг. 4), явно более молодой, чем брекчия. Соотношения этого аплита с интрузией остались для нас совершенно неясными; не является ли он совершенно самостоятельным комагматом андезитотефритовых и кератофировых жил, широко распространенных в Аджарии и описанных ранее В. П. Петровым (1935).

Порода аплитовой жилы сильно изменена, альбитизирована, кальцитизирована, эпидотизирована и пелитизирована. В составе ее преобладает калиевый полевой шпат, в более крупных выделениях по сравнению с альбитизированным плагиоклазом.

В контакте с вмещающими аплит авгитовыми порфиритами наблюдаются скопления мелких рудных частиц в виде каемки, разделяющей обе породы. Здесь же появляются мелкие чешуйки биотита и происходит некоторая концентрация апатита.

Что касается петрографического характера самой цихис-дзирской интрузивной породы, то здесь к предыдущему описанию мы можем добавить лишь очень немного. Как мы видим, порода северного выхода более меланократовая, типа габбро-диорита. Лейкократовая порода южного выхода — диорит или гранодиорит. Порода северного выхода сечется довольно мощной (до 0.5 м) более светлой жилой, которую по обилию в ней калишпата можно назвать сиенито-диоритом. Количественно-минералогические соотношения даются в табл. 2. Структура в большинстве слу-

чаев мондонитовая, реже гипидиоморфнозернистая. Константы минералов обычные для неонитрузий и вполне отвечающие опубликованным цифрам.

Таблица 2

Количественно-минералогический состав неонитрузии
в сел. Цихис-Даири (в %)

| Минералы | Северное обнажение | | | | Жильный сиенито- диорит | Южное обнажение | | | |
|-----------------------------------|--------------------|------|------|----------|-------------------------------|-----------------|------|------|----------|
| | Габбро-диорит | | | | | Диорит | | | |
| | № образцов | | | | | | | | |
| | 835 | 449 | 836 | Средн. % | 448 | 1575 | 446 | 637 | Средн. % |
| Кварц | — | 1 | — | — | — | 3.4 | 3.8 | 3.3 | 3.5 |
| Анортоклаз | 9.1 | 5.2 | 5.4 | 6.5 | 22.2 | 16.9 | 14.7 | 19.2 | 16.9 |
| Плагиоклаз | 57.3 | 59.0 | 52.5 | 56.3 | 67.4 | 52.7 | 65.3 | 61.5 | 59.8 |
| Биотит | 3.2 | 4.4 | 7.8 | 5.1 | — | 0.5 | 4.0 | 2.5 | 2.3 |
| Пироксен | 18.8 | 19.7 | 24.9 | 21.2 | — | 18.7 | 3.9 | 6.4 | 9.7 |
| Роговая обманка | — | — | — | — | — | — | 0.2 | 0.6 | 0.3 |
| Оливин | 3.0 | — | — | 1.0 | — | — | — | — | — |
| Змеевик по оли- вину | 0.5 | 3.0 | — | 1.2 | — | — | — | — | — |
| Кальцит | 0.3 | 0.1 | — | 0.1 | — | — | 0.2 | 0.2 | 0.1 |
| Уралит | 1.1 | 1.1 | 1.0 | 1.1 | 8.6 | — | 3.6 | 1.4 | 1.0 |
| Хлорит | — | — | — | — | 0.3 | 2.1 | 1.8 | 1.9 | 1.7 |
| Апатит | — | — | — | — | — | 1.8 | — | — | 0.69 |
| Цеолит | — | — | — | — | 0.5 | — | — | — | — |
| Рудные | 6.7 | 7.4 | 8.4 | 7.5 | 0.9 | 3.9 | 2.4 | 3.2 | 3.2 |



Фиг. 3. Южное обнажение неонитрузии в сел. Цихис-Даири с секущей его жилой авгитового порфирита.

Фото Р. П. Петрова.

3. Неоинтрузия у р. Хала-Цхали

Неоинтрузия у р. Хала-Цхали при вторичном посещении была прослежена нами на значительно большее расстояние. Так, по правому притоку реки выходы интрузивных пород протягиваются на расстояние около километра. Вмещающие породы представлены преимущественно авгитовыми порфиритами. В краевой части интрузия сложена габбровой породой с крупными кристаллами пироксена, а в более центральной — равнозернистой породой габбро-сиенитового состава. Причиной этой неоднородности мы склонны считать ассимиляцию окружающих пород, причем краевые части массива, поглотившие больше постороннего материала, приобретают более основной характер. Интрузия рассечена маломощными жилками аплита. Ранее было опубликовано описание монцонитовой породы центральной части интрузии. В габбро краевых частей гораздо меньше калишпата. Плаггиоклаз серицитизирован и иногда зонален, от № 56—63 в центральных до № 10—12 в краевых частях кристаллов. Цветная часть представлена уралитизированным пироксеном. Биотит почти нацело хлоритизирован. Количественно минералогический состав хала-цхальских пород приведен в табл. 3. Краевая порода интрузии химически анализирована была В. А. Егоровым.

Результаты анализа в табл. 4 сопоставлены с таковыми химического анализа типичной породы интрузии Джочо № 885, произведенного также В. А. Егоровым.

Аплит из жил, секущих интрузию, обладает гранит-порфировой структурой и состоит преимущественно из крупнозернистого зонального плаггиоклаза (№ 36 в центре и № 15 в краях зерна), кварца и анортоклаза, отчасти в виде каемок вокруг плаггиоклаза.

Количественно-минералогический состав жильных пород — см. в табл. 3, обр. 846. Мощность жилы 3 м. В таблице рядом приведен и состав обломка обр. 854, взятого недалеко от жилы.



Фиг. 4. Порфирировая бреччия, секущаяся ветвящейся аплитовой жилкой.
Фото Р. П. Петрова.

Количественно-минералогический состав неонитрузии
у р. Хала-Цхали (в %)

| Место взятия | Центральная часть | | | | Краявая часть | | Жильные породы | |
|----------------------|-------------------|------|------|------|---------------|------|----------------|------|
| | № образцов | | | | | | | |
| | ХЦ | 851 | 849 | 461 | I | II | 846 | 854 |
| Минералы | | | | | | | | |
| Кварц | — | 1.6 | — | — | 2.1 | 3.5 | 12.5 | 10.4 |
| Анортоклаз | 9.3 | 11.8 | 8.2 | 5.9 | 4.0 | 2.7 | 32.2 | 14.9 |
| Плагиоклаз | 65.4 | 50.4 | 61.9 | 66.9 | 68.9 | 63.3 | 51.2 | 62.3 |
| Биотит | 3.8 | 9.1 | 7.9 | 3.3 | 4.6 | 4.1 | — | — |
| Хлорит | — | 2.0 | 0.7 | — | 2.2 | 3.5 | — | — |
| Пироксен | — | 12.8 | 16.2 | 19.4 | 2.1 | 2.9 | — | — |
| Роговая обманка | 13.1 | 2.7 | — | — | — | — | — | 6.9 |
| Уралит | — | 7.2 | — | — | 13.3 | 15.1 | 2.9 | — |
| Апатит | — | 0.1 | 1.2 | 0.2 | — | 0.3 | — | 0.4 |
| Титанит | 0.2 | — | — | — | — | — | — | 1.9 |
| Рудные | 8.2 | 2.3 | 3.9 | 4.3 | 2.6 | 3.9 | 0.8 | 2.8 |
| Кальцит | — | — | — | — | — | 0.3 | — | — |

Таблица 4

Химический состав неонитрузии у р. Хала-Цхали и у сел. Джочо (в %)

| Компоненты | Рена Хала-Цхали I | | Сел. Джочо, обр. 885 | |
|--|-------------------|---------------|----------------------|---------------|
| | вес. % | молек. колич. | вес. % | молек. колич. |
| SiO ₂ | 49.48 | 824 | 54.47 | 907 |
| TiO ₂ | 1.13 | 014 | 0.57 | 008 |
| Al ₂ O ₃ | 17.02 | 167 | 19.79 | 194 |
| Fe ₂ O ₃ | 4.26 | 027 | 3.32 | 021 |
| FeO | 5.26 | 074 | 3.27 | 046 |
| MnO | 0.15 | — | 0.13 | — |
| CaO | 10.34 | 184 | 7.81 | 139 |
| MgO | 5.15 | 128 | 3.35 | 083 |
| Na ₂ O | 2.02 | 032 | 3.58 | 058 |
| K ₂ O | 1.50 | 016 | 2.12 | 021 |
| H ₂ O ⁻¹¹⁰ | 0.36 | — | 0.16 | — |
| H ₂ O ⁺¹¹⁰ | 2.50 | — | 1.45 | — |
| Сумма | 99.17 | — | 100.02 | — |

Магматическая формула по Ф. Ю. Левинсон-Лессингу

$$2.24 \overline{RO} \cdot R_2O_3 \cdot 4.25 SiO_2; R_2O : RO = 1 : 8.0; \alpha = 1.62$$

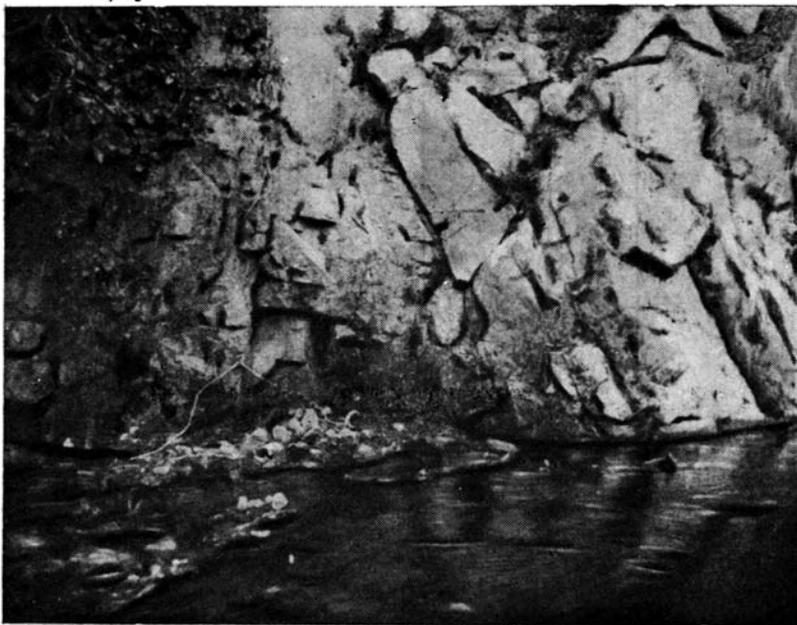
$$1.61 \overline{RO} \cdot R_2O_3 \cdot 4.22 SiO_2; R_2O : RO = 1 : 3.39; \alpha = 1.83$$

4. Выход неонитрузии у сел. Джочо

Интрузия Джочо, подобно ряду других, не представляет собой единого тела; по всей видимости, мы имеем здесь целую серию отдельных жил и небольших штоков, поскольку помимо коренного обнажения у сел. Джочо (см. фиг. 5) наблюдались крупные обломки неонитрузивных пород и значительно выше сел. Джочо. Дополнительное исследование неонитрузии показало, что в центральной ее части состав ее ближе всего подходит к сиенито-диоритам, по периферии же она более основная — габбро-

сиенит и габбро. Ранее была описана порода только центральной части. В составе цветных компонентов, помимо роговой обманки, при дополнительном исследовании был обнаружен нами также и моноклинный пироксен — авгит ($2V = -65^\circ$).

В габбро-сиените южной периферической части преобладает плагиоклаз № 65 (угол погасания $\perp PM = 35^\circ$) и анортоклаз ($Ng' = 1525 \pm \pm 0.03$, $Nr' = 1520 \pm 0.03$); последний преимущественно в каемках вокруг плагиоклаза. Цветные и прочие: хлоритизированный биотит, вторичная роговая обманка, а также апатит и кальцит.



Фиг. 5. Обнажение неоиintrузии у сел. Дзючо.

В северной периферической части, интрузия имеет габбровый характер. Скелет породы образован крупнозернистым пироксеном (авгитом); в промежутках выделяются более мелкие кристаллы плагиоклаза № 57—64 (угол погасания $\perp PM = 30-35^\circ$) и анортоклаз. Реже встречаются биотит и пирит.

Количественно-минералогический состав как центральной, так и периферических частей приведен в табл. 5. Образец центральной части (№ 885), как наиболее характерный, был также проанализирован химически В. А. Егоровым. Результат анализа приведен в табл. 5.

5. Неоиintrузия по р. Тбети

Три отдельных небольших выхода неоиintrузии обнажены в долине р. Тбети. Первый — северо-восточный — расположен километрах в 5 от устья названной реки. Порода этого выхода (№ 10) представлена габбро-сиенитом, состав которого в значительной степени изменен. Анортоклаз в нем пелитизирован, а плагиоклаз серицитизирован местами настолько, что лишь кое-где сохранились от него свежие альбитовые каемки. В более свежих кристаллах плагиоклаза наблюдается зональность: от № 32 в центре до № 8—10 в краевых частях кристаллов.

Количественно-минералогический состав неинтрузии
у сел. Джочо (в %)

| Минералы | Северная часть | Центральная часть | | Южная часть |
|---------------------------|----------------|-------------------|-----------|-------------|
| | обр. 882 | обр. 885 | обр. 1341 | обр. 886 |
| Кварц | — | 2.2 | 3.2 | — |
| Анортоклаз | 6.8 | 20.8 | 22.6 | 20.0 |
| Плагиоклаз | 32.5 | 56.4 | 66.6 | 62.6 |
| Биотит | 3.1 | 0.7 | — | 0.5 |
| Хлорит | 1.3 | 3.4 | 1.9 | 2.4 |
| Пироксен | 53.7 | 6.9 | — | — |
| Роговая обманка | — | 3.0 | 2.9 | 0.8 |
| Уралит | — | 2.9 | — | 10.1 |
| Апатит | — | 0.2 | — | 0.4 |
| Кальцит | — | — | — | 0.3 |
| Серпидит | — | 1.1 | — | — |
| Пирит | 2.6 | 2.2 | 2.1 | 1.1 |
| | 100 | | | |

Цветная часть представлена в основном биотитом и пироксеном. Аксессуары — апатит и магнетит.

Метрах в 600—800 к западу от этого выхода интрузии встречено другое ее обнажение размером около 20 м в поперечнике и около 7 м высоты. Оно производит впечатление тектонического отторженца, который сечется жилкой порфирита мощностью около одного метра. По составу своему порода этого тела (№ 182) довольно близка к только что описанной, но с большим количеством цветных минералов. Преобладающий среди них — пироксен, отчасти зональный; 2 V в центре равно 52°, а в краях 60° (что отвечает, очевидно, большему содержанию в молекуле $MgSiO_3$ в центре кристаллов). Значительная часть его метаморфизована в уралит, к которому приурочены и рудные выделения.

Метрах в 100 далее к западу встречен еще один выход примерно такого же размера. Порода здесь (№ 86) с характерной гранит-порфировой структурой. В отличие от двух предыдущих в ней содержится в небольшом количестве кварц, а плагиоклаз несколько более кислый (№ 27). По составу своему порода эта подходит ближе всего к кварцевым диоритам.

Результаты количественно-минералогических подсчетов см. в табл. 6.

6. Неинтрузия около сел. Вернеби

Неинтрузия около сел. Вернеби расположена по течению р. Мере (левого притока р. Аджарис-Цхали). Обнажения ее прослежены нами на протяжении 500 м. Сложена она мелкозернистым и относительно лейкократовым кварцевым диоритом. Преобладающим минералом является здесь андезин № 45—50, переходящий в краях кристаллов в олигоклаз около № 20—15; в подчиненном количестве присутствуют кварц, анортоклаз, кальцит и хлорит (повидимому, вторичный по биотиту). Редко — апатит.

Неинтрузивный выход Вернеби является крайним восточным в долине р. Схалты (Мере). К западу от него сколько-нибудь крупные интрузии

Количественно-минералогический состав неинтрузий восточной части Аджарии (в %)

| Минералы | М е с т о н а х о ж д е н и е | | | | | |
|--|-------------------------------|------|------|--------------|------------------|------------------|
| | р. Тбети | | | сел. Вернеби | сел. Махалакидзе | р. Чарухис-Цхали |
| | 10 | 182 | 18 | | | |
| Кварц | — | — | 2.6 | 16.7 | 21.1 | — |
| Анортоклаз | 22.3 | 19.1 | 23.3 | 7.3 | 5.5 | 12.3 |
| Плагиоклаз | 56.7 | 55.6 | 64.7 | 62.1 | 60.5 | 96.2 |
| Биотит | 8.1 | 2.8 | 1.1 | — | 0.5 | 5.2 |
| Пироксен | 8.3 | 9.4 | 5.8 | — | — | 5.8 |
| Апатит | — | — | — | 0.5 | — | 0.7 |
| Уралит и уралитиз. роговая обманка | — | 8.6 | — | — | 6.6 | 5.4 |
| Хлорит | 0.4 | 0.7 | — | 7.8 | 4.7 | 0.4 |
| Жальцит | 0.5 | — | — | 5.0 | — | — |
| Рудные | 2.2 | 2.8 | 2.2 | 0.6 | 1.1 | 3.9 |

зи отсутствуют, зато исключительно обильны мелкие жилы, секущие и интенсивно изменяющие вмещающие порфириды. Рудных минералов местами так много, что почва изобилует бурым железняком и представляет собой как бы своеобразную «железную шляпу».

Количественно-минералогический состав образца данной интрузии приведен в табл. 6.

7. Неинтрузия около сел. Махалакидзе

Неинтрузия около сел. Махалакидзе представляет собой крупную жилу, мощностью 40—50 м, северо-восточного простирания, обнажающуюся в русле р. Миратисхеви (приток р. Чарухис-Цхали).

Порода этой неинтрузии свежая и характеризуется типичной монцонитовой структурой. Сложена она в основном плагиоклазом № 40—45, кварцем, анортоклазом, несколько хлоритизированной уралитовой роговой обманкой и биотитом.

Количественно-минералогический состав породы приведен в табл. 6.

8. Неинтрузия по р. Чарухис-Цхали

На правом берегу р. Чарухис-Цхали, к северу от сел. Бари (выше дороги метров на 50) выступает небольшое коренное обнажение среди вулканогенных пород. Порода этого выхода среднезернистая, серого цвета.

Под микроскопом в породе плагиоклаз представляется почти нацело серицитизированным. В сохранившихся участках он определяется как № 32; промежутки между его кристаллами заняты разложенным же анортоклазом и цветными минералами: хлоритизированным биотитом, частично уралитизированным пироксеном.

Количественно-минералогический подсчет шлифа приведен в табл. 6.

II. КАЛИНАТРОВЫЕ ПОЛЕВЫЕ ШПАТЫ АДЖАРСКИХ НЕОИНТРУЗИЙ

Характер калинатовых полевых шпатов является вообще важнейшей особенностью пород, слагающих молодые интрузии. Впервые особенности их в кавказских молодых интрузиях были подчеркнуты Д. С. Белянкиным еще в 1914—1918 гг. Главнейшими из этих особенностей являются: а) калиевый состав, б) триклинная ориентировка и одновременное отсутствие микроклиновой решетки, в) малый угол оптических осей или умеренный, промежуточный между таковыми санидина и ортоклаза. Этот калишпат назван им аноктоклазом (калиевым аноктоклазом).

Оптическое изучение аноктоклаза аджарских неинтрузивных пород, проведенное нами совместно с Д. С. Белянкиным и В. П. Петровым, показало полное совпадение его оптики с оптикой аноктоклаза Сев. Кавказа. К ортоклазу же отнес его и изучавший ранее эти породы И. Ф. Григорьев. Впоследствии существенно калиевую природу оптически тождественных калишпатов супсипских интрузий доказали П. Топурия и Т. Казакшвили, которым удалось выделить его для анализа. Тем более неожиданными для нас были данные, приводимые В. Р. Надзирадзе в его последней работе (1941): в 11 случаях из общего числа 17 замеров им получены были для углов $2V$ величины между 72 и 86° , значительно большие, чем были даны нами и И. Ф. Григорьевым.

Ввиду названного обстоятельства, мы предприняли повторное специальное исследование пород нашего старого сбора; при этом выяснилось с совершенной очевидностью, что: а) идеально свежие зерна, у которых четко, по двум выходам, устанавливалась величина оптических осей, давали неизменно малые цифры порядка $—55—60^\circ$; б) зерна пелитизированные или изобилующие пертитовыми вростками альбита давали весьма нечеткие погасания при установке выходов оптических осей, и суммарный эффект в них (а только таковой и может быть здесь констатирован) также более или менее постоянно давал для величины $2V$ значительно большие цифры, $—85^\circ$ или $—87^\circ$, а в некоторых случаях и положительные значения (альбит?).

В табл. 7 приведены цифры, полученные нами, с параллельным указанием ориентировки кристалла.

Таблица 7

Оптические константы аноктоклазов

| № п. п. | Местонахождение | P | | | 2V |
|---------|--------------------|------------|-----------|------------|----------------|
| | | Ng | Nm | Np | |
| 1 | Река Тбети | 88° | 9° | 78° | $—61—64^\circ$ |
| 2 | Сел. Махалакидзе | 89 | 4 | 87 | $—61$ |
| 3 | „ Намонастреви | 87 | 6 | 85 | $—64$ |
| 4 | „ Цихис-Дзири | 86 | 10 | 82 | $—54—60$ |
| 5 | „ Мериси | 87 | 7 | 84 | $—50—65$ |

Во всех пяти случаях зерна полевого шпата были совершенно свежие, и все $2V$ получены каждый раз по двум выходам оптических осей.

Весьма примечательно, что иногда наблюдалась зональность калишпата: периферические или альбитизированные части давали высокое значение $2V$, а центральные свежие — нормальную для неинтрузии величину.

III. О РАСПРОСТРАНЕНИИ НЕОИНТРУЗИЙ

При рассмотрении схемы распространения неинтрузий (см. фиг. 6) бросается в глаза, что мелкие интрузии располагаются рядом с более крупными или образуют самостоятельные довольно крупные по площади поля мелких выходов. Повидимому, в этом следует видеть то же кустовое распределение интрузий, как и установленное весьма четко на Большом Кавказе Л. А. Варданянцем (1937) и несколько менее определенно в Закавказье: В. Н. Котляром (1934) — в районе сел. Мисхана (Памбакский хребет) и В. Г. Грушевым (1940) — в районе месторождения Алаверды.

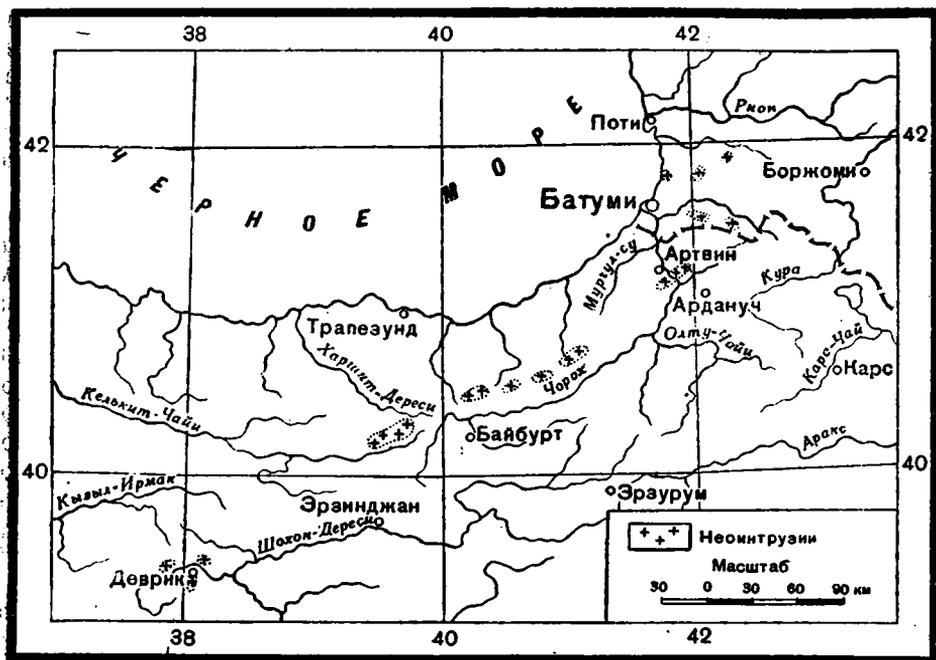
Вторым весьма любопытным моментом является то, что интрузии грано-диоритового и сиенито-диоритового облика приурочены исключительно к западной части всей Аджаро-Триалетской системы. Кроме описанных только что аджарских неинтрузий, сюда приурочен также еще и весьма крупный Вакис-Джварский сиенитовый массив в южной части Гурии (Белянкин, Петров и Еремеев, 1935) и затем далее к северу — две несколько меньших интрузии в бассейне р. Супсы: анальцимовые сиениты у сел. Вани и сиенито-диориты выше сел. Тав-Суреби (Казакишвили и Топуриа, 1939). К востоку же всякие указания на неинтрузии этого типа отсутствуют.

Для Аджаро-Имеретинского хребта никаких указаний на проявление интрузий мы не находим. В районе Ахалциха известны довольно многочисленные выходы тешенитов (Белянкин и Петров, 1940). В Триалетском хребте близ сел. Сатердзе (бассейн р. Дзамы) описана Дзамская габбро-диоритовая интрузия (Еремеев и Петров, 1940), и, наконец, серия габбровых и монзонитовых интрузий в бассейне р. Таны на хребте Размети и у сел. Завари-Котмани (Беликов и Кузнецов, 1934). Однако все эти интрузии резко отличны по своему петрографическому облику от интрузий Аджарии. Там развиты монзонитовые и даже иногда гипидиоморфнозернистые структуры интрузивных пород; воздействие интрузий на осадки весьма интенсивное, сопровождающееся обильным оруденением. Здесь, помимо более основного состава, характерны порфиновые разности, весьма близкие к слагающим местность порфиритам и пр. Контактное воздействие, как правило, отсутствует почти совершенно или очень незначительно.

Крайне любопытная картина наблюдается в смежной с Аджарией северной Турции. Несмотря на чрезвычайно плохую ее изученность, резко бросается в глаза здесь обилие интрузий, причем целый ряд признаков указывает на молодой их характер. Больше того, анализируя литературный материал, мы получаем впечатление, что наиболее интенсивное проявление неинтрузивной магматической деятельности находится именно в северо-восточной Турции и что в Аджарии мы имеем только крайнее северное окончание этой весьма крупной полосы интрузий.

На прилагаемой схеме-карточке (фиг. 6) мы нанесли все найденные нами в весьма скудной литературе проявления турецких гранитов и близких к ним горных пород. Неинтрузивная их природа предполагается нами по каждому из поименованных ниже массивов по следующим соображениям. а) Интрузии окрестностей Артвина. А. М. Марголиус, давший, повидимому, последнее по времени их описание (Марголиус, 1915), не указывает четко их возрастного положения, оговариваясь, впрочем, в одном случае, что они домеловые. На карте — это вытянутый на северо-восток шток, окруженный совершенно точно повторяющимися его очертания «кристаллическими сланцами». Сюда же приурочивается и известное Орджохское месторождение мрамора. Сами интрузивные породы здесь весьма разнообразны. Называются Марголиусом граниты, гранито-гнейсы, сиениты и генетически связанные с гранитами порфиры. Наиболее полно описаны

граниты: они состоят из кварца, мутного ортоклаза, частично хлоритизированной роговой обманки, плагиоклаза — кислее лабрадора, и очень редко слюды, биотита или мусковита. Акцессорные: титанит и магнитный железняк. Структура их называется «крупнокристаллически-зернистой». Однако, судя по приводимому порядку выделения (очевидно, по степени идиоморфизма): 1) акцессории, 2) роговая обманка и биотит, 3) плагио-



Фиг. 6. Схема распространения неогинтрузий в пределах Аджарии и прилегающих частях Малой Азии.

глаз, 4) ортоклаз и 5) кварц, надо думать, что структура приближается к монцитовой. Указывается наличие гранитов и порфировых сиенитов. Кварцпорфиры состоят из ортоклаза, кварца, плагиоклаза и биотита — в виде вкрапленников, или тех же минералов в виде мелкозернистой массы. Черты неогинтрузивной породы сказываются в вышеприведенном описании. Во-первых, это роговообманковый состав темноцветных минералов породы (все древние граниты Кавказа преимущественно биотитовые); во-вторых, кристаллизация калинатрового полевого шпата в форме ортоклаза, а не микроклина; в-третьих, окружение гранита зоной «кристаллических сланцев». Если бы эти сланцы были домеловыми, то залегание их не могло бы быть симметричным. Вероятнее предположить в них зону контактно-метаморфизованных пород. Последним, наконец, доказательством неогинтрузивности артвинских пород является широкое развитие в окрестностях массива среди эоценовых и меловых пород медного вкрапленного оруденения.

б) Неогинтрузивные признаки носят кварцевые диориты, указываемые в верховьях р. Мургул-су и к югу от г. Ардануча.

в) Дальше к юго-западу, в Трапезундском хребте, закартированы Абигом многочисленные выходы интрузивных пород; поскольку они обнажаются среди порфиритов, авгитовых андезитов, мандельштейнов и долеритов, постольку естественно предположение об их неогинтрузивности.

Наличие неинтрузивных — послеэоценовых кварцевых порфиров, интенсивно скарнирующих вмещающие их порфиры эоцена и известняки мела (сенона), отмечается С. И. Мироновым (1917) непосредственно в Трапезундском районе. Напомним, что около того же времени интрузии Мериси также называли кварцпорфировыми. Оруденение Трапезундского хребта (Гюмушхана и др.) весьма напоминает оруденение Южной Армении.

г) Очень любопытна крайняя западная из означенных в нашей схеме интрузий в окрестностях г. Деврика с приуроченным к ней контактным месторождением магнетита. Она описана В. Н. Ковенко (Kovenko, 1939), указывающим, что палеозойские меловые и эоценовые породы прорваны здесь интрузиями серпентинов (бывших гарцбургитов), сиенитов и гранитов. Последние две породы образуют лакколиты неправильной формы в серпентинитах. Преобладающая порода интрузии Деврика — кварцевый сиенит, состоящий из ортоклаза-пертита ($2V = -62^\circ$), плагиоклаза № 32, кварца, биотита и роговой обманки. Из аксессуарных присутствуют: апатит, титанит и магнетит. Граниты слагают массив Гел-даг. К востоку от Деврика они содержат большое количество ксенолитов диоритового состава. Автор допускает возможность того, что сиениты образуют краевую фацию гранитов. Массивы сиенитов и серпентинитов пересечены кислыми дайками кварцевых кератофиров и кварцевых порфиров, состав которых близок к составу сиенитов. На неинтрузивную природу всех этих пород указывают: присутствие анортоклаза, опять-таки роговой обманки и широгенные контакты с известняками, с образованием скаполит-гранатовых, гранат-магнетитовых и пр. Кроме того, химический состав сиенита Деврика вполне совпадает с таковым сиенита Мериси (табл. 8).

Т а б л и ц а 8

Химический состав сиенитов
Мериси и Деврика

| Компоненты | Мериси № 3 | Деврик |
|--|------------|--------|
| SiO ₂ . . . | 62.21 | 61.88 |
| TiO ₂ . . . | 0.81 | 0.45 |
| Al ₂ O ₃ . . . | 13.92 | 14.53 |
| Fe ₂ O ₃ . . . | 3.21 | 3.48 |
| FeO . . . | 2.86 | 2.08 |
| MnO . . . | 0.05 | — |
| MgO . . . | 2.18 | 2.10 |
| CaO . . . | 4.28 | 4.00 |
| Na ₂ O . . . | 3.85 | 6.70 |
| K ₂ O . . . | 4.29 | 4.60 |
| H ₂ O ⁻¹¹⁰ . . . | 0.25 | — |
| Пот. при прок. | 1.73 | 0.68 |
| Сумма . . . | 99.64 | 100.5 |

Внедрение интрузии произошло, согласно Ковенко, в пределах между триасом и верхним эоценом, в отложениях которого встречена галька сиенитов. На аналогии интрузий Деврика с неинтрузиями Кавказа указывает и сам Ковенко.

Таким образом, неинтрузии, как видим, располагаются в виде своеобразной полосы, параллельной Черноморскому побережью. Очевидно, расположение это тектоническое, подобно полосе Бакских интрузий вдоль главного Кавказского хребта (Белянкин, Еремеев, Петров и

Фаворская, 1943). Не контролируется ли оно крупной зоной тектонических линий разломов, показанных Освальдом на его карте?

Повидимому, аджарским представителем этих разломов является линия тектонического контакта между Аджарис-Цхальской синклиналью и приморскими изоклинальными структурами, безусловно играющая крупную роль в распространении аджарских интрузивов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Из сказанного выше видно, что западная часть Грузии — Аджария крайне богата выходами неинтрузивных тел. Несомненно, однако, что этими выходами не исчерпывается их наличие, так как слагающие его породы не везде достаточно вскрыты эрозией. В некоторых местах мы наблюдаем только мелкие апофизы, повидимому, довольно крупных интрузивных тел.

Выходы неинтрузивов приурочены не только к району Аджарии, но, как показывают литературные данные (см. карту фиг. 6), они в виде полосы продолжаются и на территории Турции. Химико-минералогический состав неинтрузивов Аджарии аналогичен составу интрузивов, выходящих в районах северной Турции. Везде преобладают диориты и габбро, реже сиениты и аплиты, с типичной монцитовой или гипидиоморфной структурой. Калиевый полевой шпат представлен анортоклазом с $-2V=50-60^\circ$.

Как в Аджарии, так и в районах Северной Турции повсеместно наблюдается приуроченность к неинтрузивам рудных месторождений: меди, свинца, цинка, молибдена и других полезных ископаемых, чем усугубляется интерес к породам подобного типа.

В заключение автор выражает искреннюю благодарность Д. С. Белянкину и В. П. Петрову за дружескую помощь в работе.

ЛИТЕРАТУРА

- А б и х Г. Геология Армянского нагорья. Зап. Кавк. отд. Русск. геогр. общ., кн. 21, 1899.
- Б е л и к о в Б. П. и К у з н е ц о в С. С. О габбровой интрузии на северо-восточных склонах Триалетского хребта. Тр. Петрогр. инст. Акад. Наук СССР, 1934, вып. 6, 141—157.
- Б е л я н к и н Д. С., П е т р о в В. П. и Е р е м е е в В. П. Неинтрузии Аджаристана и Гурии. Тр. СОПС Акад. Наук СССР, сер. Закавказ., 1935, вып. 14, 99—129.
- Б е л я н к и н Д. С., П е т р о в В. П. Тешенито-кампитонито-мончикитовые интрузии окр. г. Ахалциха. Тр. Инст. геол. наук, 1940, вып. 21, сер. петрогр., № 7, 51—73.
- Б е л я н к и н Д. С., Е р е м е е в В. П., П е т р о в В. П., Ф а в о р с к а я М. А. О неинтрузивах Бакского (Эцерского) типа на Кавказе. Зап. Мин. общ., 1943, № 34, 225—236.
- В а р д а н я н ц Л. А. Материалы по неинтрузивам Горной Осетии. Пробл. сов. геол., 1937, 7, № 5/6, 473.
- Г р и г о р ь е в И. Ф. Медные и свинцовые месторождения окрестностей селения Мериси-Вайо. Изв. Геол. ком., 1929, 49, вып. 1, 1—24.
- Г р у ш е в о й В. Г. Интрузивные породы Зангезура (Армения) и связь с ними оруденения. Мат. Всес. научн.-исслед. геол. инст., сер. общ., сб. 5, 1940, 77—100.
- Е р е м е е в В. П. и П е т р о в В. П. Петрографическое изучение неинтрузивов горы Квиран (Грузинская ССР). Тр. Инст. геол. наук Акад. Наук СССР, вып. 36, 1940, 33—51.
- Е р е м е е в В. П. Петрографическое исследование цеолитового габбро района сел. Гвердзинети в Грузии. Тр. Инст. геол. наук Акад. Наук СССР, вып. 36, 1940, 51—56.
- К а з а к и ш в и л и Т. Г. и Т о п у р и я П. А. О некоторых сиенитовых породах р. Сунсы (Зап. Грузии). Докл. Акад. Наук СССР, 1939, 23, № 6, 553—556.
- К о т л я р В. Н. Материалы к изучению рудных месторождений северной части ССР Армении. Тр. Всес. геол.-разв. об., 1934, вып. 335.

- Кузнецов С. С. Аджаро-Триалетская складчатая система. Мат. по геол. и петрогр. ССР Грузии. Тр. СОПС Акад. Наук СССР, сер. Закавказ., 1937, вып. 22, 1—184.
- Марголиус А. М. Главнейшие результаты геологических исследований Артвинского округа Батумской обл. Изд. Горн. упр., Тифлис, 1915, 1—127.
- Миرونюв С. И. Отчет о поездке в Трапезундский укрепленный район. Изв. Геол. ком., 1917, 36, № 1, 309—331.
- Надзирадзе В. Р. Интрузивные породы Западной части Грузинской ССР (Аджаристан и Гурия). Тр. Груз. гос. геол. упр., 1941, вып. 2, 312—333.
- Петров В. П. Жильные породы Аджаристана. Тр. СОПС Акад. Наук СССР, сер. Закавказ., 1935, вып. 14, 131—142.
- Ko ven ko V. Divrik Mintakasi Turmalinli Manyetit Yat.klari. Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Yayinlarindan. Serie B. Memoires № 3. Ankara, 1939, 1—100.
- O s w a l d F. Armenien. Handbuch der regionalen Geologie. Bd. 5, Abt. 3. Heidelberg, 1912.
-

Б. В. ЗАЛЕСКИЙ и Б. П. БЕЛИКОВ

**ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
И ОПЫТ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ГЛАВНЕЙШИХ ТИПОВ
ОБЛИЦОВОЧНЫХ КАМНЕЙ ИЗ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СССР**

ПРЕДИСЛОВИЕ

Публикуемая работа является первым сводным печатным сообщением об исследовательских работах, произведенных над горными породами, которые могут быть использованы для наружных облицовочных долговечных сооружений (Дворец Советов и др.).

Эти исследования были произведены с 1938 по 1941 г. и в 1944—1945 гг. в лаборатории физико-механических исследований горных пород Института геологических наук. Результаты работ за эти годы представляют собою объемистый цифровой и текстовый материал.

В настоящей работе мы приводим лишь сводку этого материала, а также методику работы, поскольку она представляет несомненный интерес для широкого круга геологов и строителей и публикуется на русском языке в полном виде впервые.

Кроме исследований, необходимых для вывода теоретической долговечности, приводится ряд констант, характеризующих упругие свойства, термические деформации и т. п., важных для инженерных расчетов.

Приводимые в конце статьи результаты исследований куйбышевских карбонатов дают пример применения метода Гиршвальда к строительному камню.

ВВЕДЕНИЕ

Расцвет промышленного и гражданского строительства в нашей стране и создание памятников, увековечивающих и отражающих стремления нашей эпохи, требуют для своего достойного выражения высокохудожественной внешней формы.

Вопросы архитектурной формы неотделимы от вопросов о материале, применяемом для ее конкретного воплощения. Отсюда возникает необходимость в создании и выявлении разнообразного ассортимента архитектурных материалов. В числе таких материалов одно из первых мест принадлежит естественному камню. При всем неисчерпаемом богатстве и разнообразии каменных ресурсов Союза приходится констатировать, что использование их ни к какой степени не отвечает воз-

возможностям. Причина этого заключается, главным образом, в недостаточном внимании и, вследствие этого, в недостаточном понимании этого материала, казалось бы, столь привычного для человечества с самой колыбели его существования. Надо признать, что несмотря на огромный революционный сдвиг, происшедший в нашем сознании в отношении вопросов развития и использования естественных производительных сил, отношение к естественному строительному камню, к каменной промышленности и использованию камня в строительстве до сих пор не может быть признано четко выявленным и развивающимся в правильном направлении. Нам представляется, что многое в этом положении обуславливается недостаточной осознанностью того довольно широкого комплекса вопросов, которые нуждаются в своем освещении для рационального и эффективного использования естественного строительного камня. Действительно, в этой проблеме следует различать следующие многообразные стороны, нуждающиеся хотя и в согласованном, но в самостоятельном изучении.

1. Изучение физико-механических свойств и долговечности важнейших типов горных пород, применяемых в качестве строительного камня. Разработка методики оценки свойств камня.
2. Изучение поведения камня в сооружениях.
3. Изучение месторождений камня: а) поиски, б) установление метода опробования, в) разведка камня.
4. Эксплуатация месторождений камня.
5. Хранение камня.
6. Обработка камня.
7. Применение и установка камня.
8. Уход за камнем.

Уже из самого перечисления этих вопросов видно, что вся проблема для полного своего освещения должна объединить вокруг себя специалистов разных дисциплин: первые три пункта принадлежат области петрографии и геологии, 4-й, 5-й и 6-й — горному делу и технологии, два последних — архитектуре и строительному искусству.

Следует особо подчеркнуть важность для успешного разрешения проблемы именно комплексности ее разработки, при которой не должна выпасть ни одна из перечисленных ее сторон. Необходимо, чтобы, при полной допустимости и законности дифференцированного рассмотрения отдельных вопросов и даже отдельных частей каждого из них, все они, в конечном счете, обязательно увязывались между собой.

Настоящая работа касается лишь первого из перечисляемых пунктов, трактуя вопросы прочности и долговечности некоторых кварцитов, гранитов и карбонатных пород, и не затрагивает вопросов, относящихся к месторождениям исследованных пород.

Само собой разумеется, что такая трактовка приводит лишь к предварительной оценке материала, только косвенно и не в полной мере определяющей и оценку самого месторождения. Надо заметить, что дать такую оценку по большинству месторождений, относящихся к исследованным породам, в данный момент не представляется возможным без постановки специальных геологических работ, из-за недостаточной разведанности и изученности этих месторождений с точки зрения тех высоких требований, которые должны быть предъявлены к материалу для внешней облицовки. Таким образом, увязка результатов данной работы с оценкой соответствующих месторождений представляет собой следующий этап работы.

В настоящей же статье разбираются вполне самодовлеющие вопросы оценки прочности и долговечности материала как такового и дается некоторое освещение методов такой оценки.

Проблема прочности и долговечности камня становится в наше время в нашей стране вполне актуальной ввиду высоких требований, предъявляемых строительствами крупнейших сооружений нашей эпохи к качеству намечаемых ими для использования материалов. Надо иметь в виду, однако, что и в случае сооружений обычного масштаба и обычных сроков службы высокая прочность и стойкость применяемого в них камня могут предохранить народное хозяйство от больших и непроизводительных затрат. Schaffer (1932) в своей книге «Выветривание камня» приводит вычисление Бойниса, определившего расход Англии на ремонт зданий вследствие разрушения камня от действия загрязненной атмосферы в 55—60 миллионов фунтов стерлингов за период в 25 лет. Несомненно также, что проблема эта нуждается и в углубленной теоретической разработке, ставя ряд вопросов о природе процессов, происходящих в камне и принадлежащих смежным областям физики, химии, механики, петрографии и кристаллографии. Приходится отметить, что здесь запросы практики сильно опередили современное состояние теоретического освещения этого вопроса.

Доказательством этому может служить уже одно то обстоятельство, что мы до настоящего времени не имеем еще точно установленных научных определений самих терминов прочности, твердости и других основных понятий, которыми приходится оперировать при рассмотрении данной проблемы.

Исследуя здесь вопрос о прочности и долговечности пород с точки зрения практической их оценки, мы не затрагиваем теоретических основ этого вопроса, но полагаем, что всякое обогащение экспериментальной методики его изучения не может не дать некоторого толчка и нового материала для теоретической его обработки. Приступая к работе, мы исходили из того положения, что, исследуя свойства горных пород как строительных камней, мы должны считаться прежде всего с природой данного материала, т. е. с его петрографической характеристикой и особенностями. Изучая основные направления и достижения, имеющиеся в исследуемой области у нас и за границей (Залесский и Корсунский, 1938), нам пришлось еще раз убедиться, что мы имеем здесь больше поставленных, чем решенных вопросов.

Для установления прочности, понимаемой как сопротивление камня различным усилиям, имеются разработанные методы и приборы, апробированные многолетней практикой их применения, установление же долговечности является несравненно более трудной задачей. Более или менее удовлетворительным методом, базирующимся на петрографическом принципе, является метод Гиршвальда (Hirschwald, 1912), основанный на многолетних очень обстоятельных исследованиях, проведенных как в лабораторной обстановке, так и на сооружениях различной древности и различной степени сохранности.

Для установления причин недолговечности каменных сооружений в Германии в 1896 г. была учреждена министерская комиссия, которая за 15 лет своей работы собрала огромный фактический материал.

Были обследованы каменные материалы из 1059 построек в возрасте от 12 до 1850 лет. Были проведены сотни химических анализов, тысячи микроскопических определений и свыше 10 000 механических испытаний.

Критическое рассмотрение большого количества цифр позволило разработать метод предварительной оценки камня по совокупности результатов изучения механических, физических, петрографических и химических свойств. Многочисленные наблюдения над сооружениями

различного возраста дали возможность сопоставить степень их сохранности с петрографическими и физико-механическими свойствами камня.

Это сопоставление производится путем сравнения наблюдаемой долговечности с качественным числом Q , получаемым в результате лабораторных исследований.

Под наблюдаемой долговечностью подразумевается степень сохранности, характеризующаяся определенной шкалой повреждений.

Зависимость качественного числа Q от наличия и интенсивности этих повреждений дается в тексте (см. главу III).

Для вывода качественного числа Q имеется для пород различных петрографических типов несколько схем комбинирования отдельных коэффициентов и определений, получаемых лабораторным путем. В дальнейшем изложении приводятся эти схемы и обработка по ним фактического материала.

Недостатком метода Гиршвальда является то, что все его схемы построены применительно к тем климатическим условиям, которые имели место в Германии до начала XX века. Изменения вещественного состава воздуха, которые особенно значительны для атмосферы больших городов, не учтены в этих схемах.

Несмотря на это, при современном уровне наших знаний мы вынуждены базироваться на этой методике, с некоторыми, однако, коррективами как внесенными учениками Гиршвальда после 1920 г., так и выработанными нами в итоге многолетней работы в области исследования строительного камня.

Из большого числа испытанных лабораторией пород мы выбрали следующие наиболее типичные (см. табл. 1).

Таблица 1

| № п. п. | Лабор. № | Месторождение | Место взятия пробы | Цвет |
|---------|------------------|---|---|-------------|
| Граниты | | | | |
| 1 | 314 | Янцевское (Украина) | Действующий карьер | Серый |
| 2 | 317 | Сайда-Губское (Кольск. п-ов) | } Из обнажения | Светлосерый |
| 3 | 318 | Караньское (Украина) | | |
| 4 | 362 | Уллу-Камское, 16-й километр (Сев. Кавказ) | Пробный блок из осыпи | Светлосерый |
| 5 | 363 | Кушуня (Сев. Кавказ) | Сев. участок месторождения | » |
| 6 | 372 | Эльджурта (Сев. Кавказ) | } Южн. часть обнажения | » |
| 7 | 373 ¹ | Турчинское (лабрадорит) (Украина) | | |
| 8 | 444 | Уллу-Камское, Бараньи лбы (Сев. Кавказ) | Из осыпи | Светлосерый |
| 9 | 445 | Уллу-Камское, Ак-Тюбе (Сев. Кавказ) | Из поверхн. части массива | » |
| 10 | 446 | Кушуня (Сев. Кавказ) | Опытный карьер, забой № 2 с глубины 1—2 м | » |
| 11 | 447 | То же | То же | » |
| 12 | 504 | Питерлакское (Карело-Финск. ССР) | Блок взят при разборке кронштадтского форта | Красный |

¹ Лабрадорит отнесен в группу гранитов по структурному сходству.

| № п. п. | Лабор. № | Месторождение | Место взятия пробы | Цвет |
|----------------|----------|---------------------------------|--|--------------------------------|
| Мраморы | | | | |
| 13 | 304 | Кибик-Кордонское (Алтай) | Обнажение на правом берегу Енисей | Белый |
| 14 | 305 | То же | Обнажение на левом берегу Енисей | Бледнорозовый |
| 15 | 306 | » | То же | Розовый |
| 16 | 319 | » | Опытный карьер № 2 с глубины 2.6 м | Бледнорозовый |
| 17 | 320 | » | Опытный карьер № 1 с глубины 2.2 м | Розовый с гематитовыми жилками |
| 18 | 307 | Газганское (Узбек. ССР) | Участок Каш-каш | Розовый |
| 19 | 308 | То же | То же | Серый |
| 20 | 321 | » | Старая разведочная канава на участке Каш-каш | Белый |
| 21 | 322 | » | То же | » |
| 22 | 309 | Прохорово-Баладинское | Действующий карьер на Прохоровской стороне | Палевый |
| 23 | 316 | Лонотское (Груз. ССР) | Обнажение Цопис-гора | Светлосерый |
| 24 | 359 | Заркенд (Узбек. ССР) | Из обнажения | Зеленовато серый |
| 25 | 360 | Ороктуой (Алтай) | Опытный карьер 1938 г. с глубины 1—2 м | Палевый |
| 26 | 361 | Сатка (офиокальцит) (Урал) | Из старой каменоломни | Зеленый |
| 27 | 364 | Пуштулим (Алтай) | Из действующего карьера | Пестрый |
| 28 | 365 | Козлга (Урал) | Действующий карьер | Белый |
| 29 | 380 | Салиэти (Груз. ССР) | Из обнажения | Красный, пестрый |
| 30 | 383 | Гидамское (Груз. ССР) | Из действующего карьера с глубины 3—4 м | Черный с белыми жилками |
| 31 | 384 | Молита (Груз. ССР) | Действующий карьер | Красный, пестрый |
| 32 | 385 | Шроша (Груз. ССР) | То же | » |
| 33 | 386 | Уфалей (Урал) | » | Серый |
| 34 | 397 | Нижний Тагил (Урал) | Действующий карьер на руднике б. Сапальского | Пестрый |
| 35 | 398 | Маук (Урал) | Из расчистки 1939 г. | Белый |
| 36 | 449 | Агверан (Армянск. ССР) | Действующий карьер | Розовый |
| 37 | 450 | Хорвираб (Армянск. ССР) | То же | Черный с белой жилкой |
| 38 | 451 | Фоминское (Урал) | » | Желтый |
| 39 | 452 | Белогорское (Карело-Финск. ССР) | » | Розовый |
| 40 | 505 | Каркадинское (Урал) | » | Черный с жилками |
| 41 | 506 | Давалу (Армянск. ССР) | Из обнажения | Темносерый с белыми жилками |
| 42 | 448 | Кварцит шокшинский | Из действующего карьера | Яркокрасный |

Глава I

ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЕ ОПИСАНИЯ

Помещенные ниже краткие описания испытанных пород даны для обоснования формул и на полноту петрографической характеристики не претендуют. Примененная методика специфична для каждого класса пород, поэтому дается отдельно для кварцитов, гранитов и мраморов.

Как уже было сказано выше, она базируется на сопоставлении физико-механических особенностей со структурой и минералогическим составом, которые обозначаются буквами и индексами, качественно и количественно выражающими их. Из буквенных обозначений и индексов получаются формулы, переводимые затем, по соответствующим таблицам, в качественные числа.

Наиболее просто методика эта может быть изложена для кварцитов; с них поэтому мы и начнем знакомство с ней, вообще говоря, довольно сложной.

Нами был исследован шокшинский кварцит.

I. Кварциты

Методика исследования

Так как кварциты в самостоятельную группу не выделены, то при исследовании их необходимо пользоваться таблицами для «песчаников с кварцевым цементом». Здесь наиболее важны следующие показатели:

1) Характер кварцевого цемента:

| | |
|--|--------------|
| Однозначно с зерном ориентированный кварцевый цемент | K_{α} |
| То же неориентированный | K_{β} |
| Цемент — мелкозернистый кварц | K_{γ} |
| Цемент — аморфный кремнезем | K_{δ} |

Для нашего случая полностью перекристаллизованного кварцита получаем коэффициент K_{α} .

2) Пористость:

| | |
|--|--------------|
| Видимые поры отсутствуют, соприкосновение зерен сплошное | (P) |
| Поры пустые | P_{α} |
| Поры заполнены грубо кристаллическим кварцем | P_{β} |
| » » мелкозернистым кварцем | P_{γ} |
| » » аморфной кремнекислотой | P_{δ} |
| » » кристаллическим кальцитом | P_{ce} |

3) Оценка характера связи между зёрнами: число связи B_z (Bindungszahl) показывает, со сколькими зёрнами соприкасается каждое данное зёрно в плоскости шлифа. Степень связанности B_m (Bindungsmaß) показывает непрерывность связи. Если зёрна соприкасаются не полностью, а частично через цемент, то при B_m стоит дробный коэффициент (0,8, 0,5 и т. д.).

4) Индексы для посторонних примесей, характера слоистости и пр., для нашего случая — чисто кварцевой неслоистой породы — не имеющие значения.

Минералого-петрографическая характеристика

Макроскопически это плотная красная порода с сахаровидным изломом. Под микроскопом порода мостовидной структуры, нацело состоит из кварцевых зёрен, сросшихся непосредственно (K_{α}). Цемент из постороннего материала, поры отсутствуют (P). Каждое зёрно соприкасается в среднем с семью соседними зёрнами ($B_z = 7$). Соприкосновение зёрен по всей периферии — участки цемента и пустоты на контактах зёрен отсутствуют ($B_m = 1$). Посторонних минералов, могущих вредно влиять на долговечность породы (пирит, слюдистые, глинистые минералы), нет (микрофото, табл. I, фиг. 1, между 96 и 97 стр.).

Получим следующую формулу по Гиршвальду:

$$K_{\alpha}(P)B_z-7 \quad B_m-1.$$

II. Граниты

Методика исследования

При исследовании гранитов устанавливаются:

1. Состав:

Количественный подсчет и описание шлифа.

2. Зернистость:

Размеры зерен отдельных минералов и средний размер зерна.

| | |
|------------------------|-------------------------|
| K_1 — тонкозернистый | K_3 — среднезернистый |
| K_2 — мелкозернистый | K_4 — грубозернистый |
| | K_5 — крупнозернистый |

3. Морфология кварца:

| | |
|-------|------------------------------------|
| I Q | кварц сплошными цепочками; |
| II Q | » в микропегматитовом прорастании; |
| III Q | » не вполне сплошной цепочкой; |
| IV Q | » отдельными группами зерен; |
| V Q | » в изолированных зернах. |

Описание характера границ между отдельными зернами:

| | |
|------------|---------------------------------------|
| Ia Q | индивиды кварца в тесном прорастании; |
| Ib Q | кварц сильно раздроблен; |
| Ic Q | в округлых сросшихся зернах; |
| IIIa, b, c | |

4. Количественные соотношения кварца и полевого шпата:

| | | |
|----------------------------|--------|-------------|
| | Кварц: | Полев. шпат |
| Q_1 кварца очень мало | 1 : 15 | и выше |
| Q_2 » мало | 1 : 10 | |
| Q_3 » сравнительно много | 1 : 3 | |
| Q_4 » очень много | 1 : 1 | |
| Q_5 кварц преобладает | 1.5—2 | 1 |

5. Степень выветрелости полевого шпата:

f (s, sp, t, a, z), тип I—VII (подробнее см. ниже).

6. Количества слюды и пирита:

| | |
|---------------|---------------------|
| gl_1 ks_1 | мало; |
| gl_2 ks_2 | сравнительно много; |
| gl_3 ks_3 | много; |
| gl_4 ks_4 | очень много. |

Указывается характер расположения слюды в породе в виде отдельных пластинок или в виде каемок вокруг кристаллов кварца или полевого шпата.

7. Стрoение гранита:

| | |
|-------|--|
| C_1 | очень компактное; |
| C_2 | компактное с отдельными пустотами; |
| C_3 | то же, со значительным количеством пустот; |
| C_4 | немного рыхлый микрoлитовый с отдельными большими пустотами; |
| C_5 | то же, с относительно большими пустотами. |

8. Трещиноватость породы и отдельных минералов и характер заполнения трещин:

Для характеристики типов выветривания вводятся следующие обозначения соответствующих явлений изменения:

- h — однородная интерференционная окраска полевошпатового вещества в поляризованном свете;
- a_{1-5} — агрегационная поляризация;
- t_{1-5} — помутнение благодаря выделению продуктов выветривания (каолин, разные окислы и т. д.);
- zt_{1-5} — зональное помутнение;
- ct_{1-5} — центральное помутнение;
- s_{1-5} — трещины спайности;
- sp_{1-5} — неправильные трещины (катаклизмическая структура);
- z_{1-5} — ячеистые пустоты или поры.

Индексы 1—5 обозначают

- 1 — следы;
- 2 — ничтожное или слабое;
- 3 — сравнительно богатое или сильное;
- 4 — богатое или сильное (для t — очень сильное);
- 5 — очень богатое или очень сильное (для t — совершенное помутнение).

9. Типы выветривания полевых шпатов:

Состояние полевых шпатов является наиболее важным критерием для суждения о долговечности гранитных пород, поэтому исследованию их Гиршвальд придает большое значение. Приведенные выше в типовой формуле индексы ставятся в скобки с буквой f перед ними.

По микроскопическим свойствам полевых шпатов можно различить следующие типы выветривания.

Тип I. Однородная интерференционная окраска без значительного, вследствие вторичных выделений, помутнения.

- Тип. I_1 . Без трещин спайности и пор $f(s_{0-1} t_{0-1} h)$.
- » I_2 . Довольно многочисленные трещины спайности без пор $f(s_2 t_{0-1} z_0 h)$.
 - » I_2 . Без трещин спайности с довольно многочисленными порами $f(s_{0-1} t_{0-1} z_3 h)$.
 - » I_3 . Довольно многочисленные трещины спайности и поры $f(s_2 t_{0-1} z_3 h)$.
 - » I_4 . Очень многочисленные трещины спайности без пор $f(s_2 t_{0-1} z_0 h)$.
 - » I_5 . Без значительного количества трещин спайности с очень многочисленными порами $f(s_2 t_{0-1} z_5 h)$.
 - » I_6 . Очень многочисленные трещины спайности и поры $f(s_2 t_{0-1} z_5 h)$.

Примечание. Подобным же образом, как и трещины спайности, оцениваются неправильные трещины.

Типы II — IV. Однородная интерференционная окраска с более или менее сильным помутнением вследствие вторичных выделений.

- Тип II_1 . Довольно сильное помутнение без значительного количества трещин спайности и пор $f(s_{0-1} t_2 z_{0-1} h)$.
- » II_2 . Довольно сильное помутнение при довольно многочисленных трещинах спайности без пор $f(s_2 t_2 z_0 h)$.
 - » II_2 . Довольно сильное помутнение без значительного количества трещин спайности с довольно многочисленными порами $f(s_{0-1} t_2 z_3 h)$.
 - » II_3 . Довольно сильное помутнение при довольно значительном количестве трещин спайности и пор $f(s_2 t_2 z_3 h)$.
 - » III_1 . Сильное помутнение без значительного количества трещин спайности и пор $f(s_{0-1} t_4 z_{0-1} h)$.
 - » III_2 . Сильное помутнение при довольно многочисленных трещинах спайности без пор $f(s_2 t_4 z_0 h)$.
 - » III_2 . Сильное помутнение без значительного количества трещин спайности с довольно многочисленными порами $f(s_{c-1} t_4 z_3 h)$.

- Тип III₃. Сильное помутнение при многочисленных трещинах спайности и порах $f(s_3t_4z_3h)$.
- » III₄. Сильное помутнение при очень многочисленных трещинах спайности и порах $f(s_3t_4z_3h)$.
- » IV₁. Очень сильное помутнение всей полевошпатовой массы без значительного расщепления $f(s_1t_5z_1h)$.
- » IV₂. Очень сильное помутнение всей полевошпатовой массы при сильном расщеплении $f(s_4t_5z_4h)$.

Тип V. Слабая агрегационная поляризация при незначительном выделении продуктов выветривания.

- Тип V₁. Без трещин спайности и пор $f(s_{0-1}t_2z_{0-1}a_2)$.
- » V₂. Со значительным количеством трещин спайности без пор $f(s_3t_2z_{0-1}a_2)$.
- » V₂. С многочисленными порами без трещин спайности $f(s_{0-1}t_2z_3a_2)$.
- » V₃. С многочисленными трещинами спайности и порами $f(s_3t_2z_3a_2)$.

Тип VI. Довольно сильная агрегационная поляризация при значительном выделении продуктов выветривания.

- Тип VI₁. Сильное помутнение без значительного разрушения $f(s_{0-1}zt_4a_3)$.
- » VI₂. Сильное помутнение при сильном разрушении $f(s_4t_4a_3)$.

Тип VII. Сильная агрегационная поляризация при очень значительном выделении продуктов выветривания.

- Тип VII₁. Полное помутнение при незначительном разрушении $f(s_2t_3a_4)$.
- » VII₂. Полное разрыхление всей полевошпатовой массы $f(s_5t_5a_4)$.

Структурные формулы, составленные применительно к настоящей терминологии, приведены в табл. 2, в которой дана также краткая минералого-петрографическая характеристика изученных гранитов.

Микрофотографии, иллюстрирующие структуры изученных пород помещены в табл. I—IV (между 96 и 97 стр.).

III. Мраморы и известняки

Методика исследования

1 и 2. Размер зерна и характеристика структуры

Для известняков и доломитов наиболее важным является разделение на типы по крупности зерна:

- Тип А. Макрокристаллические с крупностью зерна выше 0.75 мм.
- » В. Мезокристаллические с крупностью зерна от 0.75 до 0.25 мм.
- » С. Микрокристаллические с крупностью зерна от 0.25 до 0.01 мм.
- » D₁. Криптокристаллические с крупностью зерна от 0.01 до 0.005 мм.
- » D₂. Пелитоморфные ниже 0.005 мм.

Криптокристаллическая структура характеризуется как обнаруживающая при сильном увеличении (400—600) слабо сросшиеся друг с другом кристаллы, которые не имеют всестороннего ограничения зерен, но еще достаточно резко действуют на поляризованный свет. Пелитоморфная — как обнаруживающая, при сильных увеличениях микроскопа, агрегат тончайших округлых карбонатных зернышек неясных очертаний, в большинстве случаев с очень слабым, но еще отчетливо уловимым действием на поляризованный свет.

Тип А. Макрокристаллические известняки более или менее равномерные, от мелко- до грубозернистых агрегатов кальцита или доломита. Величина зерен 0.75 мм и выше. Зерна кальцита большей частью имеют полисинтетическую двойниковую штриховку, отсутствующую у зерен доломита.

Петрографическая характеристика гранитов

| Лабор. № | Месторождение | Краткое петрографическое описание | Степень выветрелости | Структурная формула по Гирш-вальду | Средняя крупность зерна, в мм. | Количеств. минералогич. состав, в % | | | | | |
|----------|-------------------------------------|--|---|---|--------------------------------|-------------------------------------|--------------|-------------|--------|----------|--------|
| | | | | | | кварц | полевой шпат | | слюда | | прочие |
| | | | | | | | микроклин | плаггиоклаз | биотит | мусковит | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 314 | Янцевское (из действующего карьера) | Серый среднезернистый гранит гранитпорфировой структуры с крупными выделениями микроклин-пертита среди массы мелких зерен кварца и плаггиоклаза. Биотит и вторичные по нему минералы часто окаймляют полевые шпаты (табл. I, фиг. 2) | Кварц и микроклин свежие, плаггиоклаз сильно выветрелый, иногда хлоритизирован и серицитизирован | $I_a Q_1 f(s_{1-2} t_3 z_6 h) gl_2 c_2 k_3$ | 1.2 | 34.9 | 29.0 | 29.4 | 4.0 | 0.7 | 2.0 |
| 317 | Сайда-Губское (из обнажения) | Светлосерый среднезернистый гранит гранитовой структуры. Кварц неравномерными скоплениями между зернами полевого шпата. Контакт зерен кварца и полевого шпата неровный, иногда зубчатый (табл. I, фиг. 3) | Кварц и полевой шпат свежие. Между зернами наблюдается тонкая оторочка лимонита | $IV_a Q_4 f(s_2 t_1 z_0 h) gl_2 c_2 k_3$ | 1.3 | 29.5 | 34.0 | 34.7 | 1.1 | — | 0.7 |
| 318 | Караньское (из карьера) | Розовый среднезернистый гранит. Структура гранитовая. Кварц в перматитовом прорастании с микроклин-пертитом. Характер границ между зернами округло-зубчатый. Встречаются трещинки, заполненные хлоритом, реже — вторичными окислами железа (табл. I, фиг. 4) | Кварц свежий, полевые шпаты иногда слабо выветрелые. В небольшом количестве присутствуют продукты разложения пирита | $IV_c Q_3-4 f(t_{0-1} sp_2 z_{0-1} h) gl_1 c_1 k_2$ | 1.1 | 32.3 | 23.3 | 36.2 | 3.1 | — | 0.07 |

| Лабор. № | Месторождение | Краткое петрографическое описание | Степень выветрелости | Структурная формула по Гиршвальду | Средняя крупность зерен, в мм | Количество минералогич. состав, в % | | | | | |
|----------|---|---|--|--|-------------------------------|-------------------------------------|----------------|------------|--------|----------|--------|
| | | | | | | кварц | полевого шпата | | слюда | | прочие |
| | | | | | | | микроклин | плагиоклаз | биотит | мусковит | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 362 | Уллу-Камское, 16-й километр (из осыпи) | Светлосерый, неравномернозернистый биотитовый гранодиорит. Структура гранитовая. Кварц сильно раздроблен и распределен по шлифу неравномерно. Биотит, в виде широких таблиц, иногда образует сростки с мусковитом. Зерна кварца имеют зубчатые очертания. Слюды очень много (15.3%) | Кварц и микроклин свежие. Плагиоклаз иногда слабо выветрелый, иногда совершенно изменен (агрегационная поляризация) | $IV_b Q_{3-4} f (sp_2 ct_3 z_1 a_1) gl_3 c_2 k_2$ | 0.5 | 28.2 | 10.0 | 45.9 | 8.9 | 6.5 | 0.5 |
| 363 | Кушуня (из сев. участка месторождения) | Светлосерый неравномернозернистый биотитово-мусковитовый гранит. Кварц сильно раздроблен, располагается группами и отдельными зернами. Иногда мелкие зерна кварца включены в кристаллы плагиоклаза. Светлый цвет обусловлен переходом биотита в мусковит | Плагиоклаз выветрен сильно, но неравномерно. Иногда выветривание затрагивает только центральную зону кристаллов, иногда весь кристалл совершенно изменен (агрегационная поляризация) | $IV_c Q_{3-4} f (ct_3 sp_3 z_0 -1 a_1) gl_3 c_2 k_2$ | 0.5 | 29.0 | 11.3 | 47.9 | 4.2 | 6.67 | 0.9 |
| 372 | Эльджушта (из поверхностной зоны юж. части обнажения) | Светлосерый очень неравномернозернистый гранит порфирированной структуры. Кварц часто раздроблен и находится в пегматитовом прорастании с полевым шпатом. Плагиоклаз в виде вкрапленников. Биотит главным образом в виде включений в кристаллах плагиоклаза | Плагиоклаз довольно свежий, но весь разбит трещинами, по которым располагаются вторичные минералы. Биотит по краям иногда хлоритизирован | $IV_b Q_3 f (sp_4 s_3 l_2 z_0 h) gl_3 c_2 k_1$ | 0.6 | 21.5 | 19.9 | 52.6 | 6.7 | — | 0.4 |

| Лабор. № | Месторождение | Краткое петрографическое описание | Степень выветрелости | Структурная формула по Гиршвальду | Средняя крупность зерна, в мм | Количеств.-минералогич. состав, в % | | | | | |
|----------|--|---|---|--|-------------------------------------|-------------------------------------|-----------------|-----------------|--------|---------------|--------|
| | | | | | | кварц | полевой шпат | | слюда | | прочие |
| | | | | | | | микро- клина | плагно- клас | биотит | муско- вит | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 373 | Турчинское | Серый крупнокристаллический равномернозернистый лабрадорит. Составляет почти весь из плагноклаза-лабрадора, кристаллы которого имеют ровные, иногда вазубренные очертания. Зерна трещиноваты, иногда заметно изогнутые двойниковые полосы | Плагноклаз свежий; иногда по трещинам наблюдаются в незначительном количестве вторичные минералы: хлорит, серицит | $VQ_2f (sp_6s_2z_0 t_1h)gl_1c_2k_4^*$ | 2.8 | — | — | 89.7 | — | — | 10.3 |
| 444 | Уллу-Камское, Бараньлы | Светлосерый, неравномернозернистый гранодиорит. Крупные вкрапления микроклина. Кварц иногда раздроблен, распределен в породе скоплениями зерен. Слюда, преимущественно биотита; много. В строении породы наблюдается некоторая гнейсовидность | Плагноклаз выветрен неравномерно, иногда довольно сильно. В трещинах спайности иногда заметны скопления продуктов разложения полевых шпатов | $IV_6Q_{3-4}f (ct_3sp_2 z_{0-1}h)gl_3c_2k_2$ | 0.5 | 35.2 | 18.1 | 35.2 | 5.4 | 5.9 | 0.2 |
| 445 | Уллу-Камское, участок Ан-Тюбе (из поверхностной части массива) | Светлосерый, неравномернозернистый гранодиорит. Кварц в виде отдельных групп округлых зерен. Аналогичен № 444, структура несколько более плотная (табл. I, фиг. 5) | Аналогичен № 444, но явления выветривания несколько слабее | $IV_6Q_{3-4}f (t_2sp_2z_2h) gl_3c_2k_2$ | 0.6 | 33.5 | 19.7 | 32.5 | 6.1 | 7.9 | 0.3 |

| Лабор. № | Месторождение | Краткое петрографическое описание | Степень выветрелости | Структурная формула по Гиршвальду | Средняя крупность зерна, в мм | Количеств.-минералогич. состав, в % | | | | | |
|----------|--|---|---|---|--------------------------------------|-------------------------------------|--------------|------------|--------|----------|--------|
| | | | | | | кварц | полевой шпат | | слюда | | прочие |
| | | | | | | | микроклин | плагиоклаз | биотит | мусковит | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 446 | Кушуня, опытный карьер, забой № 2 | Светлосерый, неравнозернистый гранодиорит гранитовой структуры. Зерна кварца неправильной формы располагаются группами. Слюды много (табл. I, фиг. 6) | Плагиоклаз довольно сильно разрушен выветриванием. Некоторые кристаллы представляют собой агрегаты продуктов выветривания. Биотит также выветрелый, иногда хлоритизирован | $IV_bQ_{3-4}f(t_{3-4}sp_2z_{0-1}a_1)gl_2c_3k_2$ | 0.5 | 33.7 | 15.4 | 40.4 | 4.4 | 5.9 | 0.2 |
| 447 | То же | Светлосерый, неравнозернистый гранодиорит. По составу и структуре сходен с № 446 | Сходен с № 446, но плагиоклаз несколько менее разрушен | $V_bQ_{3-4}f(sp_2ct_2z_1h)gl_3c_2k_2$ | 0.5 | 35.6 | 15.7 | 39.4 | 3.5 | 5.5 | 0.3 |
| 504 | Питерлакское (взяты при разборке кронштадтского форта) | Красный рапакивиобразный гранит, характерный чрезвычайной неравнозернистостью. Зерна кварца правильных очертаний часто включены в крупные кристаллы полевого шпата. Биотит иногда хлоритизирован и прорастает мелкими кристаллами кварца (табл. II, фиг. 7) | Полевые шпаты совершенно свежие. Изредка легкая трещиноватость по спайности | $IIIcQ_3f(s_2t_3z_0h)gl_2c_2k_5$ | Кварц 1-10 мм, полевой шпат до 35 мм | 31.0 | 62.0 | | 6.0 | | 1.0 |

По характеру контакта зерен друг с другом различают:

- z_1 —зубчатый контакт;
- z_2 —гладкий контакт;
- z_3 —без резких границ.

Тип В. Мезокристаллические известняки.

Кристаллические структуры обнаруживаются еще простым глазом или под лупой. Величина зерен 0.25—0.7 мм.

Кальцит редко со штриховкой, часто с глинистыми, охристыми или кремнистыми включениями.

Тип. В₁. Равномерно-мезокристаллические зерна.

»В₂. Мезокристаллические зерна с подчиненными неправильно распределенными микрокристаллическими частицами.

»В₃. Не вполне сросшиеся между собою мезокристаллические зерна с микрокристаллической промежуточной массой.

Тип С. Микрокристаллические известняки.

Тип. С₁. Равномерная микрокристаллическая структура с резкими границами зерен.

»С₂. Микрокристаллическая структура с резкими границами зерен, с довольно богатыми мезокристаллическими включениями.

»С₃. Микрокристаллическая с несовершенными сротками зерен, с порами, заполненными глинистым или охристым веществом.

»С₄. Микрокристаллическая, равномерная, без резких границ зерен.

»С₅. Микрокристаллическая без резких границ зерен, с довольно богатыми мезокристаллическими включениями.

$\frac{C_{1-5}}{(D_1)}$ Преобладающая микрокристаллическая и подчиненная криптокристаллическая структура.

$\frac{C_{1-5}}{D_1}$ Преобладающая микрокристаллическая структура наряду с очень богатыми криптокристаллическими образованиями.

$\frac{D_1}{(C)}$ Преобладающая криптокристаллическая структура с подчиненной микрокристаллической.

$\frac{D_1}{(D_2)}$ Господствующая криптокристаллическая структура с подчиненной пелитоморфной.

$\frac{D_1}{D}$ Криптокристаллическая и пелитоморфная структура примерно в одинаковом отношении.

$\frac{D_2}{(D_1)}$ Господствующая пелитоморфная структура с подчиненной криптокристаллической.

3. Характер сцепления зерен:

b₁—непосредственное срастание.

b₂—срастание зерен посредством микрокристаллической зернистой кальцитовой промежуточной массы.

b₃—срастание посредством криптокристаллической промежуточной массы.

b₄—срастание посредством пелитоморфной промежуточной массы.

b₅—срастание посредством мергелистой, глинистой или охристой промежуточной массы.

4. Степень непрерывности сцепления зерен:

β_1 —совершенно плотное соединение зерен.

β_2 —довольно плотное соединение зерен.

β_3 —сравнительно неплотное соединение зерен.

β_4 —очень неплотное соединение зерен.

5. Равномерность размеров зерен:

g₁—равномернозернистая структура.

g₂—довольно равномернозернистая структура.

g₃—довольно неравномернозернистая структура.

g₄—очень неравномернозернистая структура.

g₅—очень неравномернозернистая структура с мелкими зернами, заключенными группами между взаимосвязанными большими зернами.

6. Степень пористости:

| | | |
|----------------|--------------------------------|---|
| P | — совершенно плотное строение. | |
| P ₁ | — тонкопористое | » |
| P ₂ | — мелкопористое | » |
| P ₃ | — грубопористое | » |
| P ₄ | — ячеистое | » |
| P ₅ | — слабокавернозное | » |
| P ₆ | — грубокавернозное | » |

7. Различные примеси, не образующие цемента и играющие подчиненную роль

| | |
|----|---|
| gl | — слюда. |
| gk | — глауконит. |
| es | — сидерит. |
| ec | — кальцит (в иглах). |
| f | — глинистое вещество. |
| ok | — охра. |
| q | — кварцевый песок. |
| si | — кремнекислые импрегнации или конкреции. |
| ko | — углистое вещество. |
| ks | — пирит. |

Структурная характеристика мраморов в соответствии с приведенной терминологией и обозначениями дана в табл. 3.

Глава II

ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

1. Определение пористости

Пористость является одной из важнейших констант при оценке качества облицовочных камней. Определение ее, несмотря на кажущуюся простоту, сопряжено с довольно значительными трудностями, особенно для пород с малой пористостью.

Для настоящего исследования пористость определялась из соотношения объемных и удельных весов. Объемный вес вычислялся делением веса высушенных до постоянного веса образцов на их объем. Объем получался из 18 обмеров ребер каждого куба с точностью до 0.01 см и брался как среднее для 12 образцов из каждой разновидности.

Удельный вес определялся в пикнометрах Реньо с точностью до ± 0.001 . Такая точность достигалась применением промытых навесок и определением в денатурате.

Результаты определений сведены в табл. 4.

2. Исследование водопоглощения и водонасыщения

Формы нахождения и миграции воды в камне определяют его морозостойкость. Гиршвальд придавал им очень большое значение, что нашло отражение в предложенных им схемах, приводимых ниже.

Особенное значение имеет «коэффициент насыщения»:

$$S = \frac{W_2}{W_c} = \frac{\text{водопоглощение}}{\text{водонасыщение}}.$$

Водопоглощение W_2 означает то количество воды (в % от веса камня), которое поглощается образцом при свободном насыщении водой, т. е. при атмосферном давлении и комнатной температуре.

Водонасыщение же W_c характеризуется тем количеством воды, которое может быть принудительно загнано в поры и трещины образца.

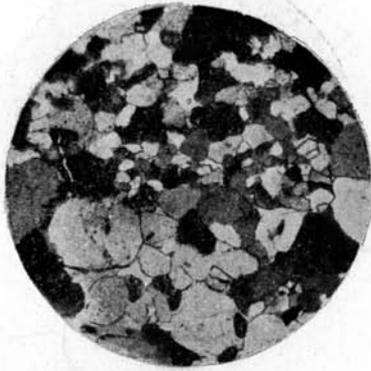
Характеристика и структурные обозначения мраморов

| Лабор. № | Месторождение и разновидность | Краткая петрографическая характеристика | Размер зерен в мм | Структурная формула по Гиршвальду |
|----------|---|---|-------------------|-----------------------------------|
| 304 | Кибик-Кордонское, белый | Мезокристаллический мрамор с соединением зерен частично через микрористаллическую массу. Неравномернозернист, сцепление кристаллов неплотное. Поры и посторонние включения отсутствуют (табл II, фиг. 8) | 0.4—0.8 | $B_2z_2b_1-2\beta_2g_5P$ |
| 305 | Кибик-Кордонское, бледнорозовый | Аналогичен № 304, но сцепление зерен более плотное. Редкие включения кварца | 0.2—0.5 | $B_2z_1-2b_1\beta_2g_4pQ_1$ |
| 306 | Кибик-Кордонское, розовый | Микрористаллический мрамор с плотным, непосредственным срастанием зерен. Поры почти отсутствуют. Редкие включения кварца и мезокристаллических зерен кальцита размером до 0.4 мм (табл. II, фиг. 9) | 0.06—0.2 | $C_2b_2\beta_2g_4pQ_1$ |
| 319 | Кибик-Кордонское, бледнорозовый (опытный карьер № 2) | Мезокристаллический мрамор с гладкими контактами непосредственно срастающихся друг с другом зерен. Встречаются микрористаллические зерна и единичные окатанные зерна кварца. Поры отсутствуют | 0.3—0.5 | $B_2z_2b_1\beta_2g_3pQ_1$ |
| 320 | Кибик-Кордонское, розовый с жилками гематита (опытный карьер № 1) | Мезокристаллический неравномернозернистый мрамор с гладкими контактными поверхностями зерен. Присутствуют зерна микрористаллического кальцита. В шлифах в различных количествах присутствуют гематит, зерна кварца и слюда. Встречаются мелкие поры | 0.2—0.5 | $B_2z_2b_1\beta_2g_4pQ_1$ |
| 307 | Гааганское, розовый (участок Каш-каш) | Микрористаллический очень плотный мрамор с непосредственным сцеплением зерен. Наблюдаются единичные включения кварца | 0.02—0.2 | $C_1b_2\beta_2g_3pQ_1$ |
| 308 | Гааганское, серый (участок Каш-каш) | То же, что и № 307 (табл. II, фиг. 10) | 0.02—0.2 | $C_1b_2\beta_2g_3pQ_1$ |
| 321 | Гааганское, белый (старая разведочная канава) | То же, что и № 307 и 308 | 0.02—0.1 | $C_1b_2\beta_2g_2pQ_1$ |
| 322 | То же | Структура та же. Встречаются редкие полоски мезокристаллического кальцита с зернами до 0.4 мм. Единичные зерна плагиоклаза | 0.02—0.2 | $C_2b_2\beta_2g_4p$ |

| Лабор. № | Месторождение и разновидность | Краткая петрографическая характеристика | Размер зерен, в мм | Структурная формула по Гиршвальду |
|----------|---|--|--------------------|---|
| 309 | Прохорово-Баландинское, палевый | Плотный микрокристаллический мрамор с непосредственным срастанием зерен, довольно неравномернозернист. Поры и посторонние включения отсутствуют (табл. II, фиг. 11) | 0.1—0.2 | $C_1b_2\beta_2g_3f$ |
| 316 | Лопотское, светлосерый (обнажение Цопис-гора) | Плотный мезокристаллический мрамор с некоторым количеством микрокристаллического кальцита. Срастание зерен по гладким контактными плоскостями, довольно плотное. Неравномернозернист. Поры и посторонние включения отсутствуют | 0.2—0.4 | $B_2z_3b_1\beta_2g_4P$ |
| 359 | Заркенд, зеленовато-серый (из обнажения) | Микрокристаллический плотный мрамор местами с большим содержанием серпентинизированного оливина, который распределен по породе неравномерными участками. Поры отсутствуют (табл. II, фиг. 12) | 0.01—0.2 | $C_2b_2\beta_2g_3P$ |
| 360 | Ороктуой, палевый (опытный карьер 1938 г.) | Микрокристаллический мрамор неоднородного строения с плотным соединением зерен. Встречаются более крупные кристаллы кальцита до 0.4 мм и единичные зерна кварца. Поры отсутствуют. Наблюдаются параллельные прожилки гематита. | 0.03—0.2 | $C_1b_2\beta_2g_4PQ$ |
| 361 | Сатка (офиокальцит), зеленый | Чрезвычайно плотная и равномернозернистая порода микрокристаллического строения. Зерна кальцита в спутано-волоконистом срастании с кристаллами серпентина | 0.01—0.05 | $C_1b_{1-2}\beta_1P$ |
| 364 | Пуштулим, пестрый (из действующего карьера) | Микрокристаллический мрамор обломочной структуры с мезокристаллическими включениями. Очень неравномернозернист, плотен. Слабое окремнение. | 0.01—0.1 и до 0.3 | $\frac{B_2z_{1-2}b_3\beta_3g_5PQ_1}{C_3b_3\beta_3g_5P}$ |
| 365 | Коалга, белый (из действующего карьера) | Равномернозернистый мезокристаллический мрамор с гладкими контактными плоскостями. Встречаются единичные мелкие поры (табл. III, фиг. 13) | 0.3—0.5 | $B_1z_2b_{1-2}\beta_1g_3P_1$ |
| 380 | Салиэти, пестрый, красный (из обнажения) | Пелитоморфный плотный известняк с включениями мезо- и микрокристаллических участков, придающих ему узорчатый рисунок. Присутствует микрофауна (табл. III, фиг. 14) | Пелитоморфен | $D_2b_4\beta_1P$ |

| Лабор. № | Месторождение и разновидность | Краткая петрографическая характеристика | Размер зерен в мм | Структурная формула по Гиршвальду |
|----------|---|--|-------------------------|--|
| 383 | Гидамское, черный с белыми жилками (из действующего карьера) | Микрокристаллический известняк очень плотный. Жилки из мезокристаллического кальцита. Присутствуют окаменелости. Много охристых прожилков, пересекающих всю породу и снижающих долговечность мрамора, изредка зерна кварца (табл. III, фиг. 15) | 0.01—0.2 | $C_1 b_5 \beta_1 p_1 q_1$ |
| 384 | Молита, красный, пестрый (из действующего карьера) | Пелитоморфный известняк с большим количеством кальцитовых жилок, линзочек и пор, заполненных кристаллами кальцита. Много окаменелостей и трещинок, заполненных окислами железа. Встречаются замкнутые поры в 0.1—0.3 мм | Пелитоморфен | $D_2 b_4 \beta_2 p_1$ |
| 385 | Шроша, красный, пестрый (из действующего карьера) | Микрокристаллический и мезокристаллический известняк, переполненный окаменелостями, очень неравномернозернист. Среди кристаллической массы выделяются окаменелости, сложенные пелитоморфным веществом, окрашенным по краям бурыми водными окислами железа. Структурная формула дается именно для этих участков, как наименее климатически стойких. Часты отдельные поры (табл. III, фиг. 16) | 0.03—0.3, иногда до 2.5 | $D_2 b_4 \beta_1 p_2$ |
| 386 | Уфалей, серый (из действующего карьера) | Слоистый мезокристаллический мрамор, неравномернозернистый по отдельным прослойкам. Зерна кальцита срastaются друг с другом плотно и непосредственно по гладким контактным плоскостям (табл. III, фиг. 17) | 0.25 | $B_1 z_2 b_1 \beta_1 g_3 p_1$ |
| 397 | Нижн. Тагил, пестрый (из действующего карьера рудника б. Сапальского) | Брекчиевидный известняк, сложенный участками самой разнообразной структуры — от пелитоморфной до макрокристаллической. Преобладают пелитоморфная и криптокристаллическая. В заметном количестве присутствуют окаменелости. Встречаются единичные поры (табл. III, фиг. 18) | — | $D_1 D_2 b_{1-3} \beta_1 p$ |
| 398 | Маук, белый (из расчистки 1939 г.) | Мезокристаллический мрамор с участками, в которых зерна кальцита раздроблены до величины микрокристаллов. Многие кристаллы изогнуты и деформированы. Соединение зерен плотное, поры отсутствуют | 0.3 | $B_1 z_2 \beta_1 b_1 g_1 p$ |
| 449 | Агверан, розовый (из действующего карьера) | Мезокристаллический мрамор с гладкими, иногда зубчатыми очертаниями зерен, находящихся в непосредственном срastании. Породы плотная. Много охристых прожилков, пересекающих всю породу и снижающих долговечность мрамора (табл. IV, фиг. 19) | 0.3—0.5 | $\frac{2}{3} (B_1 z_{1-2} b_1 \beta_2 g_2 p)$ $\frac{1}{3} (B_1 z_{1-2} b_3 \beta_2 g_2 p)$ |

| Лабор. № | Месторождение и разновидность | Краткая петрографическая характеристика | Размер зерен в мм | Структурная формула по Гиршвальду |
|----------|---|--|-------------------|-----------------------------------|
| 450 | Хорвираб, черный с белой жилкой (из действующего карьера) | Мезокристаллический мрамор с встречающимися микрокристаллическими участками. Соединение зерен плотное, контактные плоскости иногда зубчатые, иногда гладкие. Очень неравномернозернист. Встречаются мелкие поры | 0.3—0.4 | $B_2Z_1-2b_{1-2}\beta_2g_6P_2$ |
| 451 | Фоминское, желтый (из действующего карьера) | Мезокристаллический мрамор с непосредственным сростанием зерен. Присутствуют более мелкие (до 0.095 мм) и более крупные (до 2.0 мм) зерна кальцита. Иногда на кальците тонкие пленки гидроокиси железа (табл. IV, фиг. 20) | 0.3—0.6 | $B_2Z_2b_{1-2}\beta_2g_4POK_2$ |
| 452 | Белогорское, розовый (из действующего карьера) | Порода сложена доломитом с большим количеством кварцевых зерен. Структура доломита микрокристаллическая. Кварц в виде зерен неправильной формы, иногда небольшими группками. Сростание зерен доломита непосредственное. Наряду с доломитом встречается и кальцит (табл. IV, фиг. 21) | 0.02—0.2 | $C_2b_2\beta_2g_3PQ$ |
| 505 | Каркадинское, черный с жилками (из действующего карьера) | Мезокристаллический мрамор с большим количеством микрокристаллических прослоек, придающих породе слоистость. Сростание зерен непосредственное, плоскости контактов гладкие. Присутствуют в большом количестве точечные включения черного органического вещества, обуславливающего окраску мрамора. Присутствуют отдельные зерна пирита (табл. IV, фиг. 22) | 0.2—0.3 | $B_2Z_2b_1\beta_2g_3K_2S_1$ |
| 506 | Давалу, темносерый с белыми жилками (из обнажения) | Пелитоморфный известняк с большим количеством микрокристаллических зерен кальцита. Жилки сложены кальцитовыми зернами, иногда с тонкими пленками окислов железа. Местами незначительное окремнение (табл. IV, фиг. 23) | Пелитоморфен | $D_2Cb_4\beta_2g_3PQ_1$ |



1



2



3



4



5



6

- Фиг. 1. Кварцит шовшинский, № 448. Николи +; увел. 20.
 Фиг. 2. Гранит янцевский, № 314. Николи +; увел. 20.
 Фиг. 3. Гранит сайда-губский, № 317. Николи +; увел. 20.
 Фиг. 4. Гранит караньский, № 318. Николи +; увел. 20.
 Фиг. 5. Гранит уллу-камский. Участок «Ак-Тюбе», № 445.
 Николи +; увел. 20.
 Фиг. 6. Гранит уллу-камский. Участок «Кушуня», № 446.
 Николи +; увел. 20.



7



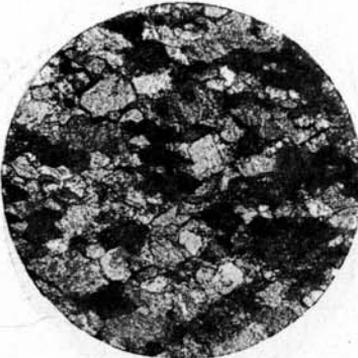
8



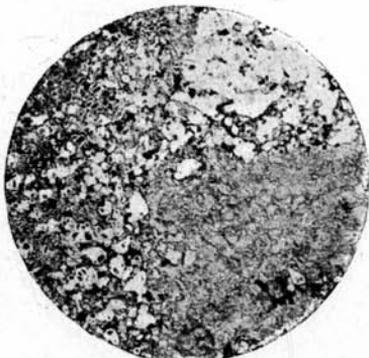
9



10



11



12

Фиг. 7. Гранит питерлакский, № 504. Николи +; увел. 10.

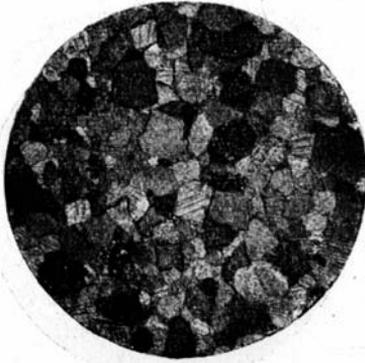
Фиг. 8. Мрамор кибик-кордонский белый, № 304. Николи +; увел. 20.

Фиг. 9. Мрамор кибик-кордонский розовый, № 306. Николи +; увел. 20.

Фиг. 10. Мрамор газганский серый, № 308. Николи +; увел. 45.

Фиг. 11. Мрамор прохорово-баладинский палевый, № 309. Николи +; увел. 45.

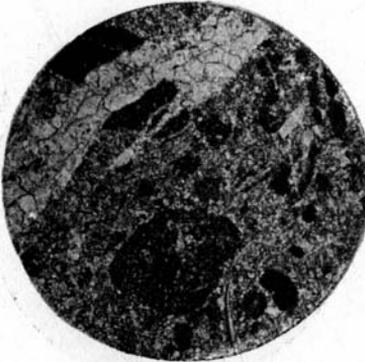
Фиг. 12. Мрамор заркендский зеленовато-серый, № 369. Николи ||; увел. 10.



13



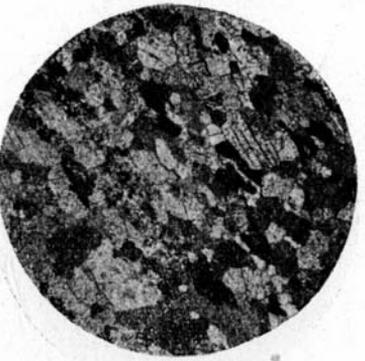
14



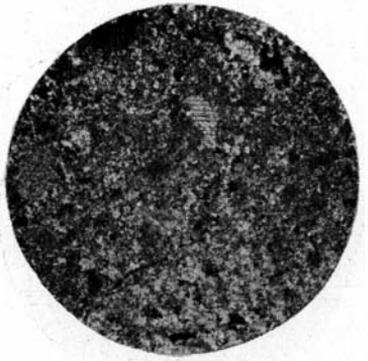
15



16



17

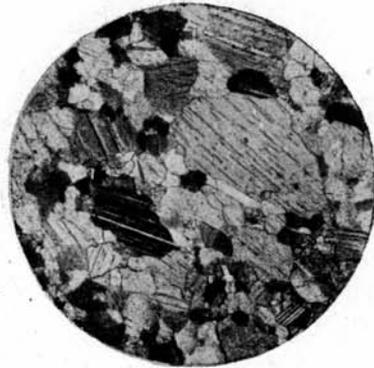


18

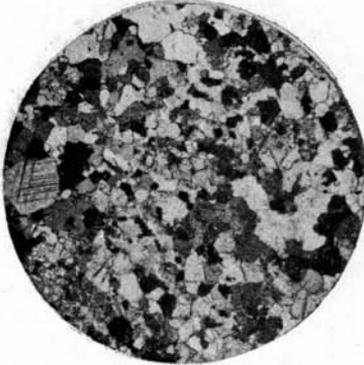
- Фиг. 13. Мрамор козгинский белый, № 365. Николи +; увел. 20.
 Фиг. 14. Мрамор Салиэти красный, пестрый, № 380. Николи +; увел. 20. Заметны микрокристаллические участки в пелитоморфной массе.
 Фиг. 15. Мрамор гидамский черный с белыми жилками, № 383. Николи ||; увел. 20. Светлая полоса — жилка кальцита.
 Фиг. 16. Мрамор Шроша красный, пестрый, № 385. Николи +; увел. 20.
 Фиг. 17. Мрамор уфалейский серый, № 386. Николи +; увел. 20. Заметна слоистость.
 Фиг. 18. Мрамор ниже-тагильский пестрый, № 397. Николи +; увел. 20. Пелитоморфный участок.



19



20



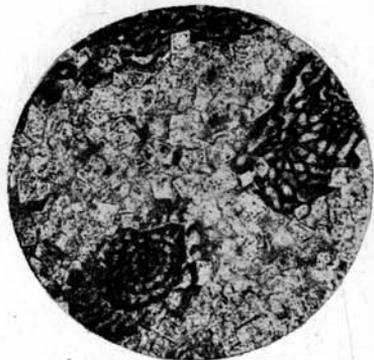
21



22



23



24

- Фиг. 19. Мрамор агверанский розовый, № 449. Николи +; увел. 20.
 Фиг. 20. Мрамор фоминский желтый, № 451. Николи +; увел. 20.
 Фиг. 21. Мрамор белогорский розовый, № 452. Николи +; увел. 20.
 Светлые пятна—кварцевые зерна.
 Фиг. 22. Мрамор каркадинский черный, № 505. Николи ||; увел. 20.
 Заметна полоска, обогащенная черным органическим
 веществом.
 Фиг. 23. Мрамор Давалу темносерый, № 506. Николи ||; увел. 45.
 Фиг. 24. Доломит куйбышевский, № 340. Николи ||; увел. 20.

Определение удельных весов, объемных весов и пористости

| Лабор. № | Месторождение | Удельный вес | Объемный вес по объемам кубиков | | | Пористость | | |
|-----------------|-------------------------------|--------------|---------------------------------|--------|--------|------------|--------|--------|
| | | | макс. | миним. | средн. | макс. | миним. | средн. |
| Граниты | | | | | | | | |
| 314 | Янцевское | 2.648 | 2.648 | 2.630 | 2.640 | 0.66 | 0.00 | 0.29 |
| 317 | Сайда-Губское | 2.623 | 2.628 | 2.610 | 2.622 | 0.51 | 0.00 | 0.09 |
| 318 | Караньское | 2.615 | 2.623 | 2.607 | 2.613 | 0.30 | 0.00 | 0.07 |
| 362 | Узлу-Камское, 16-й километр | 2.673 | 2.674 | 2.647 | 2.661 | 0.95 | 0.00 | 0.42 |
| 363 | Кушун | 2.654 | 2.650 | 2.616 | 2.634 | 1.42 | 1.13 | 0.75 |
| 372 | Эльджурта | 2.636 | 2.607 | 2.552 | 2.589 | 3.21 | 1.10 | 1.81 |
| 373 | Турчинское (лабрадорит) . . . | 2.694 | 2.694 | 2.661 | 2.681 | 1.22 | 0.01 | 0.47 |
| 444 | Узлу-Камское, Бараньи тобы | 2.688 | 2.673 | 2.642 | 2.657 | 1.70 | 0.55 | 1.15 |
| 445 | » Ак-Тюбе | 2.679 | 2.666 | 2.644 | 2.659 | 1.30 | 0.47 | 0.72 |
| 446 | Кушун | 2.680 | 2.667 | 2.636 | 2.651 | 1.67 | 0.47 | 1.06 |
| 447 | » | 2.664 | 2.662 | 2.633 | 2.649 | 0.98 | 0.10 | 0.56 |
| 504 | Питерлакское | 2.645 | 2.632 | 2.611 | 2.612 | 1.28 | 0.47 | 0.95 |
| Кварциты | | | | | | | | |
| 448 | Кварцит шокшинский | 2.666 | 2.668 | 2.651 | 2.658 | 0.57 | 0.00 | 0.31 |
| Мраморы | | | | | | | | |
| 304 | Кибик-Кардонское | 2.718 | 2.723 | 2.711 | 2.716 | 0.25 | 0.00 | 0.09 |
| 305 | » | 2.713 | 2.717 | 2.693 | 2.705 | 0.75 | 0.00 | 0.34 |
| 306 | » | 2.710 | 2.723 | 2.694 | 2.708 | 0.59 | 0.00 | 0.16 |
| 319 | » | 2.717 | 2.727 | 2.704 | 2.717 | 0.50 | 0.00 | 0.11 |
| 320 | » | 2.718 | 2.725 | 2.699 | 2.715 | 0.67 | 0.00 | 0.15 |
| 307 | Газганское | 2.718 | 2.727 | 2.712 | 2.722 | 0.02 | 0.00 | 0.00 |
| 308 | » | 2.718 | 2.731 | 2.717 | 2.723 | 0.01 | 0.00 | 0.06 |
| 321 | » | 2.716 | 2.741 | 2.709 | 2.719 | 0.25 | 0.00 | 0.06 |
| 322 | » | 2.705 | 2.720 | 2.628 | 2.699 | 0.23 | 0.00 | 0.02 |
| 309 | Прохорово-Баладинское | 2.718 | 2.717 | 2.711 | 2.714 | 0.27 | 0.04 | 0.16 |
| 316 | Лопотское | 2.708 | 2.713 | 2.696 | 2.703 | 0.45 | 0.00 | 0.21 |
| 359 | Заркенд | 2.684 | 2.754 | 2.645 | 2.650 | 1.43 | 0.00 | 0.15 |
| 360 | Ороктуой | 2.728 | 2.727 | 2.690 | 2.707 | 1.36 | 0.03 | 0.76 |
| 361 | Сатка (сфиональцит) | 2.718 | 2.770 | 2.696 | 2.724 | 0.81 | 0.00 | 0.00 |
| 364 | Пуштулим | 2.744 | 2.745 | 2.703 | 2.711 | 1.50 | 0.00 | 1.21 |
| 365 | Ковлга | 2.737 | 2.717 | 2.696 | 2.703 | 1.51 | 0.73 | 1.24 |
| 360 | Салиэти | 2.695 | 2.705 | 2.625 | 2.670 | 2.62 | 0.00 | 0.92 |
| 363 | Гидамское | 2.728 | 2.715 | 2.666 | 2.696 | 2.25 | 0.45 | 1.44 |
| 384 | Молита | 2.727 | 2.697 | 2.654 | 2.681 | 2.64 | 1.08 | 1.63 |
| 385 | Шроша | 2.750 | 2.705 | 2.672 | 2.689 | 2.89 | 1.63 | 2.21 |
| 386 | Уфалей | 2.758 | 2.724 | 2.684 | 2.707 | 2.70 | 1.16 | 1.85 |
| 397 | Нижний Тагил | 2.710 | 2.722 | 2.686 | 2.703 | 0.91 | 0.00 | 0.28 |
| 398 | Маук | 2.742 | 2.727 | 2.699 | 2.714 | 1.57 | 0.56 | 1.03 |
| 449 | Агверан | 2.763 | 2.760 | 2.717 | 2.738 | 1.85 | 0.31 | 1.10 |
| 450 | Хорьраб | 2.724 | 2.711 | 2.672 | 2.691 | 1.91 | 0.50 | 1.24 |
| 451 | Фоминское | 2.725 | 2.717 | 2.691 | 2.704 | 1.24 | 0.30 | 0.77 |
| 452 | Белогорское | 2.863 | 2.892 | 2.766 | 2.842 | 3.36 | 0.00 | 0.71 |
| 505 | Каркадинское | 2.726 | 2.713 | 2.678 | 2.700 | 1.75 | 0.48 | 0.95 |
| 506 | Давалу | 2.726 | 2.707 | 2.689 | 2.703 | 1.35 | 0.73 | 0.95 |

Принудительное насыщение заключается в том, что образцы размером $\sim 2 \times 3 \times 5$ см насыщаются водой в течение 4—6 часов при вакууме, равном 15—20 мм ртутного столба, а затем подвергаются насыщению при гидростатическом давлении в 150 атм. в течение 24 часов.

Результаты опытов сведены в табл. 5.

Определение водопоглощения и водонасыщения

| Лаб. № | Месторождение | Водонасыщенность, в вес. % | Водопоглощение (свободное), в вес. % | | | | | | | Коэффициент насыщения S | Приведенный коэф. насыщ. $S_r = S/S$ |
|----------------|--------------------------------------|----------------------------|--------------------------------------|-------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-------------------------|--------------------------------------|
| | | | через 1 день | через 3 дня | через 5 дней | через 10 дней | через 15 дней | через 30 дней | через 45 дней | | |
| Граниты | | | | | | | | | | | |
| 314 | Янцевское . . . | 0.17 | 0.11 | 0.13 | 0.16 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | — | 0.88 | 0.66 |
| 317 | Сайда-Губское . . | 0.20 | 0.11 | 0.15 | 0.18 | 0.18 | 0.18 | 0.18 | — | 0.90 | 0.67 |
| 318 | Караньское . . . | 0.32 | 0.19 | 0.25 | 0.25 | 0.27 | 0.27 | 0.27 | — | 0.84 | 0.63 |
| 362 | Уллу-Камское, 16-й километр | 0.23 | — | 0.16 | 0.16 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.87 | 0.65 |
| 363 | Кушуй | 0.34 | — | 0.27 | 0.28 | 0.29 | 0.31 | 0.31 | 0.31 | 0.91 | 0.68 |
| 372 | Эльджурта | 1.75 | — | 1.01 | 1.07 | 1.20 | 1.24 | 1.33 | 1.34 | 0.76 | 0.57 |
| 373 | Турчинское (за- брадорит) | 0.15 | — | 0.09 | 0.09 | 0.13 | 0.13 | 0.13 | 0.13 | 0.87 | 0.65 |
| 444 | Уллу-Камское, Бараньи лбы . . . | 0.34 | 0.25 | 0.27 | 0.28 | 0.30 | 0.31 | — | — | 0.91 | 0.68 |
| 445 | Уллу-Камское, Ак-Тюбе | 0.28 | 0.19 | 0.21 | 0.23 | 0.25 | 0.26 | — | — | 0.93 | 0.70 |
| 446 | Кушуй | 0.44 | 0.32 | 0.33 | 0.36 | 0.39 | 0.39 | — | — | 0.89 | 0.67 |
| 447 | » | 0.38 | 0.28 | 0.30 | 0.32 | 0.35 | 0.35 | — | — | 0.92 | 0.69 |
| 504 | Интернакское . . . | 0.36 | 0.26 | 0.29 | 0.30 | 0.33 | 0.33 | — | — | 0.92 | 0.69 |
| 448 | Кварцит пок- шинский | 0.20 | 0.13 | 0.13 | 0.14 | 0.16 | 0.16 | — | — | 0.80 | — |
| Мраморы | | | | | | | | | | | |
| 304 | Кибик-Кордонск. | 0.13 | 0.05 | 0.09 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | — | 0.77 | 0.58 |
| 305 | » » | 0.21 | 0.13 | 0.15 | 0.19 | 0.19 | 0.19 | 0.19 | — | 0.90 | 0.67 |
| 306 | » » | 0.11 | 0.05 | 0.06 | 0.09 | 0.08 | 0.08 | 0.08 | — | 0.73 | 0.55 |
| 319 | » » | 0.10 | 0.05 | 0.05 | 0.06 | 0.06 | 0.06 | 0.06 | — | 0.60 | 0.45 |
| 320 | » » | 0.09 | 0.02 | 0.02 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | — | 0.44 | 0.33 |
| 307 | Газганское | 0.06 | 0.02 | 0.02 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | — | 0.83 | 0.62 |
| 308 | » | 0.08 | 0.01 | 0.02 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | — | 0.38 | 0.29 |
| 321 | » | 0.07 | 0.00 | 0.01 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.04 | — | 0.57 | 0.43 |
| 322 | » | 0.04 | 0.00 | 0.01 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | — | 0.50 | 0.38 |
| 309 | Прохорово-Ба- ландинское | 0.17 | 0.06 | 0.08 | 0.08 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | — | 0.59 | 0.44 |
| 316 | Лопотское | 0.30 | 0.03 | 0.06 | 0.17 | 0.17 | 0.17 | 0.17 | — | 0.57 | 0.43 |
| 359 | Заркенд | 0.37 | — | 0.41 | 0.46 | 0.46 | 0.46 | 0.46 | 0.41 | 1.00 | 0.75 |
| 360 | Ороктуой | 0.24 | — | 0.06 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.12 | 0.50 | 0.40 |
| 361 | Сатка (офнокаль- цит) | 0.19 | — | 0.04 | 0.06 | 0.07 | 0.08 | 0.08 | 0.09 | 0.47 | 0.40 |
| 364 | Пуштулим | 0.10 | — | 0.09 | 0.09 | 0.09 | 0.10 | 0.11 | 0.11 | 1.00 | 0.75 |
| 365 | Козлга | 0.15 | — | 0.18 | 0.20 | 0.21 | 0.24 | 0.24 | 0.15 | 1.00 | 0.75 |
| 380 | Салиэти | 0.31 | — | 0.23 | 0.28 | 0.29 | 0.31 | 0.33 | 0.33 | 1.00 | 0.75 |
| 383 | Гидамское | 0.19 | — | 0.13 | 0.13 | 0.14 | 0.15 | 0.16 | 0.16 | 0.84 | 0.63 |
| 384 | Молита | 0.50 | — | 0.20 | 0.21 | 0.22 | 0.23 | 0.25 | 0.27 | 0.54 | 0.40 |
| 385 | Шроша | 0.29 | — | 0.16 | 0.17 | 0.17 | 0.18 | 0.18 | 0.18 | 0.62 | 0.46 |
| 386 | Уфалей | 0.22 | — | 0.10 | 0.10 | 0.11 | 0.12 | 0.12 | 0.12 | 0.55 | 0.41 |
| 397 | Нижний Тагил . . . | 0.16 | — | 0.05 | 0.05 | 0.06 | 0.07 | 0.08 | 0.08 | 0.50 | 0.38 |
| 398 | Маук | 0.18 | — | 0.05 | 0.07 | 0.07 | 0.08 | 0.10 | 0.10 | 0.56 | 0.42 |
| 449 | Агверан | 0.14 | 0.08 | 0.10 | 0.10 | 0.11 | 0.11 | — | — | 0.79 | 0.59 |
| 450 | Хорвираб | 0.45 | 0.36 | 0.37 | 0.39 | 0.41 | 0.41 | — | — | 0.91 | 0.68 |
| 451 | Фоминское | 0.37 | 0.23 | 0.23 | 0.26 | 0.28 | 0.28 | — | — | 0.76 | 0.57 |
| 452 | Белогорское | 0.47 | 0.11 | 0.12 | 0.13 | 0.13 | 0.13 | — | — | 0.76 | 0.57 |
| 505 | Каргадинское . . . | 0.29 | 0.24 | 0.25 | 0.26 | 0.29 | 0.27 | — | — | 0.93 | 0.70 |
| 506 | Даваду | 0.18 | 0.06 | 0.07 | 0.10 | 0.15 | 0.15 | — | — | 0.83 | 0.63 |

Исходя из объемного расширения воды при переходе ее в твердое состояние, равного примерно 9%, следовало бы считать морозостойкими породы со значением $S = 0.9$. Ввиду неравномерного распределения пор в теле камня, Гиршвальд, основываясь на многочисленных наблюдениях, принимает в качестве границы морозостойкости $S = 0.8$ и соответственно с этим строит поправочные таблицы, иллюстрируя правильность этого положения рядом примеров. Необходимо указать, что почти все примеры относятся к породам со значительным водопоглощением, в подавляющем числе случаев большем 1% (по весу).

В нашем же случае мы имеем очень плотные породы с очень малым насыщением, не превосходящим 0.5%,¹ поэтому эффект поверхностного смачивания иногда затушевывает различие между водопоглощением и водонасыщением, т. е. между свободным и принудительным насыщением.

Окончательно это было установлено следующим опытом. Была взята серия образцов с известными для них коэффициентами свободного водонасыщения, высушена и подвергнута смачиванию в течение 1 мин. и 10 мин. Результаты опыта приведены в табл. 6.

Таблица 6.

Определение эффекта смачивания

| № обр. | Вес сухих в г | Вес после смачивания | | Приращение веса в % | | Коэффициент свободного водонасыщения | Отношение смачивания к водопоглощению | |
|--------|---------------|----------------------|---------------|---------------------|---------------|--------------------------------------|---------------------------------------|---------------|
| | | через 1 мин. | через 10 мин. | через 1 мин. | через 10 мин. | | через 1 мин. | через 10 мин. |
| | | | | | | | | |
| 1 | 95.62 | 95.76 | 95.86 | 0.14 | 0.24 | 0.31 | 0.45 | 0.78 |
| 2 | 90.64 | 90.76 | 90.85 | 0.13 | 0.21 | 0.31 | 0.42 | 0.68 |
| 3 | 91.92 | 91.96 | 92.00 | 0.04 | 0.09 | 0.28 | 0.14 | 0.32 |
| 4 | 88.44 | 88.47 | 88.51 | 0.03 | 0.07 | 0.21 | 0.14 | 0.33 |
| 5 | 87.74 | 87.80 | 87.85 | 0.06 | 0.11 | 0.13 | 0.46 | 0.85 |
| 6 | 82.98 | 83.02 | 83.06 | 0.04 | 0.08 | 0.10 | 0.40 | 0.80 |

Как видно из этой таблицы, не влияющий на морозостойкость породы поверхностный эффект доходит до 80—85% от всей величины водопоглощения. Интересно отметить, что эффект смачивания особенно сильно сказывается на образцах с наименьшим водопоглощением.

Для малых значений S принимается приведенное значение S_r , где

$$S_r = \frac{3}{4} S = \frac{3W_2}{4W_c}$$

В немецком стандарте на испытания камня DIN 1171 указано, что для пород с водонасыщением, меньшим 0.5%, как заведомо морозостойких, производство исследований морозостойкости считается излишним.

Поправка на S_r нами введена в расчетах табл. 23 для мраморов, где величина S или S_r входит в основную расчетную формулу. Для гранитов же поправки на S являются дополнительными и введены нами только для случая сравнительно большого (большего, чем 0.5%) водонасыщения.

¹ За исключением гранита Эльджурта.

3. Определение коэффициентов линейного расширения

Коэффициент линейного расширения является одной из необходимых констант строительного камня. Из многих предложенных способов его определения нами был применен метод Борда, основанный на сравнении коэффициентов расширения испытуемого образца и эталона.

Все измерения были выполнены на приборе фирмы Цейсс. Измерению возникающих деформаций замерялось оптическим путем в температурном интервале 15—100° С.

Опыты велись¹ над образцами круглого или призматического сечения, площадью 0.8 кв.см и длиной 50 мм.

Результаты сгруппированы в табл. 7.

Коэффициенты линейного расширения у гранитов выше, чем у мраморов. Исключение составляют белогорский мрамор (доломит), что связано, вероятно, с наличием в нем кварцевых зерен, и фоминский, имеющий повышенный коэффициент, вероятно, за счет присутствия железных пленок вокруг зерен кальцита.

4. Исследование упругих свойств

Модуль упругости является одной из важнейших расчетных констант, почему его определение было нами поставлено с особой тщательностью и точностью. Примененные образцы — призмы 50 × 50 × 100 мм — были шлифованы с шести сторон под лекальную линейку. Нагрузка давалась ступенчато и поддерживалась на прессе Амслера при помощи специального автоматического удерживателя давления. Каждый образец испытывался при нагрузке, последующей разгрузке, повторной нагрузке и повторной разгрузке. Все деформации замерялись прибором Мартенса. Этот способ замера является одним из самых длительных, но в то же время одним из наиболее точных. Модули упругости помещены в сводной табл. 8.

5. Механические испытания

Методика механических испытаний применялась обычная. Особое внимание было обращено на тщательность изготовления образцов, которые поверялись лекальной линейкой и угольником.

1. Испытание на сжатие. Испытывались кубики около 5 см в ребре, выпиленные и отшлифованные точно под угольник. Пресс Амслера (300 т) перед испытаниями поверялся мессдозой. Отклонения в показаниях меньше 1% от нагрузки.

2. Испытание на излом производилось на призмах сечением около 1 см²; расстояние между опорами переменное, нагрузка в центре. Пресс Амслера мощностью в 2 т. Расчет производился по формуле:

$$R = \frac{3pl}{2bh^2},$$

где

р — нагрузка (в кг);
l — расстояние между опорами (в см);
b — ширина поперечного сечения призмы (в см);
h — высота » » » »

¹ Все опыты были выполнены инж. Я. М. Ольшанзвым в физико-механической лаборатории ВИМС.

Определение коэффициентов линейного расширения

| Лабор. № | Порода и месторождение | № опыта | Температурн. отсч. | | | Отметки шкалы | | | Коэффициент линейного расширения | |
|----------------|-------------------------------|---------|--------------------|---------------|-----------|----------------|---------------|---------|----------------------------------|----------------------|
| | | | в начале опыта | в конце опыта | интервалы | в начале опыта | в конце опыта | разница | части. | среди. |
| | | | | | | | | | | |
| Граниты | | | | | | | | | | |
| 444 | Гранит, Бараньи лбы, Уллу-Кам | 1 | 19.5 | 100 | 80.5 | 151 | 161.5 | 10.5 | 73.10 ⁻⁷ | 73·10 ⁻⁷ |
| | | 2 | 100 | 15.5 | 84.5 | 161.5 | 150.5 | 11.0 | 73.10 ⁻⁷ | |
| 445 | Гранит, Ак-Тюбе, Уллу-Кам | 1 | 15.5 | 100 | 84.5 | 123 | 132 | 9 | 68.10 ⁻⁷ | 69·10 ⁻⁷ |
| | | 2 | 100 | 17 | 83 | 132 | 122.5 | 9.5 | 70.10 ⁻⁷ | |
| 446 | Гранит, Кушуня | 1 | 17.5 | 100 | 82.5 | 167 | 178.5 | 11.5 | 75.10 ⁻⁷ | 76·10 ⁻⁷ |
| | | 2 | 100 | 21.5 | 73.5 | 178.5 | 167 | 11.5 | 76.10 ⁻⁷ | |
| 447 | Гранит, Кушуня | 1 | 16.5 | 99 | 82.5 | 80 | 94 | 14 | 81.10 ⁻⁷ | 81·10 ⁻⁷ |
| | | 2 | 99 | 18 | 81 | 94 | 80.5 | 13.5 | 81.10 ⁻⁷ | |
| 504 | Гранит, Питерлакское | 1 | 21 | 100 | 79 | 127 | 143.5 | 16.5 | 89.10 ⁻⁷ | 89·10 ⁻⁷ |
| | | 2 | 100 | 21 | 79 | 143.5 | 127 | 16.5 | 89.10 ⁻⁷ | |
| Мраморы | | | | | | | | | | |
| 449 | Мрамор, Агверан | 1 | 15.5 | 100 | 84.5 | 83 | 92.5 | 9.5 | 70.10 ⁻⁷ | 69·10 ⁻⁷ |
| | | 2 | 100 | 13.5 | 86.5 | 92.5 | 83.5 | 9 | 68.10 ⁻⁷ | |
| | | 3 | 13.5 | 100 | 86.5 | 83 | 93 | 10 | 70.10 ⁻⁷ | |
| | | 4 | 100 | 14.5 | 85.5 | 93 | 83.5 | 9.5 | 69.10 ⁻⁷ | |
| 450 | Мрамор, Харвираб | 1 | 15.5 | 100 | 84.5 | 97 | 97 | — | 47.10 ⁻⁷ | 48·10 ⁻⁷ |
| | | 2 | 100 | 16 | 84 | 97 | 96.5 | 0.5 | 48.10 ⁻⁷ | |
| 451 | Мрамор, Фоминское | 1 | 19.5 | 100 | 80.5 | 192.5 | 232 | 39.5 | 145.10 ⁻⁷ | 144·10 ⁻⁷ |
| | | 2 | 100 | 17.5 | 82.5 | 232 | 192.5 | 39.5 | 143.10 ⁻⁷ | |
| | | 3 | 15 | 100 | 85 | 173 | 214.5 | 41.5 | 145.10 ⁻⁷ | |
| | | 4 | 100 | 17 | 83 | 214.5 | 174 | 40.5 | 144.10 ⁻⁷ | |
| 452 | Мрамор, Белогорское | 1 | 16 | 100 | 84 | 67.5 | 95.5 | 28 | 114.10 ⁻⁷ | 114·10 ⁻⁷ |
| | | 2 | 100 | 16.5 | 83.5 | 95.5 | 68 | 27.5 | 113.10 ⁻⁷ | |
| | | 3 | 15.5 | 100 | 84.5 | 66 | 94 | 28 | 114.10 ⁻⁷ | |
| | | 4 | 100 | 17 | 83 | 94 | 66.5 | 27.5 | 114.40 ⁻⁷ | |
| 505 | Мрамор, Каркадинское | 1 | 16 | 100 | 84 | 62 | 50 | —12 | 19.10 ⁻⁷ | 18·10 ⁻⁷ |
| | | 2 | 100 | 16 | 84 | 50 | 62.5 | —12.5 | 18.10 ⁻⁷ | |
| | | 3 | 16 | 100 | 84 | 62.5 | 50 | —12.5 | 18.10 ⁻⁷ | |
| | | 4 | 100 | 17.5 | 82.5 | 50 | 62.5 | —12.5 | 17.10 ⁻⁷ | |
| 506 | Мрамор, Давалу | 1 | 15.5 | 100 | 84.5 | 99 | 98 | —1 | 44.10 ⁻⁷ | 45·10 ⁻⁷ |
| | | 2 | 100 | 11.5 | 88.5 | 98 | 99 | —1 | 45.10 ⁻⁷ | |
| 448 | Кварцит, Шокшинск. | 1 | 14.0 | 100 | 86 | 41 | 73 | 32 | 122.10 ⁻⁷ | 122·10 ⁻⁷ |
| | | 2 | 100 | 16.5 | 83.5 | 73 | 41 | 32 | 121.10 ⁻⁷ | |
| | | 3 | 15.5 | 100 | 84.5 | 37 | 69 | 32 | 123.10 ⁻⁷ | |
| | | 4 | 100 | 17 | 83 | 69 | 37.5 | 31.5 | 123.10 ⁻⁷ | |

3. Испытание на разрыв производилось на прессе Амслера на фигурных образцах с поперечным сечением в шейке около 1 см².

4. Испытание на истирание производилось на круге Амслера-Дорри. Два одновременно истираемых образца проходили по чугунному диску

Физико-механических испытаний

| Лаборт. № | Месторождение | Удельный вес | Объемный вес | Пористость средн. | Время, сопро- тив. сжатию в кг/см ² | | после 25- кратн. замо- раж. | Время, сопро- тивит. назлону в кг/см ² | | Время, сопро- тивит. разрыву в кг/см ² | Время, сопро- тивит. разрыву в кг/см ² | Потери при исти- рании, в г/см ³ | Коэффициент кавитации | | | Времени, сопро- тивит. скалыванию в кг/см ² | Модуль упругости в кг/см ² | № разрушающего удара | Водонасы- щенность в вес. % | | Коэффициент насы- щения S | | |
|--------------|--------------------------------|--------------|--------------|-------------------|--|-------------------|-----------------------------------|--|-------------------|--|--|--|--------------------------|------------|-----------|---|--|-------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|------------------------------|------|------|
| | | | | | воздушно- сухих | водонасы- щен. | | воздушно- сухих | водонасы- щен. | | | | по сжатию | по разрыву | по излому | | | | свободное W ₂ | припудитель- ное W _с | | | |
| 314 | Янцзешское . . . | 2.648 | 2.640 | 0.29 | 3380 | 3246 | 3285 | 257 | — | — | — | 94 | 89 | 0.17 | 0.95 | 0.95 | — | 163 | 700100 | 15 | 0.15 | 0.17 | 0.88 |
| 317 | Сайда-Губское . . . | 2.632 | 2.622 | 0.09 | 2864 | 2855 | 2985 | — | — | — | — | — | — | 0.18 | 1.00 | — | — | — | — | 15 | 0.18 | 0.20 | 0.90 |
| 318 | Караяское . . . | 2.615 | 2.613 | 0.07 | 2290 | 2501 | 2275 | 112 | — | — | — | — | — | 0.19 | >1.00 | — | — | 92 | 541700 | — | 0.27 | 0.32 | 0.84 |
| 362 | Удлу-Камское . . . | 2.673 | 2.661 | 0.42 | 2309 | 2547 | 2424 | 156 | — | — | — | 71 | 52 | 0.21 | 1.00 | 0.73 | — | — | — | — | 0.20 | 0.23 | 0.87 |
| 363 | Кувуи . . . | 2.654 | 2.634 | 0.75 | 1696 | 1992 | 1830 | 137 | — | — | — | 41 | 43 | 0.18 | >1.00 | >1.00 | — | 116 | 339500 | 13 | 0.31 | 0.34 | 0.91 |
| 372 | Эльдэурга . . . | 2.636 | 2.589 | 1.81 | 1939 | 1957 | 1741 | 97 | — | — | — | 31 | 32 | 0.33 | >1.00 | >1.00 | 0.86 | 91 | 351700 | 12 | 1.34 | 1.73 | 0.76 |
| 373 | Турчинское (та- бурадин) | 2.694 | 2.681 | 0.47 | 2430 | 2517 | 2229 | 252 | — | — | — | 76 | 64 | 0.26 | >1.00 | 0.84 | 0.75 | 129 | 1034000 | 12 | 0.13 | 0.15 | 0.87 |
| 444 | Удлу-Камское, Бараны тоы | 2.688 | 2.657 | до1.15 | 1982 | 1581 | 1775 | 192 | — | — | — | — | — | 0.19 | 0.80 | — | — | 120 | 424800 | 9 | 0.31 | 0.34 | 0.91 |
| 445 | Удлу-Камское, Ак-Тюбе . . . | 2.679 | 2.659 | до0.72 | 2150 | 1894 | 1754 | 175 | — | — | — | — | — | 0.20 | 0.88 | — | — | 109 | 406600 | 9 | 0.26 | 0.28 | 0.93 |
| 446 | Кувуи . . . | 2.679 | 2.651 | до1.06 | 1892 | 1611 | 1519 | 206 | — | — | — | — | — | 0.23 | 0.88 | — | — | 119 | 433800 | 9 | 0.39 | 0.44 | 0.89 |
| 447 | » . . . | 2.661 | 2.649 | 0.48 | 1897 | 1487 | 1366 | 127 | — | — | — | — | — | 0.18 | 0.78 | — | — | 91 | 385300 | 9 | 0.35 | 0.38 | 0.92 |
| 504 | Итердагское . . . | 2.615 | 2.620 | до0.56 | 2205 | 2115 | 2083 | 140 | — | — | — | — | — | 0.07 | 0.96 | — | — | 133 | 574100 | 8 | 0.33 | 0.36 | 0.92 |
| 448 | Шовшинское (беварит) | 2.666 | 2.658 | 0.31 | 3277 | 3091 | 3137 | 396 | — | — | — | 159 | 137 | 0.08 | 0.94 | 0.86 | — | 106 | 937400 | 17 | 0.16 | 0.20 | 0.80 |

Мраморы

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|------------------|-------|-------|------|------|------|------|-----|-----|----|----|------|------|------|-------|---|----|--------|---|------|------|------|
| 304 | Кислик-Кордолак. | 2.718 | 2.716 | 0.09 | 1462 | 1066 | 965 | 254 | 244 | 58 | 51 | 1.13 | 0.92 | 0.90 | 0.97 | — | 79 | 718700 | 4 | 0.10 | 0.13 | 0.77 |
| 305 | » | 2.713 | 2.705 | 0.34 | 1246 | 1172 | 1191 | 251 | 279 | 43 | 39 | 1.20 | 0.94 | 0.91 | >1.00 | — | 62 | — | 3 | 0.19 | 0.21 | 0.90 |
| 306 | » | 2.710 | 2.707 | 0.16 | 1549 | 1500 | 1490 | 372 | 272 | 79 | — | 0.94 | 0.97 | — | >0.73 | — | 75 | — | 6 | 0.08 | 0.11 | 0.78 |

| Табл.- № | Месторождение | Удельный вес | Объемный вес | Пористость средн. | Время, сопрот. тпд. сытому в кг/см ² | | Время, сопрот. платку в кг/см ² | | Время, сопрот. разрыву, в кг/см ² | | Потери при стирани, в г/см ² | Коэффициент размо- нации | | | Время, сопрот. скалыванию, в кг/см ² | Модуль упругости в кг/см ² | № разрушающего удара | Водонасы- щенность | | Коэффициент насы- щения σ | | | |
|-------------|-----------------------------|--------------|--------------|-------------------|---|--------------------|--|--------------------|--|--------------------|--|-----------------------------|------------|-----------|---|--|-------------------------|-----------------------|---------------------------|-------------------------------------|------|-------|-------|
| | | | | | воздушно- сухих | водонасы- щенн. | воздушно- сухих | водонасы- щенн. | воздушно- сухих | водона- сыщенн. | | по скатанию | по разрыву | по излому | | | | свободное W_s | принудитель- ное W_c | | | | |
| 319 | Ильин-Кордонск. | 2.712 | 2.717 | 0.11 | 1971 | 1791 | 1461 | 263 | 379 | 141 | 83 | 55 | 79 | 1.32 | 0.91 | 0.67 | 1.00 | 119 | 781100 | 10 | 0.66 | 0.10 | 0.60 |
| 320 | » | 2.718 | 2.715 | 0.15 | 1900 | 1768 | 1797 | 296 | 313 | 88 | 45 | 41 | 135 | 0.78 | 0.93 | 0.83 | 0.96 | 116 | 741800 | 18 | 0.04 | 0.09 | 0.44 |
| 307 | Газанское | 2.718 | 2.722 | 0.00 | 1579 | 1568 | 1489 | 328 | 395 | 161 | 129 | 129 | 1.00 | 0.99 | 0.80 | >1.00 | 80 | 803200 | 19 | 0.05 | 0.06 | 0.83 | |
| 308 | » | 2.718 | 2.723 | 0.00 | 1828 | 1828 | 1799 | 363 | — | — | — | — | 1.14 | 1.00 | — | — | 93 | — | — | 0.63 | 0.08 | 0.38 | |
| 321 | » | 2.716 | 2.719 | 0.06 | 1702 | 1674 | 1674 | 365 | — | — | — | — | 1.50 | 0.99 | 0.89 | >1.00 | 114 | 729500 | 21 | 0.64 | 0.07 | 0.57 | |
| 322 | » | 2.705 | 2.699 | 0.02 | 1811 | 1789 | 1773 | 324 | 475 | — | 111 | 111 | 1.45 | 0.99 | 1.00 | >1.00 | 76 | 774700 | 15 | 0.02 | 0.04 | 0.50 | |
| 309 | Прохорово-Ба- дандинское | 2.718 | 2.714 | 0.16 | 1976 | 1493 | 1340 | 132 | 141 | 83 | 55 | 41 | 1.13 | 0.93 | 0.66 | >1.00 | 94 | 652000 | — | 0.10 | 0.17 | 0.59 | |
| 316 | Дополное | 2.708 | 2.703 | 0.24 | 755 | 730 | 4027 | 132 | 88 | 45 | 41 | — | — | 0.97 | 0.85 | >1.00 | — | — | — | 0.17 | 0.30 | 0.57 | |
| 359 | Заренд | 2.684 | 2.680 | 0.16 | 1667 | 1692 | 1458 | 269 | 105 | 105 | 99 | 47 | 1.79 | >1.00 | 0.94 | — | — | — | — | 10 | 0.41 | 0.37 | >1.00 |
| 360 | Оронтуй | 2.728 | 2.707 | 0.76 | 1193 | 1329 | 1196 | 286 | — | — | 74 | 47 | 0.87 | >1.00 | 0.64 | — | — | — | — | 10 | 0.12 | 0.24 | 0.50 |
| 361 | Сатка | 2.718 | 2.724 | 0.00 | 3454 | 3880 | 3394 | 718 | — | — | 188 | 183 | 0.60 | >1.00 | 0.97 | — | — | — | — | 45 | 0.09 | 0.19 | 0.47 |
| 364 | Пуштулим | 2.744 | 2.711 | 1.21 | 1531 | 1536 | 1414 | 302 | — | — | 166(?) | 61 | 1.56 | >1.00 | — | — | — | — | — | 11 | 0.11 | 0.10 | 1.00 |
| 365 | Козла | 2.737 | 2.708 | 1.24 | 1000 | 1087 | 963 | 180 | — | — | 70 | — | 1.92 | >1.00 | — | — | — | — | — | 10 | 0.15 | 0.15 | >1.00 |
| 380 | Саяны | 2.695 | 2.670 | 0.92 | 1349 | 1483 | 1330 | 241 | — | — | 83 | 50 | 0.91 | 0.88 | 0.60 | 0.98 | 49 | 729100 | 10 | 0.33 | 0.31 | >1.00 | |
| 383 | Тидимское | 2.728 | 2.696 | 1.14 | 1910 | 1628 | 1460 | 363 | 297 | 93 | 97 | 1.14 | 0.85 | >1.00 | 0.98 | 60 | 680000 | — | 0.16 | 0.19 | 0.84 | | |
| 384 | Молита | 2.720 | 2.681 | 1.68 | 1486 | 1332 | 1042 | 283 | 295 | 40 | 27 | 1.13 | 0.90 | 0.63 | >1.00 | 57 | 678600 | 6 | 0.27 | 0.50 | 0.54 | | |
| 385 | Шроша | 2.738 | 2.689 | 2.21 | 1789 | 1714 | 1622 | 226 | 200 | 86 | 76 | 1.21 | 0.96 | 0.88 | 0.88 | 65 | 686700 | 6 | 0.18 | 0.29 | 0.62 | | |
| 386 | Уфагек | 2.758 | 2.707 | 1.85 | 1610 | 1510 | 1456 | 309 | 258 | 123 | — | — | 1.82 | 0.94 | — | 0.84 | 69 | 746500 | 7 | 0.12 | 0.22 | 0.53 | |
| 347 | Нижний Тагил | 2.710 | 2.703 | 0.28 | 1454 | 1517 | 1342 | 305 | 271 | 81 | 72 | — | 1.40 | >1.00 | 0.89 | 0.89 | 60 | 737600 | 6 | 0.08 | 0.16 | 0.50 | |
| 398 | Магус | 2.742 | 2.714 | 1.08 | 1153 | 1316 | 1099 | 185 | — | — | 124 | 83 | 1.60 | >1.00 | 0.67 | — | 64 | 690000 | 7 | 0.10 | 0.18 | 0.56 | |
| 449 | Арвезан | 2.768 | 2.738 | 1.10 | 1837 | 1611 | 1230 | 247 | — | — | 113 | 105 | 1.26 | 0.89 | 0.93 | — | — | — | — | 7 | 0.11 | 0.14 | 0.79 |
| 450 | Хорыврат | 2.724 | 2.691 | 1.24 | 1213 | 851 | 1022 | 283 | — | — | 45 | 83 | 1.53 | 0.70 | >1.00 | — | 44 | 721300 | 6 | 0.41 | 0.45 | 0.91 | |
| 451 | Фоминское | 2.725 | 2.704 | 0.77 | 776 | 660 | 585 | 293 | — | — | 47 | 38 | 1.98 | 0.85 | 0.81 | — | 68 | 626700 | 4 | 0.28 | 0.37 | 0.76 | |
| 452 | Бетонорское | 2.863 | 2.842 | 0.71 | 1976 | 1668 | 2051 | 193 | — | — | 68 | 47 | 0.37 | 0.95 | 0.69 | — | 70 | 943800 | 8 | 0.13 | 0.17 | 0.76 | |
| 505 | Каркалинское | 2.726 | 2.700 | 0.95 | 1121 | 1314 | 1332 | 168 | — | — | 118 | 103 | 1.29 | >1.00 | 0.87 | — | 63 | 995800 | 5 | 0.27 | 0.29 | 0.93 | |
| 516 | Давалу | 2.726 | 2.703 | 0.95 | 1737 | 1443 | 1468 | 230 | — | — | 144 | 124 | 0.55 | 0.83 | 0.86 | — | 43 | 900000 | 7 | 0.15 | 0.18 | 0.83 | |

Мраморы

Примечание. Пропуски в таблице связаны с тем, что для некоторых проб оказались невозможными приготовить нужное количество образцов для испытаний.

500 м под нагрузкой около 500 г/см² истираемой площади, со скоростью около 35 м/сек. Истирающим материалом служил кварцевый песок с крупностью зерен 0.25—0.50 мм, равномерно подаваемый из расчета 500 г на каждый образец.

Удельная потеря в г/см² исчислялась отношением средней потери в весе к единице истираемой поверхности.

5. Испытание на скалывание производилось на прессе Гагарина на образцах сечением 5 × 5 см. Усилия передавались от пресса к образцу при помощи ножа из закаленной стали.

6. Испытание на удар было произведено на копке Педжа на стандартных образцах (цилиндры с высотой = диаметру = 25 мм).

Сводка всех результатов механических испытаний дается в сводной табл. 8.

Глава III

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ДОЛГОВЕЧНОСТИ

Каждому петрографическому типу породы соответствует своя методика расчета качественного числа, поэтому расчетные таблицы приходится давать для каждого типа в отдельности. Следуя принятому выше порядку описания, начинаем его с кварцитов.

1. Расчет качественного числа для кварцитов

Для песчаников (к которым относятся и кварциты) наиболее важными элементами структуры являются характер связи зерен и тип цемента. Приводим выдержку из соответствующей схемы Гиришвальда (стр. 452) (табл. 9).

Таблица 9¹

Качественное число (Q_1) для песчаников с чисто кварцевым контактным цементом

| Степень связанности зерен V_m | Число связей V_z | Тип цемента | | | |
|------------------------------------|-----------------------|--------------------|-----------|------------|------------|
| | | K_α | K_β | K_γ | K_δ |
| | | Качественное число | | | |
| 1 | 4—5 | 0.25 | 0.35 | 0.40 | 0.45 |
| 1 | 5—8 | 0.25 | 0.35 | 0.40 | 0.45 |
| 0.8—1 | 4—5 | 0.40 | 0.50 | 0.55 | 0.60 |
| 0.8—1 | 5—8 | 0.50 | 0.60 | 0.65 | 0.70 |

Для приведенной выше формулы шокшинского кварцита качественное число по структуре $Q_1 = 0.25$, дальше следует ряд поправочных таблиц: на пористость, которая дает нулевую поправку, посторонние примеси, слоистость, сцепление (сопротивление разрыву) и др.; поправку делаем только на величину временного сопротивления разрыву в насыщенном состоянии по табл. 10.

¹ Табл. 9 приводится в сокращенном виде.

Значение сцепления зерен (временное сопротивление разрыву)

| Качественное число по схеме I | Временное сопротивление разрыву насыщенного образца в кг/см ² | | | | |
|-------------------------------|--|-------|-------|-------|-------|
| | 150 | 125 | 93 | 72 | 56 |
| 0.25 | -0.1 | 0 | +0.13 | +0.25 | +0.35 |
| 0.50 | — | -0.1 | 0 | +0.13 | +0.25 |
| 0.75 | — | -0.25 | -0.15 | 0 | +0.13 |

Для шокшинского кварцита, где R насыщени. = 137 кг/см², поправка получается равной -0.1 , т. е. ведет к уменьшению качественного числа по структуре (и, следовательно, к увеличению долговечности). Окончательное значение $Q_1 = 0.25 - 0.1 = 0.15$. Это дает класс погодоустойчивости = I A.

2. Расчет качественных чисел для гранитов

Для гранитов важнейшими структурными факторами являются морфология кварца и тип полевошпатового выветривания. Для определения качественного числа по микроструктуре надлежит полученные в главе I (см. табл. 2) структурные формулы гранитов рассчитать по табл. 11.

В зависимости от количества слюды, строения гранита и его зернистости вносятся поправки по табл. 12.

Для гранитов с водопоглощением большим 0.5% надлежит также внести поправки за счет величины коэффициента насыщения. Весь расчет и вывод окончательных качественных чисел для гранитов дан в табл. 13.

3. Расчет качественных чисел для карбонатных пород

Основными структурными факторами, определяющими качество мраморов, являются размер зерна, характер сцепления и степень непрерывности сцепления. Менее существенны, но также влияют на оценку качества, — пористость и равномерность величины зерен, а также степень окремнения.

Пользуясь выведенными в главе I (см. табл. 3) структурными формулами, можно вычислить первый показатель, характеризующий породу, — качественное число по микроструктуре.

Для этого надлежит пользоваться, в зависимости от размера зерна, одной из четырех таблиц — табл. 14—17.

Следующей существенной поправкой является поправка на окремнение и включения кварцевого песка, для чего дана поправочная табл. 18.

Зависимость между отдельными физическими и механическими свойствами, определяющая теоретическую морозостойкость, устанавливается следующим образом.

Основными факторами являются коэффициент размокания η и коэффициент насыщения S .

Определение качественного числа Q_1 по микроструктуре

| Морфологии кварца | Типы выветривания полевых шпатов | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|----------------------------------|----------------|---------------------------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|-----------------------------------|---|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|
| | I ₁ | I ₂ | I ₃ , I ₄ | I ₅ | II ₁ | II ₂ | II ₃ | III ₁ | III ₂ | III ₃ , V ₁ | III ₄ , IV ₁ , V ₂ | IV ₂ | V ₃ | VI ₁ | VI ₂ | VII ₁ | VII ₂ |
| Ia Q ₅ | 0.25 | 0.35 | 0.45 | 0.60 | 0.7 | 0.8 | 0.9 | 1.0 | 1.2 | 1.4 | 1.6 | 1.8 | 1.8 | 2.0 | 2.3 | 2.4 | 2.8 |
| Ia Q ₄ | 0.26 | 0.36 | 0.46 | 0.61 | 0.71 | 0.81 | 1.0 | 1.1 | 1.3 | 1.5 | 1.7 | 1.9 | 1.9 | 2.1 | 2.4 | 2.7 | 3.0 |
| Ib Q ₅ | 0.35 | 0.45 | 0.60 | 0.75 | 0.85 | 0.95 | 1.05 | 1.2 | 1.4 | 1.6 | 1.8 | 2.0 | 2.0 | 2.2 | 2.7 | 3.2 | 3.6 |
| Ib Q ₄ | 0.36 | 0.46 | 0.61 | 0.76 | 0.86 | 0.96 | 1.06 | 1.3 | 1.5 | 1.7 | 1.9 | 2.1 | 2.1 | 2.4 | 2.9 | 3.7 | 4.0 |
| Ic Q ₅ | 0.27 | 0.35 | 0.41 | 0.62 | 0.72 | 0.82 | 1.01 | 1.11 | 1.31 | 1.51 | 1.71 | 1.91 | 1.91 | 2.11 | 2.41 | 2.6 | 3.0 |
| Ic Q ₄ | 0.28 | 0.37 | 0.48 | 0.63 | 0.73 | 0.83 | 1.02 | 1.12 | 1.32 | 1.52 | 1.72 | 1.92 | 1.92 | 2.12 | 2.42 | 3.0 | 3.3 |
| II Q ₅ | 0.26 | 0.36 | 0.46 | 0.61 | 0.71 | 0.81 | 1.0 | 1.1 | 1.3 | 1.5 | 1.7 | 1.9 | 1.9 | 2.1 | 2.4 | 2.8 | 3.2 |
| II Q ₄ | 0.27 | 0.37 | 0.47 | 0.62 | 0.72 | 0.82 | 1.01 | 1.12 | 1.31 | 1.51 | 1.71 | 1.91 | 1.91 | 2.11 | 2.41 | 3.0 | 3.4 |
| II Q ₃ | 0.29 | 0.39 | 0.49 | 0.64 | 0.74 | 0.84 | 1.03 | 1.14 | 1.33 | 1.53 | 1.73 | 1.93 | 1.93 | 2.13 | 2.43 | 3.4 | 3.75 |
| II Q ₂ | 0.32 | 0.42 | 0.52 | 0.67 | 0.77 | 0.87 | 1.06 | 1.17 | 1.36 | 1.56 | 1.76 | 1.96 | 1.96 | 2.16 | 2.46 | 3.8 | 4.1 |
| IIIa Q ₅ | 0.35 | 0.45 | 0.55 | 0.70 | 0.80 | 0.90 | 1.09 | 1.22 | 1.39 | 1.59 | 1.79 | 1.99 | 1.99 | 2.19 | 2.49 | 2.84 | 3.24 |
| IIIa Q ₄ | 0.37 | 0.47 | 0.57 | 0.72 | 0.82 | 0.92 | 1.11 | 1.24 | 1.41 | 1.61 | 1.81 | 2.01 | 2.01 | 2.22 | 2.52 | 3.14 | 3.54 |
| IIIa Q ₃ | 0.39 | 0.49 | 0.59 | 0.74 | 0.84 | 0.94 | 1.13 | 1.26 | 1.43 | 1.63 | 1.83 | 2.03 | 2.03 | 2.24 | 2.56 | 3.42 | 3.62 |
| IIIb Q ₅ | 0.43 | 0.53 | 0.61 | 0.78 | 0.89 | 0.98 | 1.17 | 1.3 | 1.47 | 1.67 | 1.87 | 2.07 | 2.05 | 2.28 | 2.61 | 3.38 | 3.8 |
| IIIb Q ₄ | 0.47 | 0.57 | 0.67 | 0.82 | 0.93 | 1.02 | 1.21 | 1.34 | 1.51 | 1.71 | 1.81 | 2.11 | 2.10 | 2.33 | 2.66 | 3.53 | 3.95 |
| IIIb Q ₃ | 0.52 | 0.62 | 0.72 | 0.87 | 0.97 | 1.07 | 1.26 | 1.39 | 1.56 | 1.76 | 1.93 | 2.16 | 2.16 | 2.30 | 2.79 | 3.60 | 4.20 |
| IIIc Q ₅ | 0.43 | 0.51 | 0.61 | 0.76 | 0.86 | 0.96 | 1.15 | 1.28 | 1.45 | 1.65 | 1.85 | 2.05 | 2.05 | 2.36 | 2.58 | 3.04 | 3.44 |
| IIIc Q ₄ | 0.44 | 0.54 | 0.64 | 0.79 | 0.89 | 0.99 | 1.18 | 1.31 | 1.48 | 1.68 | 1.89 | 2.07 | 2.07 | 2.30 | 2.63 | 3.35 | 3.75 |
| IIIc Q ₃ | 0.49 | 0.59 | 0.69 | 0.84 | 0.94 | 1.04 | 1.22 | 1.36 | 1.53 | 1.73 | 1.94 | 2.11 | 2.11 | 2.34 | 2.67 | 3.60 | 4.00 |
| IVa Q ₅ | 0.55 | 0.63 | 0.73 | 0.88 | 0.98 | 1.08 | 1.27 | 1.40 | 1.57 | 1.72 | 1.92 | 2.37 | 2.17 | 2.38 | 2.69 | 3.12 | 4.00 |
| IVa Q ₄ | 0.56 | 0.66 | 0.76 | 0.91 | 1.01 | 1.11 | 1.30 | 1.43 | 1.59 | 1.76 | 1.96 | 2.41 | 2.20 | 2.41 | 2.72 | 3.22 | 4.2 |
| IVa Q ₃ | 0.69 | 0.70 | 0.80 | 0.95 | 1.05 | 1.15 | 1.34 | 1.47 | 1.63 | 1.80 | 2.00 | 2.45 | 2.24 | 2.45 | 2.76 | 3.33 | 4.4 |
| IVb Q ₄ | 0.69 | 0.70 | 0.80 | 0.95 | 1.05 | 1.15 | 1.34 | 1.47 | 1.63 | 1.80 | 2.00 | 2.45 | 2.24 | 2.45 | 2.76 | 3.33 | 4.4 |
| IVb Q ₃ | 0.65 | 0.75 | 0.85 | 1.00 | 1.10 | 1.20 | 1.39 | 1.52 | 1.68 | 1.88 | 2.05 | 2.48 | 2.29 | 2.50 | 2.82 | 3.48 | 4.54 |
| IVb Q ₂ | 0.73 | 0.83 | 0.93 | 1.08 | 1.18 | 1.28 | 1.47 | 1.60 | 1.76 | 1.96 | 2.13 | 2.58 | 2.37 | 2.58 | 2.90 | 3.54 | 4.65 |
| IVc Q ₄ | 0.58 | 0.68 | 0.78 | 0.93 | 1.03 | 1.13 | 1.32 | 1.45 | 1.61 | 1.81 | 2.01 | 2.45 | 2.24 | 2.45 | 2.76 | 3.31 | 4.15 |
| IVc Q ₃ | 0.61 | 0.71 | 0.81 | 0.97 | 1.06 | 1.16 | 1.35 | 1.48 | 1.64 | 1.84 | 2.05 | 2.50 | 2.29 | 2.50 | 2.82 | 3.45 | 4.30 |
| IVc Q ₂ | 0.71 | 0.81 | 0.92 | 1.06 | 1.16 | 1.26 | 1.45 | 1.58 | 1.74 | 1.94 | 2.10 | 2.35 | 2.34 | 2.55 | 2.88 | 3.54 | 4.45 |
| V Q ₄ | 0.72 | 0.82 | 0.92 | 1.07 | 1.22 | 1.27 | 1.45 | 1.59 | 1.75 | 1.92 | 2.12 | 2.57 | 2.36 | 2.57 | 2.90 | 3.62 | 4.60 |
| V Q ₃ | 0.75 | 0.85 | 0.95 | 1.10 | 1.25 | 1.30 | 1.49 | 1.62 | 1.78 | 1.95 | 2.15 | 2.60 | 2.39 | 2.60 | 2.94 | 3.72 | 4.75 |
| V Q ₂ | 0.79 | 0.89 | 0.99 | 1.19 | 1.29 | 1.39 | 1.53 | 1.68 | 1.82 | 1.99 | 2.19 | 2.64 | 2.43 | 2.64 | 3.00 | 3.90 | 5.00 |

Коэффициент размокания

$$\eta = \frac{\text{временное сопротивление водонасыщенных образцов}}{\text{временное сопротивление воздушно-сухих образцов}},$$

причем η может устанавливаться при испытании на сжатие, разрыв и излом.

Нами принимается минимальное значение η , т. е. самый невыгодный из всех случаев применения камня. Для тех образцов, структура которых весьма неоднородна, мы не принимаем во внимание значения η , полученные при изломе или разрыве, так как ввиду малого сечения образца,

Поправки на коэффициент насыщения, зернистость, строение, содержание слюды и пирита

| | Качественное число Q_1 по табл. 10 | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|--------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 0.25 | 0.50 | 0.75 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 2.5 | 3.0 | 3.5 | 4.0 | 4.5 | 5.0 |
| Коэффициент насыщения S или S_F | | | | | | | | | | | | |
| 0.7 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 0.8 | +0.5 | +0.58 | +0.68 | +0.84 | +0.94 | +1.04 | +1.14 | +1.24 | +1.34 | +1.44 | +1.54 | +1.64 |
| 0.85 | 1.0 | 1.08 | 1.18 | 1.34 | 1.50 | 1.60 | 1.70 | 1.80 | 1.90 | 2.00 | 2.10 | 2.20 |
| 0.9 | 1.5 | 1.58 | 1.68 | 2.14 | 2.30 | 2.40 | 2.50 | 2.60 | 2.70 | 2.80 | 2.90 | 3.00 |
| и более | | | | | | | | | | | | |
| Содержание слюды | | | | | | | | | | | | |
| gl_1 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| gl_2 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| gl_3 | +0.05 | +0.05 | +0.05 | +0.10 | +0.15 | +0.20 | +0.3 | +0.4 | +0.5 | +0.6 | +0.7 | +0.8 |
| gl_4 | +0.1 | +0.1 | +0.15 | +0.2 | +0.3 | +0.4 | +0.5 | +0.6 | +0.7 | +0.8 | +0.9 | +1.0 |
| Зернистость | | | | | | | | | | | | |
| K_1 | — | — | — | -0.2 | -0.25 | -0.3 | -0.35 | -0.4 | -0.45 | -0.50 | -0.55 | -0.65 |
| K_2 | — | — | — | -0.1 | -0.15 | -0.2 | -0.25 | -0.3 | -0.35 | -0.40 | -0.45 | -0.50 |
| K_3 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| K_4 | +0.03 | +0.04 | +0.05 | +0.07 | +0.09 | +0.12 | +0.16 | +0.20 | +0.24 | +0.28 | +0.32 | +0.36 |
| K_5 | +0.06 | +0.07 | +0.08 | +0.10 | +0.15 | +0.20 | +0.25 | +0.30 | +0.35 | +0.40 | +0.45 | +0.50 |
| Строение | | | | | | | | | | | | |
| C_1 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| C_2 | +0.05 | +0.05 | +0.05 | +0.10 | +0.15 | +0.20 | +0.25 | +0.3 | +0.35 | +0.40 | +0.45 | +0.50 |
| C_3 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.9 | 1.0 |
| C_4 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.9 | 1.0 | 1.1 |
| C_5 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.9 | 1.0 | 1.1 | 1.2 | 1.3 |
| Содержание пирита | | | | | | | | | | | | |
| KS_1 | +0.2 | +0.21 | +0.22 | +0.40 | +0.44 | +0.42 | +0.43 | +0.44 | +0.45 | +0.46 | +0.47 | +0.48 |
| KS_2 | 0.3 | 0.32 | 0.34 | 0.60 | 0.61 | 0.62 | 0.63 | 0.64 | 0.65 | 0.66 | 0.67 | 0.68 |
| KS_3 | 0.5 | 0.53 | 0.56 | 0.8 | 0.81 | 0.82 | 0.82 | 0.83 | 0.84 | 0.85 | 0.86 | 0.87 |
| KS_4 | 0.7 | 0.74 | 0.78 | 1.2 | 1.21 | 1.22 | 1.23 | 1.24 | 1.25 | 1.26 | 1.27 | 1.28 |

равного примерно 4 см², влияние неоднородности затушевывает влияние размокания.

Для этих образцов нами принято значение η , полученное при опытах на сжатие. К ним относятся № 360, 380, 452, 505.

Теоретическая морозостойкость выводится по табл. 19 из соотношения между η и S (для пород с водонасыщением больше 0.6⁰/₀) или S_F (для пород с водонасыщением меньше 0.6⁰/₀).

Расчет качественного числа Q для гранитов

| Лабор. № | Местонахождение | Структурная формула | Тип полево-шпатового выветривания | Расчет значения Q_1 | Качество число (по микро-структуре) Q_2 | Водопоглощаемость в % по весу | Поправка на значение S_f | Класс погодоустойчивости |
|----------|---------------------------------------|--|-----------------------------------|-----------------------|---|-------------------------------|----------------------------|--------------------------|
| 314 | Янцевское | $IaQ_4f(s_{1-2}t_3z_0h)gl_2c_2k_3$ | II_2 | $0.81+0+0+0.05$ | 0.86 | 0.15 | 0 | I |
| 317 | Сайда-Губское | $IVaQ_4f(s_2t_1z_0h)gl_2c_2k_3$ | I_2 | $0.66+0+0+0.05$ | 0.71 | 0.18 | 0 | IC |
| 318 | Караньское | $IVcQ_3-4f(t_0-1sp_2z_0-1h)gl_1c_1k_2$ | I_2 | $0.69+0+0+0$ | 0.69 | 0.27 | 0 | IC |
| 362 | Уллу-Камское, 16-й километр | $IVbQ_3-4f(sp_2ct_3z_1a_1)gl_3c_2k_2$ | V_3 | $2.29+0+0.25+0$ | 2.54 | 0.20 | 0 | II—III |
| 363 | Кушуня | $IVcQ_3-4f(ct_3sp_3z_0-1a_1)gl_3c_2k_2$ | III_2 | $1.62+0.15-0.15+0.15$ | 1.77 | 0.31 | 0 | II |
| 372 | Эльджурта | $IVbQ_2f(sp_4s_3t_2z_0h)gl_3k_4c_2$ | III_2 | $1.76+0.15+0.09+0.15$ | 2.15 | 1.34 | 0 | II |
| 373 | Турчинское (лабрадорит) | $VQ_2(sp_5s_5z_0t_1h)k_4c_2gl_1$ | I_3 | $0.99+0.07+0.1$ | 1.16 | 0.13 | 0 | I |
| 444 | Уллу-Камское, Бараныльбы | $IVbQ_3-4f(ct_3sp_2z_0-1h)gl_3c_2k_2$ | II_2 | $1.17+0.1-0.1+0.1$ | 1.27 | 0.31 | 0 | I—II |
| 445 | Уллу-Камское, Ак-Тюбе | $IVcQ_3-4f(t_2sp_2z_0h)gl_3c_2k_2$ | II_2 | $1.15+0.10-0.10+0.10$ | 1.25 | 0.26 | 0 | I до I—II |
| 446 | Кушуня | $IVbQ_3-4f(t_3-1sp_2z_0-1a_1)gl_2c_3k_2$ | III_2 | $1.65+0+0.35-0.17$ | 1.83 | 0.39 | 0 | II |
| 447 | » | $VbQ_3-4f(ct_2sp_2z_1h)gl_3c_2k_2$ | II_2 | $1.29+0.1-0.1+0.1$ | 1.59 | 0.35 | 0 | I—II |
| 504 | Питерлакское | $IIIcQ_3f(s_2t_3z_0h)gl_2c_2k_3$ | II_2 | $1.04+0+0.1+0$ | 1.14 | 0.33 | 0 | I |

Тип А. Мезокристаллические мраморы

| Характер образования зерен | Контактные плоскости зерен | | | Прочность сцепления зерен | | | | Степень равномерности зерен | | | | Характер пористости | | | | |
|---|---|------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|---|---|------------------------------------|---|-----------|------------------------------|------------------------------|-------|
| | зубчатые z ₁ | гладкие z ₂ | без резких граней z ₃ | плотное соединение β ₁ | довольно плотное β ₂ | довольно рыхлое β ₃ | рыхлое соединение β ₄ | равномерная g ₁ | сравнительно равномерная g ₂ | сравнительно неравномерная g ₃ | очень неравномерная g ₄ | с включением мелкозернистых участков g ₅ | плотный P | тонкопористый P ₁ | мелкопористый P ₂ | |
| d ₁ непосредственное . . . | Качественное число (верность 0,7—5,0 мм) | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1—1,5 | 1,2—1,7 | 1,5—II | 0 | ±0,5 | ±0,7 | ±0,9 | 0 | ±0,005 | ±0,1 | ±0,2 | ±0,5 | 0 | ±0,5 | ±0,6 | |
| | d ₂ посредством микрокристаллической массы | 1,3—1,8 | I,5—II | 1,8—II,3 | 0 | ±0,4 | ±0,6 | ±0,8 | 0 | 0 | ±0,05 | ±0,1 | ±0,4 | 0 | ±0,45 | ±0,55 |
| | d ₃ посредством кристоллической массы | 1,8—II,3 | II—II,5 | II,3—II,8 | 0 | ±0,3 | ±0,5 | ±0,7 | 0 | 0 | ±0,05 | ±0,3 | 0 | ±0,4 | ±0,5 | |
| d ₄ посредством цементной морфной массы | III—III,5 | II,3—III,8 | III,5—IV,2 | 0 | ±0,2 | ±0,4 | ±0,6 | 0 | 0 | 0 | ±0,2 | 0 | ±0,35 | ±0,45 | | |
| d ₅ посредством глинистой или охристой массы | IV,5—V | IV,9—V,4 | V,5—VI | 0 | ±0,1 | ±0,3 | ±0,5 | 0 | 0 | 0 | ±0,1 | 0 | ±0,3 | ±0,4 | | |

Тип В. Мезокристаллические мраморы

| Характер срастания зерен | Контактные плоскости зерен | | | Прочность сцепления зерен | | | | Степень равномерности зерен | | | | | Характер пористости | | | | | |
|--|---|---------------|-------------------------|---------------------------------|----------------------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------------|------------------------------------|-----------------------------|--|---------------------|------------------------|------------------------|-------------------|----------------------------|----------------------------|
| | зубчатые z_1 | гладкие z_2 | без резких границ z_3 | плотное соединение β_1 | довольно плотное β_2 | довольно рыхлое β_3 | рыхлое соединение β_4 | равномерная ξ_1 | сравнительно равномерная ξ_2 | сравнительно неравномерная ξ_3 | очень неравномерная ξ_4 | с включением мелкозернистых участков ξ_5 | плотный ρ | тонкопористый ρ_1 | мелкопористый ρ_2 | ячеистый ρ_3 | слабо кавернозный ρ_4 | грубо кавернозный ρ_5 |
| | Качественное число (зернистость 0.25—0.7) | | | И о п р а в о ч н ы е ч и с л а | | | | | | | | | | | | | | |
| b_1 непосредственное . . . | IC—1.2 (0.75—1.2) | 1—1.4 | 1.4—1.8 | 0 | +0.4 | +0.6 | +0.8 | 0 | +0.05 | +0.1 | +0.2 | +0.5 | 0 | +0.4 | +0.5 | +0.6 | +0.7 | +0.8 |
| b_2 посредством микрокристаллической массы . . . | 1.1—1.5 | 1.3—1.7 | 1.7—II.1 | 0 | +0.3 | +0.5 | +0.7 | 0 | 0 | +0.05 | +0.1 | +0.4 | 0 | +0.35 | +0.45 | +0.55 | +0.65 | +0.75 |
| b_3 посредством криптокристаллической массы . . . | 1.6—II | 1.8—II.2 | II.2—II.6 | 0 | +0.2 | +0.4 | +0.6 | 0 | 0 | 0 | +0.05 | +0.3 | 0 | +0.3 | +0.4 | +0.5 | +0.6 | +0.7 |
| b_4 посредством пелитоморфной массы . . . | II.8—III.2 | III.1—III.5 | III.6—IV | 0 | +0.1 | +0.3 | +0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | +0.2 | +0.3 | +0.4 | +0.5 | +0.6 |
| b_5 посредством глинистой или охристой массы . . . | IV.3—IV.7 | IV.7—V.1 | V.4—V.8 | 0 | +0.05 | +0.2 | +0.4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | +0.25 | +0.35 | +0.45 | +0.55 | +0.65 |

Тип С. Микрокристаллические известняки

| Характер сра- стания зерен | Каче- ственное число | Прочность сцепления зерен | | | Степень равномерности зерен | | | | Характер пористости | | | | | | |
|--|----------------------------|------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|------------------------|---|---|-------------------------------------|----------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| | | плотное сос- единение β_1 | довольно плотное β_2 | довольно рыхлое β_3 | рыхлое соедине- ние β_4 | равномер- ная g_1 | сравни- тельно равномер- ная g_2 | сравни- тельно не- равномер- ная g_3 | очень пе- равномер- ная g_4 | плотный P | топко- пористый P_1 | мелко- пористый P_2 | лчешный P_{3-4} | слабо наверзно- ный P_5 | грубо каверзно- вый P_6 |
| П о п р а в о ч н ы е ч и с л а | | | | | | | | | | | | | | | |
| b_1 непосред- ственное . . . | 1A=0.25 | 0 | +0.6 | +0.7 | +0.9 | 0 | +0.05 | +0.1 | +0.2 | 0 | +0.15 | +0.25 | +0.35 | +0.45 | +0.55 |
| b_2 посредством микрокри- сталлической массы | 1 | 0 | +0.5 | +0.75 | +0.95 | 0 | 0 | +0.05 | +0.15 | 0 | +0.2 | +0.3 | +0.4 | +0.5 | +0.6 |
| b_3 посредством криптомри- сталлической массы | 1.5 | 0 | +0.55 | +0.8 | +1.0 | 0 | 0 | 0 | +0.1 | 0 | +0.25 | +0.35 | +0.45 | +0.55 | +0.65 |
| b_4 посредством пелитоморф- ной массы . . | III | 0 | +0.6 | +0.9 | +1.1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | +0.3 | +0.4 | +0.5 | +0.6 | +0.7 |
| b_5 посредством глинистой или охристой массы | IV | 0 | +0.7 | +1.0 | +1.2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | +0.35 | +0.45 | +0.55 | +0.66 | +0.75 |

| Характер срастания зерен | Качеств. число Q | Прочность сцепления | | | | Характер пористости R ₁ -R ₂ |
|--------------------------|------------------|------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|--|
| | | плотное соедине-ние β ₁ | довольно плотное β ₂ | довольно рыхлое β ₃ | рыхлое соедине-ние β ₄ | |

Криптокристаллические известняки

| Тип D ₁ | | | | | | По табл. 16 |
|--|------|---|------|------|------|-------------|
| b ₃ посредством криптокристаллической массы | II | 0 | +0.5 | +1.0 | +1.5 | |
| b ₄ посредством пелитоморфной массы | II.8 | 0 | +0.7 | +1.5 | +2.3 | |

Пелитоморфные известняки

| Тип D ₂ | | | | | | По табл. 16 |
|---|-----|---|------|------|------|-------------|
| b ₄ посредством пелитоморфной массы | III | 0 | +0.7 | +1.5 | +2.3 | |
| b ₅ посредством глинистой или охристой массы | IV | 0 | +1.0 | +1.8 | +2.6 | |

Таблица 18

Поправка на окремнение

| Степень окремнения | Классе погодоустойчивости | | | | | | | | | |
|--|---------------------------|-------|-------|-------|------|------|--------|------|------|------|
| | IA | IB | IC | I | I-II | II | II-III | III | IV | V |
| Очень слабое, q ₁ | 0 | -0.05 | -0.1 | -0.15 | -0.2 | -0.3 | -0.4 | -0.6 | -0.8 | -1.0 |
| Слабое, q ₂ | 0 | -0.1 | -0.15 | -0.12 | -0.3 | -0.4 | -0.6 | -0.8 | -1.0 | -1.2 |
| Среднее, q ₃ | 0 | -0.15 | -0.2 | -0.3 | -0.4 | -0.6 | -1.0 | -1.0 | -1.2 | -1.9 |
| Сильное, q ₄ | 0 | -0.2 | -0.3 | -0.4 | -0.6 | -0.8 | -1.0 | -1.2 | -1.9 | -2.5 |

Поправки на включение кварцевого песка

| | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Значительное (20—30%) | 0 | 0 | 0 | +0.1 | +0.2 | +0.3 | +0.4 | +0.5 | +0.7 | +0.9 |
| Очень значительное (35—40%) | до +0.1 | до +0.2 | до +0.3 | до +0.4 | до +0.5 | до +0.6 | до +0.7 | до +0.8 | до +1.0 | до +1.2 |

Полученное из табл. 19 значение теоретической морозостойкости надлежит исправить за счет абсолютной величины «приведенного» временного сопротивления разрыву в водонасыщенном состоянии R₁.

Под «приведенным» временным сопротивлением разрыву R₁ подразумевается нагрузка на 1 см² сечения образца, необходимая для его разрыва, при условии, что образец лишен пор. Исходя из предположения, что в процессе опыта нагрузка распределяется не по всему сечению образца, а лишь по той его части, которая лишена пор, и рассматривая зернистые пористые тела как систему соприкасающихся шаров, Гиршвальд путем геометрического решения вывел некоторый коэффициент f. Этот коэффициент f, меняющийся от степени пористости, характеризует то влияние, которое она оказывает на прочность.

Определение показателя теоретической морозостойкости

| Коэффициент размокания γ | Коэффициент насыщения S или S_r | | | | | | | | |
|---------------------------------|-----------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 0.5 | 0.55 | 0.60 | 0.65 | 0.70 | 0.75 | 0.80 | 0.85 | 0.90 |
| 0.30 | 2 | 2.5 | 3 | 3.5 | 4 | 4.5 | 5 | 6 | 6 |
| 0.35 | 1.8 | 2.3 | 2.8 | 3.3 | 3.8 | 4.3 | 4.8 | | |
| 0.40 | 1.6 | 2.1 | 2.6 | 3.1 | 3.6 | 4.1 | 4.7 | 5.8 | 6 |
| 0.45 | 1.4 | 1.9 | 2.4 | 2.9 | 3.4 | 3.9 | 4.4 | | |
| 0.50 | 1.2 | 1.7 | 2.2 | 2.7 | 3.2 | 3.7 | 4.2 | 5.6 | 6 |
| 0.55 | 1 | 1.5 | 2 | 2.5 | 3 | 3.5 | 4 | | |
| 0.60 | 0.8 | 1.3 | 1.8 | 2.3 | 2.8 | 3.3 | 3.8 | 5.4 | 5.2 |
| 0.65 | | 1.1 | 1.6 | 2.1 | 2.6 | 3.1 | 3.6 | 5.2 | |
| 0.70 | 0.6 | 0.9 | 1.4 | 1.9 | 2.4 | 2.9 | 3.4 | 5 | 5.8 |
| 0.75 | | | 1.2 | 1.7 | 2.2 | 2.7 | 3.2 | 4.8 | |
| 0.80 | 0.4 | 0.5 | 1 | 1.5 | 2 | 2.5 | 3 | 4.6 | 5.6 |
| 0.85 | | | 1.3 | 1.8 | 2.3 | 2.8 | 3.3 | 4.4 | 5.4 |
| 0.90 | 0.25 | 0.75 | 1.1 | 1.6 | 2.1 | 2.6 | 3.1 | 4.2 | 5.2 |
| 0.95 | | | | 1.5 | 2 | 2.5 | 3 | 4 | 5 |

Если бы тело было абсолютно плотным, коэффициент f равнялся бы единице. С ростом пористости значение f падает, т. е. для разрыва тела с возрастающей пористостью необходимо прилагать все меньшие нагрузки. Таким образом, для получения „приведенного“ временного сопротивления R_1 , т. е. того, которое имел бы образец данной породы, но абсолютно плотной, нужно полученное при испытаниях значение временного сопротивления разрыву разделить на величину f по формуле:

$$R_1 = \frac{R \cdot 100}{f}$$

Значения f в зависимости от пористости P приведены ниже (табл. 20).

Таблица 20

| P | f | P | f | P | f | P | f | P | f | P | f |
|---|-------|----|-------|----|-------|----|-------|----|-------|---------|------|
| 1 | 93.54 | 9 | 57.96 | 17 | 40.25 | 25 | 27.09 | 33 | 16.34 | 41 | 6.97 |
| 2 | 88.81 | 10 | 55.41 | 18 | 38.43 | 26 | 25.67 | 34 | 15.07 | 42 | 5.89 |
| 3 | 81.87 | 11 | 52.86 | 19 | 36.66 | 27 | 24.25 | 35 | 13.84 | 43 | 4.81 |
| 4 | 76.02 | 12 | 50.01 | 20 | 35.04 | 28 | 22.87 | 36 | 12.66 | 44 | 3.78 |
| 5 | 71.36 | 13 | 48.29 | 21 | 33.28 | 29 | 21.50 | 37 | 11.53 | 45 | 2.85 |
| 6 | 67.78 | 14 | 46.14 | 22 | 31.66 | 30 | 20.17 | 38 | 10.36 | 46 | 1.72 |
| 7 | 64.00 | 15 | 44.07 | 23 | 30.14 | 31 | 18.85 | 39 | 9.23 | 47 | 0.69 |
| 8 | 60.91 | 16 | 42.11 | 24 | 28.61 | 32 | 17.57 | 40 | 8.05 | 47.6401 | 0.00 |

Необходимо, однако, помнить, что значения приведенного временного сопротивления R_1 являются условными величинами и при инженерных расчетах во внимание не могут быть приняты.

Поправки на величину R_1 принимаются с учетом значения S , для чего дается табл. 21 поправочных множителей.

Умножением значения теоретической морозостойкости, полученного по табл. 19, на поправочный множитель из табл. 21, получаем исправленное значение теоретической морозостойкости.

Таблица 21

Поправочные множители

| Значение R_1 в кг/см ² ¹ | Коэффициент насыщения S | | | | |
|---|-------------------------|------|------|------|------|
| | 0.7 | 0.75 | 0.8 | 0.85 | 0.9 |
| 20 | ×1.4 | ×1.4 | ×1.3 | ×1.3 | ×1.2 |
| 25 | 1.3 | 1.3 | 1.2 | 1.2 | 1.1 |
| 30 | 1.2 | 1.2 | 1.1 | 1.1 | — |
| 40 | 1.1 | 1.1 | 1.05 | 1.05 | — |
| 50 | 1.05 | 1.05 | — | — | — |
| 60 | — | — | — | — | — |
| 70 | 0.85 | 0.85 | 0.95 | 0.95 | 0.95 |
| 80 | 0.8 | 0.8 | 0.9 | 0.95 | 0.95 |
| 90 | 0.8 | 0.8 | 0.9 | 0.9 | 0.95 |
| 100 | 0.75 | 0.75 | 0.85 | 0.9 | 0.9 |

Это исправленное значение сопоставляется с исправленным качественным числом Q_1 , для чего служит табл. 22.

Поправки, получаемые по этой таблице, нужно прибавить к исправленному значению Q_1 , откуда и получается окончательное число Q_1 , определяющее класс погодоустойчивости.

Таблица 22

Поправка на показатель теоретической морозостойкости

| Качественное число по ми- кроскопуре Q_1 | Исправленные значения теоретической морозостойкости | | | | | | | | | |
|---|---|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 1-2 | 2 | 2-3 | 3 | 3-4 | 4 | 4-5 | 5 | 5-6 | 6 |
| 0.25 | +0.25 | +0.75 | +1.3 | +2.0 | +2.5 | +3.0 | +3.5 | +4.0 | +4.5 | +5.0 |
| 0.50 | +0.20 | +0.65 | 1.2 | 1.9 | 2.4 | 2.9 | 3.4 | 3.9 | 4.4 | 4.9 |
| 0.75 | +0.15 | 0.55 | 1.1 | 1.78 | 2.3 | 2.8 | 3.3 | 3.8 | 4.3 | 4.8 |
| 1 | +0.1 | 0.45 | 0.8 | 1.7 | 2.2 | 2.7 | 3.2 | 3.7 | 4.2 | 4.7 |
| 1.5 | +0.1 | 0.35 | 0.6 | 1.3 | 1.9 | 2.4 | 2.9 | 3.4 | 3.9 | 4.4 |
| 2 | — | 0.1 | 0.5 | 1.0 | 1.6 | 2.1 | 2.6 | 3.1 | 3.6 | 4.1 |
| 2.5 | — | — | 0.3 | 0.7 | 1.3 | 1.8 | 2.3 | 2.8 | 3.3 | 3.8 |
| 3 | — | — | — | 0.4 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 2.5 | 3.0 | 3.5 |
| 3.5 | — | — | — | 0.1 | 0.7 | 1.2 | 1.7 | 2.2 | 2.7 | 3.2 |
| 4 | — | — | — | — | 0.4 | 0.9 | 1.4 | 1.9 | 2.4 | 2.9 |
| 4.5 | — | — | — | — | 0.1 | 0.6 | 1.1 | 1.6 | 2.1 | 2.6 |
| 5 | — | — | — | — | — | 0.3 | 0.8 | 1.3 | 1.8 | 2.3 |
| 5.5 | — | — | — | — | — | — | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 |
| 6 | — | — | — | — | — | — | 0.2 | 0.7 | 1.2 | 1.7 |

Примечание. При исправленных значениях теоретической морозостойкости, значительно меньших единицы, поправка не делается.

Для исследованных нами мраморов весь вывод по вышеизложенному методу приведен в табл. 23 на стр. 116—117.

¹ При больших значениях R_1 (более 100 кг/см²) и малых значениях S (меньше 0.7) берется наиболее благоприятный множитель 0.75.

4. Характеристика повреждений камня

Долговечность в натуре определяется степенью и характером повреждений камня.

Можно выделить, грубо говоря, три формы проявления выветривания.

1. Повреждения распространяются на поверхности и внутри камня с одинаковой интенсивностью. Эта форма присуща породам со средней пористостью, например песчаникам.

2. Повреждения развиваются, главным образом, на поверхности. Внутренние части камня выветриваются незначительно. Наблюдаются, главным образом, на изверженных породах.

3. Повреждения наблюдаются на большой глубине в камне, с поверхности менее заметны. Этот тип разрушения свойствен всем породам, подверженным действию мороза.

Переходя к численной характеристике повреждений, следует разделить их на поверхностные и глубинные, пользуясь приведенными в табл. 24 индексами. Более высокими индексами 1, 2, 3... 6 обозначаются более интенсивные повреждения.

Таблица 24

Индексы повреждений по Гиршвальду

| Индекс | Поверхностные | | Индекс | Глубинные |
|--------|---|----------------------------|--------|-----------|
| | повреждения заметны на площади приблизительно | глубина отдельных дефектов | | |
| 1 | 10 см ² | до 2 мм | 1 | Незаметно |
| 2 | 50 » | » 3 » | 2 | в 1 см |
| 3 | 100 » | 4—6 » | 3 | » 2 » |
| 4 | 200 » | 7—12 » | 4 | » 3 » |
| 5 | 300 » | 13—20 » | 5 | » 4 » |
| 6 | 400 » | 21—30 » | 6 | » 5 » |

В зависимости от преобладания того или иного фактора в процессе выветривания, характер повреждений, по наблюдениям в натуре, меняется.

Если преобладают факторы размокания, растворения, вымывания, то сильнее развиваются поверхностные формы повреждений. Графически это можно изобразить линией Е (фиг. 1).

Если преобладает морозное выветривание, то нарастание повреждений пойдет по линии С.

Если все факторы действуют с равной силой, то повреждения будут нарастать по линии А.

Сопоставляя повреждения, наблюдаемые на 1059 постройках в возрасте от 12 до 1850 лет с полученными им по вышеуказанным методам качественными числами, Гиршвальд составил таблицу, выдержки из которой мы приводим.

Пользуясь приведенными в табл. 24 индексами, можно определить, через какой срок повреждения в камне, обладающем данным качественным числом, достигнут размеров, характеризуемых данными индексами.

В облицовках зданий, например Дворца Советов, будут иметь место процессы растворения и выщелачивания в результате совместного

| Лаб. № | Месторождение | Структурная формула | Расчет значения Q |
|--------|----------------------------------|--|--|
| 304 | Кибики-Кордонское . . . | $B_2z_2b_{1-2}\beta_2g_5P$ | $1.7+0.5+0.4+0=2.6$ |
| 305 | » » . . . | $B_2z_1-2b_1\beta_2g_4Pq_1$ | $1.4+0.4+0.2+0=2.0$ |
| 306 | » » . . . | $C_2b_2\beta_2g_4Pq_1$ | $1.0+0.5+0.15+0=1.65$ |
| 319 | » » . . . | $B_2z_2b_1\beta_2g_3Pq_1$ | $1.4+0.4+0.1+0=1.9$ |
| 320 | » » . . . | $B_2z_2b_1\beta_2g_4Pq_1$ | $1.4+0.4+0.2+0=2.0$ |
| 307 | Газганское | $C_1b_2\beta_2g_3Pq_1$ | $1.0+0.6+0.1+0=1.7$ |
| 308 | » | $C_1b_2\beta_2g_3Pq_1$ | $1.0+0.6+0.1+0=1.7$ |
| 324 | » | $C_1b_2\beta_2g_3Pq_1$ | $1.0+0.6+0.05+0=1.65$ |
| 322 | » | $C_2b_2\beta_2g_4P$ | $1.0+0.6+0.2+0=1.8$ |
| 309 | Прохорово-Баландинское | $C_1b_2\beta_2g_3P$ | $1.0+0.6+0.1+0=1.7$ |
| 316 | Лопотское | $B_2z_2b_1\beta_2g_4P$ | $1.7+0.4+0.2+0=2.3$ |
| 359 | Заркенд | $C_2b_2\beta_2g_3P$ | $1.0+0.5+0.05+0=1.55$ |
| 360 | Ороктуой | $C_1b_2\beta_2g_4Pq$ | $1.0+0.5+0.15+0=1.65$ |
| 361 | Сатка | $C_1b_{1-2}\beta_1g_1P$ | $0.75+0+0+0=0.75$ |
| 364 | Пуштулим | $B_2z_1-2b_2\beta_2g_5Pq_1$ | $\frac{1.6+2.2}{2} + 0.4+0.3+0=2.6$ |
| | | $C_3b_3\beta_3g_5Pq_1$ | $1.5+0.8+0.1+0=2.4$ |
| 365 | Козлга | $B_1z_2b_{1-2}\beta_{1-2}g_3P_1$ | $\frac{1.2+1.5}{2} + 0.2+0.05+0.35=1.95$ |
| 380 | Салиэти | $D_2b_4\beta_1P$ | $3.0+0+0=3.0$ |
| 383 | Гидамское | $C_1b_5\beta_1P_1q_1$ | $4.0+0+0.35=4.35$ |
| 384 | Молита | $D_2b_4\beta_2P_1$ | $3.0+0.7+0.3=4.0$ |
| 385 | Шроша | $D_2b_4\beta_1P_2$ | $3.0+0+0.4=3.4$ |
| 386 | Уфалей | $B_1z_2b_1\beta_1g_3P_1$ | $1.2+0+0.1+0.4=1.7$ |
| 397 | Нижний Тагил | $D_1D_2b_{3-4}\beta_1P$ | $2.7+0+0=2.7$ |
| 398 | Маук | $B_1z_2\beta_1b_1g_5P$ | $1.4+0+0.5+0=1.9$ |
| 449 | Агверан | $\frac{2}{3}(B_1z_1-2b_1\beta_2g_2P)$ $\frac{1}{3}(B_1z_1-2b_5\beta_2g_2P)$ | $\frac{2}{3}(\frac{1.0+1.2}{2} + 0.4+0.05+0) = \frac{2}{3} \times 1.55$ $\frac{1}{3}(IV.7+0.05+0+0) = \frac{1}{3} \times IV.75$ |
| 450 | Хорвираб | $B_2z_1-2b_{1-2}\beta_2g_5P_2$ | $\frac{1.0+1.2+1.5+1.3}{4} + 0.35+$ $+0.45+0.47=2.52$ |
| 451 | Фоминское | $B_2z_2b_{1-2}\beta_2g_4Pok_2$ | $1.7+0.4+0.1+0=2.2$ |
| 452 | Белогорское | $C_2b_2\beta_2g_3Pq$ | $1.0+0.5+0.05+0=1.55$ |
| 505 | Наркадинское | $B_2z_2b_1\beta_2g_3Pk_1$ | $1.2+0.4+0.1+0=1.7$ |
| 506 | Давалу | $D_2Cb_4\beta_2g_5Pq_1$ | $3.0+0.65+0+0=3.65$ |

| Поправка на окремнение | Исправл. качеств. число по микростр. Q_1 | Коэффициент размокания μ | Коэффициент насыщения δ | Теоретическая морозостойкость | Приведенное временное сопротивление, разрыву, в кг/см ² R_t | Поправочный множитель | Исправл. значение теоретич. морозостойкости | Класс погодо-условийности |
|------------------------|--|------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|--|-----------------------|---|---------------------------|
| 0 | 2.6 | 0.90 | 0.58 | 0.70 | 51 | — | 0.7 | II—III |
| -0.3 | 1.7 | 0.94 | 0.68 | 1.30 | 41 | ×1.1 | 1.4 | II |
| -0.2 | 1.45 | 0.73 | 0.55 | 0.9 | 79 | ×0.75 | 0.7 | I—II |
| -0.3 | 1.6 | 0.67 | 0.45 | 0.6 | 79 | ×0.8 | 0.5 | I—II |
| -0.3 | 1.7 | 0.83 | 0.33 | 0.4 | 135 | ×0.75 | 0.3 | II |
| -0.45 | 1.55 | 0.80 | 0.62 | 1.4 | 129 | ×0.75 | 1.1 | I—II |
| -0.15 | 1.55 | 1.0 | 0.28 | 0.25 | — | — | 0.25 | I—II |
| -0.15 | 1.5 | 0.89 | 0.43 | 0.25 | 77 | ×0.8 | 0.25 | I—II |
| 0 | 1.8 | 0.99 | 0.37 | 0.25 | 111 | — | 0.25 | II |
| 0 | 1.7 | 0.66 | 0.44 | 0.80 | 55 | — | 0.8 | I—II |
| 0 | 2.3 | 0.85 | 0.42 | 0.4 | 41 | ×1.1 | 0.45 | II—III |
| 0 | 1.55 | 0.94 | 0.75 | 2.0 | 99 | ×0.75 | 1.5 | I—II до II |
| 0 | 1.65 | 1.00 | 0.40 | 0.25 | 49 | — | 0.25 | — |
| 0 | 0.75 | 0.97 | 0.40 | 0.25 | 188 | — | 0.25 | IC |
| -0.4 | 2.1 | 1.00 | 0.75 | 2.0 | 66 | — | 2.0 | II |
| 0 | 1.95 | 1.00 | 0.75 | 2.0 | — | — | 2.00 | II |
| 0 | 3.0 | 0.88 | 0.75 | 2.2 | 53 | ×1.05 | 2.30 | IV |
| -0.3 | 4.05 | 0.85 | 0.63 | 1.3 | 103 | ×0.9 | 1.17 | IV |
| 0 | 4.0 | 0.63 | 0.40 | 0.6 | 30 | ×1.2 | 0.75 | IV |
| 0 | 3.4 | 0.88 | 0.47 | 0.4 | 87 | ×0.8 | 0.3 | III—IV |
| 0 | 1.7 | 0.94 | 0.41 | 0.25 | 62 | — | 0.25 | I—II |
| 0 | 2.7 | 0.89 | 0.38 | 0.25 | 74 | — | 0.25 | III |
| 0 | 1.9 | 0.67 | 0.42 | 0.6 | 83 | ×0.8 | 0.5 | II |
| 0 | 2.62 | 0.89 | 0.59 | 0.75 | 100 | ×0.75 | 0.56 | II—III |
| 0 | 2.52 | 0.70 | 0.68 | 2.4 | 90 | ×0.8 | 1.9 | II—III |
| 0 | 2.20 | 0.81 | 0.57 | 0.90 | 40 | 1.1 | 1.0 | II—III |
| +0.2 | 1.75 | 0.95 | 0.57 | 0.75 | 40 | — | 0.75 | II |
| +0.4 ¹ | 2.1 | 1.0 | 0.70 | 1.5 | 110 | ×0.75 | 1.13 | II |
| -0.7 | 2.95 | 0.83 | 0.63 | 1.3 | 132 | — | 1.3 | III |

¹ Поправка на пирит.

действия осадков и загрязненной атмосферы. Будут иметь место также повреждения, вызванные совместным действием воды и мороза.

Поэтому мы исходим из предположения, что нарастание повреждений будет иметь место по линии А (фиг. 1), т. е. будет характеризоваться индексами:

1—1; 2—2; 3—3; 4—4; 5—5; 6—6.

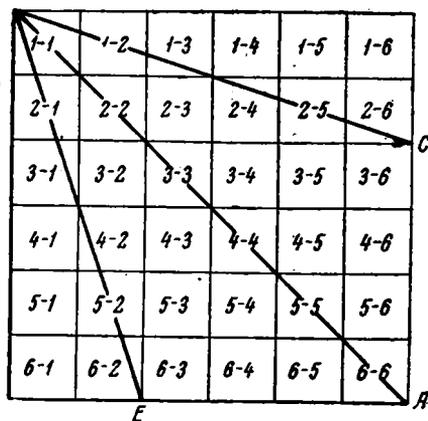


Рис. 1. График характеристики повреждений камня при различных типах выветривания.

Для этой последовательности в нарастании повреждений мы получим зависимости между качественными числами и наблюдаемой долговечностью, приведенные в табл. 25.

Таблица 25

Зависимости долговечности от качественных чисел и индексов

| Качественное число и класс погодоустойчивости | Средний возраст построек, на которых наблюдались повреждения, обозначаемые индексами | | | | | |
|---|--|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 1—1 | 2—2 | 3—3 | 4—4 | 5—5 | 6—6 |
| 0.25 IA | 650 лет | 1 200 лет | — | — | — | — |
| 0.50 IB | 475 » | 875 » | 1 460 лет | — | — | — |
| 0.75 IC | 350 » | 640 » | 1 070 » | 1 625 лет | — | — |
| 1 I | 220 » | 400 » | 675 » | 1 025 » | 1 460 лет | — |
| 1.5 I—II | 135 » | 250 » | 400 » | 630 » | 900 » | 1 200 лет |
| 2 II | 75 » | 130 » | 220 » | 330 » | 480 » | 650 » |
| 2.5 II—III | 38 » | 70 » | 115 » | 175 » | 250 » | 340 » |
| 3 III | 20 » | 37 » | 62 » | 95 » | 135 » | 180 » |
| 4 IV | — | 20 » | 33 » | 50 » | 72 » | 100 » |
| 5 V | — | — | 18 » | 28 » | 40 » | 55 » |
| 6 VI | — | — | — | 16 » | 23 » | 32 » |

5. Расчет теоретической долговечности

На основании табл. 25 долговечность можно предсказать следующим образом.

Допустим, что по погодоустойчивости порода относится к классу III; тогда первые повреждения появятся через 20 лет (индекс 1 : 1). Через 62

года дефекты будут заметны на поверхности до 100 см², и уменьшение прочности может распространиться до глубины в 2 см. Через 180 лет поверхность отдельных дефектов будет достигать 400 см², и уменьшение прочности может доходить в дефектных местах до глубины в 5 см.

При классе погодоустойчивости I первые повреждения можно ожидать через 220 лет, дефекты с площадью до 100 см² через 675 лет, дефекты с площадью до 400 см² неопределенно, но более чем через 1460 лет.

Таким образом, сопоставление результатов настоящего исследования с теми фактами, которые наблюдал Гиршвальд, и с полученными им же результатами исследования строительных камней Германии (см. табл. 25) позволило от экспериментально полученных параметров перейти к выражению теоретической долговечности в годах.

Это выполнено в табл. 26 и 27.

Таблица 26

Теоретическая долговечность кварцита и гранитов в годах

| Лабор. № | Месторождение | Класс погодоустойчивости | Теоретическая долговечность, в годах | | |
|----------|---------------|--------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|
| | | | начало разрушений, индекс 1—1 | угрожающее состояние, индекс 3—3 | окончательное разрушение, индекс 6—6 |

К в а р ц и т

| | | | | | |
|-----|------------------------|----|---------|------------|---|
| 448 | Шокшинский кварцит . . | IA | 650 лет | > 1460 лет | — |
|-----|------------------------|----|---------|------------|---|

Г р а н и т ы

| | | | | | |
|-----|---------------------------------------|-----------|-----------|-----------|--------------|
| 314 | Янцевское | I | 220 лет | 675 лет | > 1460 лет |
| 317 | Сайда-Губское | IC | 350 » | 1070 » | > 1625 » |
| 318 | Караньское | IC | 350 » | 1070 » | > 1625 » |
| 362 | Уллу-Камское, 16-й километр | II—III | 38 » | 115 » | 340 » |
| 363 | Кушуя | II | 75 » | 220 » | 650 » |
| 372 | Эльджурта | II | 75 » | 220 » | 650 » |
| 373 | Турчинское (лабрадорит) | I | 220 » | 675 » | > 1460 » |
| 444 | Уллу-Камское, Бараныльбы | I—II | 135 » | 400 » | 1200 » |
| 445 | Уллу-Камское, Ак-Тюбе | I до I—II | 135—220 » | 400—675 » | 1200—1500 л. |
| 446 | Кушуя | II | 75 » | 220 » | 650 лет |
| 447 | » | I—II | 135 » | 400 » | 1200 » |
| 504 | Питерлакское | I | 220 » | 675 » | > 1460 » |

При составлении этих таблиц принимается за начало разрушения: появление дефектов на площади до 10 см² без уменьшения прочности с глубиной (индекс 1—1); угрожающее состояние: появление дефектов на площади до 100 см² с возможным уменьшением прочности до глубины в 2 см (индекс 3—3). Плиты в угрожающем состоянии требуют реставрации или частичной замены. Окончательное разрушение: появление дефектов на площади до 400 см² с уменьшением прочности до глубины в 5 см (индекс 6—6).

Теоретическая долговечность мраморов в годах

| Лабор. № | Месторождение | Класс погодо-устойчивости | Теоретическая долговечность, в годах | | |
|----------|--|---------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|
| | | | начало разрушения, индекс 1—1 | угрожающее состояние, индекс 3—3 | окончательное разрушение, индекс 6—6 |
| 304 | Кибик-Кордонское, белый | II—III | 38 | 115 | 340 |
| 305 | » бледно-розовый | II | 75 | 220 | 650 |
| 306 | Кибик-Кордонское, розовый | I—II | 135 | 400 | 1 200 |
| 319 | Кибик-Кордонское, бледно-розовый | I—II | 135 | 400 | 1 200 |
| 320 | Кибик-Кордонское, с гематитовыми жилками | II | 75 | 220 | 650 |
| 307 | Газганское, розовый | I—II | 135 | 400 | 1 200 |
| 308 | » серый | I—II | 135 | 400 | 1 200 |
| 321 | » белый | I—II | 135 | 400 | 1 200 |
| 322 | » » | II | 75 | 220 | 650 |
| 309 | Прохорово-Баландинское | I—II | 135 | 400 | 1 200 |
| 316 | Лопотское | II—III | 38 | 115 | 340 |
| 359 | Заркенд | I—II до II | 75—135 | 220—400 | 650—1 200 |
| 360 | Ороктуой | II | 75 | 220 | 650 |
| 361 | Сатка | IC | 350 | 1 070 | 1 625 |
| 364 | Пуштулим | II | 75 | 220 | 650 |
| 365 | Коэлга | II | 75 | 220 | 650 |
| 380 | Салиэти | IV | — | 33 | 100 |
| 383 | Гидамское | IV | — | 33 | 100 |
| 384 | Молита | IV | — | 33 | 100 |
| 385 | Шроша | III—IV | 20 | 33 | 100 |
| 386 | Уфалей | I—II | 135 | 400 | 1 200 |
| 397 | Нижний Тагил | III | 20 | 62 | 180 |
| 398 | Маук | II | 75 | 220 | 650 |
| 449 | Агверан | II—III | 38 | 115 | 340 |
| 450 | Хорвираб | II—III | 38 | 115 | 340 |
| 451 | Фоминское | II—III | 38 | 115 | 340 |
| 452 | Белогорское | II | 75 | 220 | 650 |
| 505 | Карнадинское | II | 75 | 220 | 650 |
| 506 | Давалу | III | 20 | 62 | 180 |

Расчет качественного числа Q_1 и класса погодо

| Порода и номер | Структурная формула | Расчет значения Q по табл. 16 |
|---------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| Доломит № 340 | $C_1b_1\beta_{1-2}g_3P$ | $0.25+0.3+0.4+0=0.65$ |
| Известковый доломит № 341 | $C_1b_4\beta_2g_2P$ | $3+0.6+0+0=3.6$ |
| Доломит № 344 | $C_{1-2}b_1\beta_{1-2}g_3P_3$ | $0.25+0.3+0.4+0.35=1$ |
| Доломит № 345 | $C_1b_1\beta_{1-2}g_2P_1$ | $0.25+0.3+0.05+0.45=0.75$ |
| Известковый доломит № 349 | $C_1b_3\beta_3g_3P$ | $1.5+0.8+0+0=2.3$ |

КАРБОНАТНЫЕ ПОРОДЫ САМАРСКОЙ ЛУКИ

Аналогичный подход к установлению долговечности карбонатных пород Самарской Луки, предполагавшихся к применению в качестве инертного гидротехнического бетона, был осуществлен нами для строительства Куйбышевского гидроузла. Для полной характеристики гиршвальдовской методики приведем здесь несколько примеров, относящихся к типичным образцам.

- № 340. Доломит плотный без крупных макропор. Участками кальцит. Пористость 4—5% (табл. IV, фиг. 24).
 № 341. Доломитизированный известняк светлый, малопористый, со значительным содержанием кальцита. Кальцит, главным образом пелитоморфный, слагает раковины фузулин. Пористость до 4%. Структура диспергентная.
 № 344. Доломит темный, неоднородный — чередование плотных участков с изолированными макропорами размером от 1 до 6 мм и участков с мелкими порами, расположенными отдельными скоплениями. Основная масса состоит из мелкокристаллического доломита с синтетической структурой.
 № 345. То же, что № 340 несколько слоистый.
 № 349. То же, что № 341, встречаются участки с синтетической структурой.

Шлифы, изученные по описанному выше способу, позволили определить следующие преобладающие структурные формулы:



По полученным таким образом формулам производим расчет исходного качественного числа, для чего пользуемся табл. 16. Дальше следуют поправки на теоретическую морозостойкость, определяющуюся по приведенному временному сопротивлению разрыву (R_1) и коэффициенту насыщения (см. табл. 19, 21 и 22). Для разбираемых пород расчет качественного числа со всеми необходимыми коэффициентами и поправками приводится в табл. 28.

Таблица 28

устойчивости для карбонатных пород Самарской Луки

| Коэффициент равномерности γ | Коэффициент насыщения S | Временное сопротивление разрыву в насыщенном состоянии R , в кг/см ² | Показат. теоретич. морозостойкости по табл. 19 | Пористость P | Приведенное временное сопротивл. разрыву R_1 | Поправочный множитель по табл. 21 | Исправл. теоретич. морозостойкость | Поправка на показатель теоретич. морозостойкости по табл. 22 | Расчетное качественное число Q_1 | Класс погодоустойчивости |
|------------------------------------|-------------------------|---|--|--------------|--|-----------------------------------|------------------------------------|--|------------------------------------|--------------------------|
| 0.75 | 0.59 | 76 | 1.2 | 3.62 | 98 | 0.75 | 0.9 | 0.15 | 0.80 | I |
| 0.86 | 0.84 | 43 | 4.4 | 7.04 | 68 | 0.95 | 4.2 | 1.3 | 4.9 | V |
| 0.62 | 0.43 | 28 | 0.8 | 9.30 | 49 | 1.00 | 0.80 | 0.1 | 1.1 | I |
| 0.65 | 0.63 | 70 | 1.9 | 7.63 | 111 | 0.75 | 1.43 | 0.15 | 0.90 | I |
| 0.73 | 0.57 | 134 | 1.1 | 10.23 | 248 | 0.75 | 0.83 | 0 | 2.3 | II—III |

С учетом этих поправок получаем окончательное качественное число Q_1 и соответствующий класс погодоустойчивости, характеризующие долговечность породы в заданных условиях. Для куйбышевских доломитов и доломитизированных известняков, намеченных к применению в гидротехническом строительстве, расчет долговечности произведен с помощью табл. 29 (нахождение под водой или при морозном режиме — по прямым E и C на фиг. 1).

Таблица 29

Подводный и морозный типы выветривания

| Класс погодоустойчивости | Возраст построек (в годах), на которых наблюдалось выветривание, обозначаемое индексом | | | | |
|--------------------------|--|-----|----------|-----|------|
| | 1-1 | 1-3 | 2-6 | 3-1 | 6-2 |
| IC | 350 | 700 | Не набл. | 590 | 1440 |
| I | 220 | 450 | » | 370 | 900 |
| I—II | 135 | 280 | » | 230 | 560 |
| II | 75 | 150 | » | 120 | 300 |
| II—III | 38 | 80 | 195 | 65 | 160 |
| III | 20 | 42 | 105 | 35 | 85 |
| IV | — | 22 | 60 | 18 | 45 |
| V | — | 12 | 32 | — | 25 |
| VI | — | — | 19 | — | 14 |

Полученные цифры долговечности в годах приведены в табл. 30.

Таблица 30

Расчет теоретической долговечности карбонатных пород Самарской Луки

| № породы | Породы | Класс погодоустойчивости | Теоретическая долговечность, в годах | | | | | | | | |
|----------|--|--------------------------|---|----------------------------------|--------------------------------------|--|----------------------------------|--------------------------------------|--|----------------------------------|--------------------------------------|
| | | | При преобладании подводного типа выветривания (внутренние части плотины и шлюзов, подводные части отмоеток) | | | При преобладании морозного типа выветривания (части сооружений выше уровня высоких вод, подверженные периодическим замораживаниям) | | | Части сооружений, находящиеся в зоне переменных уровней ¹ | | |
| | | | начало разрушения, индекс 1-1 | угрожающее состояние, индекс 3-1 | окончательное разрушение, индекс 6-2 | начало разрушения, индекс 1-1 | угрожающее состояние, индекс 1-3 | окончательное разрушение, индекс 2-6 | начало разрушения, индекс 1-1 | угрожающее состояние, индекс 1-3 | окончательное разрушение, индекс 2-6 |
| 340 | Доломит сахаровидный | I | 220 | 370 | 900 | 220 | 450 | — | 20 | 42 | 105 |
| 341 | Известковистый доломит | V | — | — | 25 | — | 12 | 32 | — | — | 19 |
| 344 | Доломит | I | 220 | 370 | 900 | 220 | 450 | — | 20 | 42 | 105 |
| 345 | Известковистый доломит | I | 220 | 370 | 900 | 220 | 450 | — | 20 | 42 | 105 |
| 349 | Доломитизированный известняк | II-III | 30 | 65 | 160 | 38 | 80 | 195 | — | 22 | 50 |

¹ «Качественное число» для случая переменного горизонта воды снижено, согласно Гиршвальду, на 2 единицы (+2).

Как усматриваем из этой таблицы, при двух первых типах выветривания сроки службы камня в сооружении оказываются очень близкими.

Полученные результаты дали возможность четко установить те горизонты и участки карьеров, из которых строительство могло бы брать камень для своих многообразных эксплуатационных нужд.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

А. Практические выводы

Суждение о практической ценности того или иного камня может быть сделано с полной обоснованностью и ответственностью лишь при наличии данных как о материале, так и о месторождении. Понимание свойств камня возможно только на основе комплексного и тесно увязанного физико-механического и петрографо-геологического изучения. Поэтому выводы, излагаемые ниже, в большинстве случаев относятся к каменному материалу, но не к месторождению в целом. Распространить их на все месторождение можно лишь при наличии уверенности, что исследованный образец является характерным для месторождения в целом, что имеет место для следующих из испытанных нами пород: 448, 363, 373, 444, 445, 446, 447, 304, 305, 306, 319 и 320.

На основании произведенных петрографических и физико-механических исследований, результаты которых приведены как в виде цифр механической прочности, так и в виде условных сроков долговечности, сделаны следующие практические выводы.

1. Все исследованные породы, как граниты, так и мраморы, по механической прочности, пористости и по абсолютным величинам водонасыщений являются высококачественными.

По данным механических испытаний все исследованные породы, за исключением мраморов лопотского и фоминского, могут быть применены для сооружений 1-го класса.

2. Для такого внеклассного сооружения, как Дворец Советов, требовалась бы большая дифференциация и большая надежность и объективность оценки, попытка таковой была сделана применением метода Гиршвальда, дающего окончательный результат не в виде текстуального описания, а в виде сроков службы. Эти сроки не могут претендовать на абсолютную точность, так как все поправочные коэффициенты исчислены применительно к климату Германии. Возможны, разумеется, изменения в порядке приведенных цифр, ввиду большей континентальности московского климата и большей загрязненности московского воздуха.

Переходя к характеристике отдельных пород, можно на основании всего полученного экспериментального материала сформулировать следующие положения:

По гранитам:

3. Граниты разбиваются, грубо говоря, на 3 группы.

I группа: граниты, мало затронутые процессами выветривания, обладающие высокой прочностью и долговечностью. Сюда относятся граниты месторождений: Янцевского, Сайда-Губского, Караньского, Питерлакского и Турчинский лабрадорит.

II группа: граниты, затронутые процессами изменения полевых шпатов, связанными как с поверхностным выветриванием, так и с глубинными процессами. Эти граниты могут быть применены для наружной облицовки при условии частичной замены через 200—400 лет и частичной реставрации через 100—150 лет.

Сюда относятся граниты Уллу-Камского месторождения «Ак-Тюбе» и «Бараньи лбы». К этой группе надлежит отнести и некоторые разновидности из опытного карьера Кушуя.

III группа: граниты, сильно затронутые процессами поверхностного выветривания. Эти граниты не могут быть применены для наружной облицовки. Сюда относятся граниты месторождений Кушуя и Эльджурта, а также образцы Уллу-Кама с «16-го километра».

По мраморам:

4. Мраморы, за исключением фоминского и лопотского, обладают высокой механической прочностью. Разделение на группы затруднительно, так как сопротивляемость их различным видам напряжений — при сжатии, изгибе, разрыве и т. п. — различна.

5. По долговечности можно выделить несколько групп.

I группа: мраморы с кристаллической структурой, плотным сцеплением зерен. Могут быть допущены в наружных частях при условии частичной замены через 200—400 лет и частичного ремонта через 100—150 лет при надлежащих условиях установки облицовки и ухода за ней.

Сюда относятся мраморы месторождений: Прохорово-Баландинского, розовый Кибик-Кордонского, Газганского, Уфалейского.

II группа: мраморы с кристаллической структурой, но менее плотным сцеплением зерен. Могут быть допущены в наружных частях при условии частичной замены приблизительно через 200 лет и частичного ремонта приблизительно через 75 лет при надлежащих условиях установки облицовки и ухода за ней.

Сюда относятся мраморы месторождений: бледнорозовый Кибик-Кордонского, Маукского, Заркендского, Коэлгинского, Белогорского, Ороктуойского, Каркадинского.

III группа: мраморы с криптокристаллической и пелитоморфной структурой, с различной степенью плотности и характером сцепления зерен, и мраморы кристаллической структуры с различными включениями, снижающими качество. Применяться для наружной облицовки не должны.

Сюда относятся мраморы месторождений: Кибик-Кордонского (белый и розовый с гематитом), Лопотского, Салиэти, Пуштулимского, Нижне-Тагильского, Агверанского, Давалу, Молита, Шроша, Гидам и Хорвираб.

Сюда же надлежит отнести и фоминский, который обладает аномально-низкими для своей структуры механическими показателями и аномально-высоким коэффициентом линейного расширения.

6. Особняком стоит саткинский офиокальцит, являющийся необычайно прочным материалом. Он является генетически особым типом и по своей прочности и долговечности может быть рекомендован для применения в наружных архитектурных деталях.

Б. Некоторые соотношения между структурными и физико-механическими особенностями пород

Поскольку, как это уже указывалось, большинство произведенных исследований относилось к типичным образцам из того или иного месторождения, а не затрагивало месторождения в целом, данные материалы не позволяют сделать более или менее полного сопоставления геолого-петрографических особенностей пород с их прочностью и устойчивостью. Тем не менее можно попытаться провести некоторую параллель между структурными типами изученных пород и их физико-механическими свойствами.

Хотя константы одиннадцати разновидностей испытанных гранитов не представляют собой достаточного материала для выявления надежных закономерностей или зависимостей, мы попытаемся дать некоторые групповые характеристики, путем сравнения структурно сходных типов. При анализе микроструктур выделяются две породы: № 372 — гранит месторождения Эльджурта и № 504 — гранит месторождения Питерлак; первая из них — порфирированный гранит, вторая — гранит совершенно специфической структуры, типа рапакиви. Эта специфичность структур и единичность образцов, которыми они представлены, заставляют нас отбросить их из дальнейшего рассмотрения.

Девять оставшихся гранитов представляют собой более или менее равномернозернистые породы и делятся естественно на две группы: породы № 314, 317 и 318 — граниты кристаллических щитов Украины и Кольского полуострова, остальные относятся к осевой части Кавказского хребта.

Анализируя наиболее надежные физические их показатели, констатируем, что последние укладываются в пределы выделенных групп: для первой группы величина пористости лежит между 0.07 и 0.29 весовых %, а для второй она не ниже 0.42 до 0.89 весовых %. В зависимости от пористости, показывающей, при прочих равных условиях, физическое состояние породы (микротрещиноватость), находятся некоторые константы: временное сопротивление сжатию (сухих) для первой группы колеблется от 2290 до 3380 кг/см², для второй от 1696 до 2309 кг/см². В насыщенных образцах соответственно 2275 — 3285 кг/см² и с 1366 до 2124 кг/см². Модуль Юнга дает 542 и 700·10³ для первой группы и 333 до 433·10³ для второй. Приведенные константы находятся в отношении обратной пропорциональности к пористости.

В связи с физическими константами изменяется и долговечность: породы № 314, 317, 318 укладываются в пределы первого класса погодостойчивости, для остальных она во всех случаях ниже.

Так намечается в самых общих чертах зависимость физико-механических свойств гранитов от геологии их: представляется, что породы второй группы, как относящиеся к геологически подвижной зоне, в результате испытанных недавно дислокаций, оказались структурно более измененными, чем первые, что и сказалось на их физических константах.

Исследованные мраморы по своей структуре также резко разделяются на две группы — группу кристаллических мраморов и группу мраморовидных известняков. Последние представляют собой частично перекристаллизованные известняки, содержащие остатки фауны и пелитоморфный кальцит. Эта группа в общем имеет довольно сходную физико-механическую характеристику, характеризуясь высокой механической прочностью: от 1300 до 1900 кг/см² временное сопротивление сжатию; 200—300 кг/см² сопротивление излому; модулем Юнга около 700 000 кг/см², потерей при истирании около 1 г/см², ударом от 6 до 10 и довольно высокой пористостью от 1 до 1.5%. Вследствие неоднородности и присутствия пелитоморфного кальцита долговечность их невысока (от 180 до 100 и 50 лет).

В группе кристаллических мраморов имеем значительное разнообразие в физико-механических свойствах. Диапазон различий может быть хорошо продемонстрирован на примере газганского и фоминского мраморов (табл. 31)

Различие в степени долговечности также очень значительно (от 1200 до 340 лет).

Эти резкие колебания прочности и устойчивости различных кристаллических мраморов коренятся в основном в деталях микроструктуры: размере зернистости и ее равномерности, микротрещиноватости, характере связи зерен, присутствии посторонних включений и т. д., сильно

Сюда относятся граниты Уллу-Камского месторождения «Ак-Тюбе» и «Бараньи лбы». К этой группе надлежит отнести и некоторые разновидности из опытного карьера Кушуя.

III группа: граниты, сильно затронутые процессами поверхностного выветривания. Эти граниты не могут быть применены для наружной облицовки. Сюда относятся граниты месторождений Кушуя и Эльджурта, а также образцы Уллу-Кама с «16-го километра».

По мраморам:

4. Мраморы, за исключением фоминского и лопотского, обладают высокой механической прочностью. Разделение на группы затруднительно, так как сопротивляемость их различным видам напряжений — при сжатии, изгибе, разрыве и т. п. — различна.

5. По долговечности можно выделить несколько групп.

I группа: мраморы с кристаллической структурой, плотным сцеплением зерен. Могут быть допущены в наружных частях при условии частичной замены через 200—400 лет и частичного ремонта через 100—150 лет при надлежащих условиях установки облицовки и ухода за ней.

Сюда относятся мраморы месторождений: Прохорово-Баландинского, розовый Кибик-Кордонского, Газганского, Уфалейского.

II группа: мраморы с кристаллической структурой, но менее плотным сцеплением зерен. Могут быть допущены в наружных частях при условии частичной замены приблизительно через 200 лет и частичного ремонта приблизительно через 75 лет при надлежащих условиях установки облицовки и ухода за ней.

Сюда относятся мраморы месторождений: бледнорозовый Кибик-Кордонского, Маукского, Заркендского, Коэлгинского, Белогорского, Ороктуойского, Каркадинского.

III группа: мраморы с криптокристаллической и пелитоморфной структурой, с различной степенью плотности и характером сцепления зерен, и мраморы кристаллической структуры с различными включениями, снижающими качество. Применяться для наружной облицовки не должны.

Сюда относятся мраморы месторождений: Кибик-Кордонского (белый и розовый с гематитом), Лопотского, Салиэги, Пуштулимского, Нижне-Тагильского, Агверанского, Давалу, Молита, Шроша, Гидам и Хорвираб.

Сюда же надлежит отнести и фоминский, который обладает аномально-низкими для своей структуры механическими показателями и аномально-высоким коэффициентом линейного расширения.

6. Особняком стоит саткинский офиокальцит, являющийся необычайно прочным материалом. Он является генетически особым типом и по своей прочности и долговечности может быть рекомендован для применения в наружных архитектурных деталях.

Б. Некоторые соотношения между структурными и физико-механическими особенностями пород

Поскольку, как это уже указывалось, большинство произведенных исследований относилось к типичным образцам из того или иного месторождения, а не затрагивало месторождения в целом, данные материалы не позволяют сделать более или менее полного сопоставления геолого-петрографических особенностей пород с их прочностью и устойчивостью. Тем не менее можно попытаться провести некоторую параллель между структурными типами изученных пород и их физико-механическими свойствами.

Хотя константы одиннадцати разновидностей испытанных гранитов не представляют собой достаточного материала для выявления надежных закономерностей или зависимостей, мы попытаемся дать некоторые групповые характеристики, путем сравнения структурно сходных типов. При анализе микроструктур выделяются две породы: № 372 — гранит месторождения Эльджурта и № 504 — гранит месторождения Питерлак; первая из них — порфириовидный гранит, вторая — гранит совершенно специфической структуры, типа ралакиви. Эта специфичность структур и единичность образцов, которыми они представлены, заставляют нас отбросить их из дальнейшего рассмотрения.

Девять оставшихся гранитов представляют собой более или менее равномернозернистые породы и делятся естественно на две группы: породы № 314, 317 и 318 — граниты кристаллических щитов Украины и Кольского полуострова, остальные относятся к осевой части Кавказского хребта.

Анализируя наиболее надежные физические их показатели, констатируем, что последние укладываются в пределы выделенных групп: для первой группы величина пористости лежит между 0.07 и 0.29 весовых %, а для второй она не ниже 0.42 до 0.89 весовых %. В зависимости от пористости, показывающей, при прочих равных условиях, физическое состояние породы (микротрещиноватость), находятся некоторые константы: временное сопротивление сжатию (сухих) для первой группы колеблется от 2290 до 3380 кг/см², для второй от 1696 до 2309 кг/см². В насыщенных образцах соответственно 2275 — 3285 кг/см² и с 1366 до 2124 кг/см². Модуль Юнга дает 542 и 700 · 10³ для первой группы и 333 до 433 · 10³ для второй. Приведенные константы находятся в отношении обратной пропорциональности к пористости.

В связи с физическими константами изменяется и долговечность: породы № 314, 317, 318 укладываются в пределы первого класса погодоустойчивости, для остальных она во всех случаях ниже.

Так намечается в самых общих чертах зависимость физико-механических свойств гранитов от геологии их: представляется, что породы второй группы, как относящиеся к геологически подвижной зоне, в результате испытанных недавно дислокаций, оказались структурно более измененными, чем первые, что и сказалось на их физических константах.

Исследованные мраморы по своей структуре также резко разделяются на две группы — группу кристаллических мраморов и группу мраморовидных известняков. Последние представляют собой частично перекристаллизованные известняки, содержащие остатки фауны и пелитоморфный кальцит. Эта группа в общем имеет довольно сходную физико-механическую характеристику, характеризуясь высокой механической прочностью: от 1300 до 1900 кг/см² временное сопротивление сжатию; 200—300 кг/см² сопротивление излому; модулем Юнга около 700 000 кг/см², потерей при истирании около 1 г/см², ударом от 6 до 10 и довольно высокой пористостью от 1 до 1.5%. Вследствие неоднородности и присутствия пелитоморфного кальцита долговечность их невысока (от 180 до 100 и 50 лет).

В группе кристаллических мраморов имеем значительное разнообразие в физико-механических свойствах. Диапазон различий может быть хорошо продемонстрирован на примере газганского и фоминского мраморов (табл. 31)

Различие в степени долговечности также очень значительно (от 1200 до 340 лет).

Эти резкие колебания прочности и устойчивости различных кристаллических мраморов коренятся в основном в деталях микроструктуры: размере зернистости и ее равномерности, микротрещиноватости, характере связи зерен, присутствии посторонних включений и т. д., сильно

Сюда относятся граниты Уллу-Камского месторождения «Ак-Тюбе» и «Бараньи лбы». К этой группе надлежит отнести и некоторые разновидности из опытного карьера Кушуя.

III группа: граниты, сильно затронутые процессами поверхностного выветривания. Эти граниты не могут быть применены для наружной облицовки. Сюда относятся граниты месторождений Кушуя и Эльджурта, а также образцы Уллу-Кама с «16-го километра».

По мраморам:

4. Мраморы, за исключением фоминского и лопотского, обладают высокой механической прочностью. Разделение на группы затруднительно, так как сопротивляемость их различным видам напряжений — при сжатии, изгибе, разрыве и т. п. — различна.

5. По долговечности можно выделить несколько групп.

I группа: мраморы с кристаллической структурой, плотным сцеплением зерен. Могут быть допущены в наружных частях при условии частичной замены через 200—400 лет и частичного ремонта через 100—150 лет при надлежащих условиях установки облицовки и ухода за ней.

Сюда относятся мраморы месторождений: Прохорово-Баландинского, розовый Кибик-Кордонского, Газганского, Уфалейского.

II группа: мраморы с кристаллической структурой, но менее плотным сцеплением зерен. Могут быть допущены в наружных частях при условии частичной замены приблизительно через 200 лет и частичного ремонта приблизительно через 75 лет при надлежащих условиях установки облицовки и ухода за ней.

Сюда относятся мраморы месторождений: бледнорозовый Кибик-Кордонского, Маукского, Заркендского, Коэлгинского, Белогорского, Ороктуойского, Каркадинского.

III группа: мраморы с криптокристаллической и пелитоморфной структурой, с различной степенью плотности и характером сцепления зерен, и мраморы кристаллической структуры с различными включениями, снижающими качество. Применяться для наружной облицовки не должны.

Сюда относятся мраморы месторождений: Кибик-Кордонского (белый и розовый с гематитом), Лопотского, Салиэти, Пуштулимского, Нижне-Тагильского, Агверанского, Давалу, Молита, Шроша, Гидам и Хорвираб.

Сюда же надлежит отнести и фоминский, который обладает аномально низкими для своей структуры механическими показателями и аномально-высоким коэффициентом линейного расширения.

6. Особняком стоит саткинский офиокальцит, являющийся необычайно прочным материалом. Он является генетически особым типом и по своей прочности и долговечности может быть рекомендован для применения в наружных архитектурных деталях.

Б. Некоторые соотношения между структурными и физико-механическими особенностями пород

Поскольку, как это уже указывалось, большинство произведенных исследований относилось к типичным образцам из того или иного месторождения, а не затрагивало месторождения в целом, данные материалы не позволяют сделать более или менее полного сопоставления геолого-петрографических особенностей пород с их прочностью и устойчивостью. Тем не менее можно попытаться провести некоторую параллель между структурными типами изученных пород и их физико-механическими свойствами.

Хотя константы одиннадцати разновидностей испытанных гранитов не представляют собой достаточного материала для выявления надежных закономерностей или зависимостей, мы попытаемся дать некоторые групповые характеристики, путем сравнения структурно сходных типов. При анализе микроструктур выделяются две породы: № 372 — гранит месторождения Эльджурта и № 504 — гранит месторождения Питерлак; первая из них — порфириовидный гранит, вторая — гранит совершенно специфической структуры, типа рапакиви. Эта специфичность структур и единичность образцов, которыми они представлены, заставляют нас отбросить их из дальнейшего рассмотрения.

Девять оставшихся гранитов представляют собой более или менее равномернозернистые породы и делятся естественно на две группы: породы № 314, 317 и 318 — граниты кристаллических щитов Украины и Кольского полуострова, остальные относятся к осевой части Кавказского хребта.

Анализируя наиболее надежные физические их показатели, констатируем, что последние укладываются в пределы выделенных групп: для первой группы величина пористости лежит между 0.07 и 0.29 весовых %, а для второй она не ниже 0.42 до 0.89 весовых %. В зависимости от пористости, показывающей, при прочих равных условиях, физическое состояние породы (микротрещиноватость), находятся некоторые константы: временное сопротивление сжатию (сухих) для первой группы колеблется от 2290 до 3380 кг/см², для второй от 1696 до 2309 кг/см². В насыщенных образцах соответственно 2275 — 3285 кг/см² и с 1366 до 2124 кг/см². Модуль Юнга дает 542 и 700 · 10³ для первой группы и 333 до 433 · 10³ для второй. Приведенные константы находятся в отношении обратной пропорциональности к пористости.

В связи с физическими константами изменяется и долговечность: породы № 314, 317, 318 укладываются в пределы первого класса погодостойчивости, для остальных она во всех случаях ниже.

Так намечается в самых общих чертах зависимость физико-механических свойств гранитов от геологии их: представляется, что породы второй группы, как относящиеся к геологически подвижной зоне, в результате испытанных недавно дислокаций, оказались структурно более измененными, чем первые, что и сказалось на их физических константах.

Исследованные мраморы по своей структуре также резко разделяются на две группы — группу кристаллических мраморов и группу мраморовидных известняков. Последние представляют собой частично перекристаллизованные известняки, содержащие остатки фауны и пелитоморфный кальцит. Эта группа в общем имеет довольно сходную физико-механическую характеристику, характеризуясь высокой механической прочностью: от 1300 до 1900 кг/см² временное сопротивление сжатию; 200—300 кг/см² сопротивление излому; модулем Юнга около 700 000 кг/см², потерей при истирании около 1 г/см², ударом от 6 до 10 и довольно высокой пористостью от 1 до 1.5%. Вследствие неоднородности и присутствия пелитоморфного кальцита долговечность их невысока (от 180 до 100 и 50 лет).

В группе кристаллических мраморов имеем значительное разнообразие в физико-механических свойствах. Диапазон различий может быть хорошо продемонстрирован на примере газганского и фоминского мраморов (табл. 31)

Различие в степени долговечности также очень значительно (от 1200 до 340 лет).

Эти резкие колебания прочности и устойчивости различных кристаллических мраморов коренятся в основном в деталях микроструктуры: размере зернистости и ее равномерности, микротрещиноватости, характере связи зерен, присутствии посторонних включений и т. д., сильно

варьирующих в исследованных мраморах. Структурные формулы позволяют учесть их в отношении устойчивости.

Т а б л и ц а 31

| | Сжатие | Разрыв | Излом | Скальвание | Модуль Юнга | Удар | Истирание | Пористость |
|--|--------|--------|-------|------------|-------------|------|-----------|------------|
| Газган (307—308). Фоминский (451) . . . | 1830 | 161 | 328 | 90 | 800000 | 19 | 1.05 | 0.02 |
| | 700 | 47 | 200 | 68 | 627000 | 4 | 1.98 | 0.77 |

Приведенное сопоставление носит самый общий характер; несомненно в пределах каждой разобранной группы имеются свои подразделения как по структурным, так и по физико-механическим показателям.

Эти особенности отдельных пород резко выражены, как только что указано, в кристаллических мраморах, менее резко в гранитах и еще менее в мраморовидных известняках. Разбор их потребовал бы детального анализа разностей всех этих пород по отдельным месторождениям и систематического изучения этих последних, что составляет задачу последующих исследований.

Настоящая же работа ставила главнейшей своей целью на основе довольно значительного фактического материала в виде результатов многообразных и многочисленных физико-механических исследований и специально детального петрографического изучения показать возможность и необходимость обоснования оценки прочности и долговечности камня путем применения комплексного петрографического и физико-механического исследования.

Л И Т Е Р А Т У Р А

- З а л е с с к и й Б. В. и К о р с у н с к и й А. И. Причины недолговечности каменных сооружений. Строительство. Москвы, 1938, №№ 20—24.
 З а л е с с к и й Б. В., К о р с у н с к и й А. И. и Л а п и н В. В. К вопросу о долговечности некоторых разностей карбонатных пород Самарской Луки. Тр. Инст. геол. наук, 1941, вып. 58.
 H i r s c h w a l d J. Handbuch der bautechnischen Gesteinsprüfung. Berlin, 1912.
 S c h a f f e r. The weathering of natural building stones. London, 1932.

**Б. В. ЗАЛЕСКИЙ, Ю. А. РОЗАНОВ, А. Е. ПЕРВУХИНА и К. И. ТОЛСТИХИНА.
МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЕСТЕСТВЕННЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ ПИГМЕНТОВ
В МОСКОВСКОЙ И РЯЗАНСКОЙ ОБЛАСТЯХ****1. ВВЕДЕНИЕ**

Минеральные пигменты Московской и Рязанской областей привлекали к себе внимание отдельных предпринимателей и исследователей уже с середины прошлого века. Однако систематические исследования месторождений и сырья начали производиться только в тридцатых годах текущего столетия. В 1935 г. Горнотехтрест совместно с красочной группой ВИМС исследовал ряд месторождений (Кудиновское, Куровское и др.) и провел детальные технологические исследования проб красочного сырья. Вследствие несоответствия по ряду признаков действовавшим тогда техническим условиям на минеральные краски, сырье этих месторождений не нашло широкого выхода в промышленность. Кудиновские и куровские «охры» хотя и начали эксплуатироваться промкооперацией, однако использовались лишь для узко местных нужд. Попытки эксплуатации в предвоенные годы Кудиновского месторождения для нужд заводов лакокрасочной промышленности окончились тем, что подавляющая масса добытого сырья осела в штабелях на площадке, расположенной непосредственно у разработок.

Более широкие и систематические исследования красочного сырья Московской и Рязанской областей начались в 1941 г., когда в связи с войной резко возрос спрос на дешевые местные минеральные пигменты, которые использовались в основном для маскировочного окрашивания.

Летом 1942 г. Московским геологическим управлением, совместно с Комиссией по геолого-географическому обслуживанию Красной Армии при Академии Наук СССР была организована партия, посетившая, осмотревшая и отобравшая пробы по большому числу месторождений, упоминавшихся в геологической литературе. Руководство полевыми исследованиями, выполнявшимися инженерами-геологами Г. А. Бородаевым, Е. В. Тихомировой и В. И. Кочетовой, осуществлялось Ю. А. Розановым.

В 1944—1945 гг. детальные геолого-разведочные работы проводились «Геохимразведкой» и трестом «Росгеоразведка» на ряде месторождений Рязанской области (Топкий Менек, Лягушкинское и др.). Работы эти выполнялись инженерами А. Г. Керамли, И. И. Волокитиным и др.

Исследования минеральных пигментов Московской и Рязанской областей в лабораториях Комиссии, а затем после ее ликвидации в лабораториях Геологического института Академии Наук СССР проводили Ю. А. Розанов, В. Я. Степанов, К. И. Толстихина, И. П. Тимченко, А. Е. Перву-

хина и А. А. Уколова под общим непосредственным руководством проф. Б. В. Залесского.

Работа велась в трех направлениях: составление геологического описания месторождений природных минеральных пигментов, химико-технологическое их исследование и петрографо-минералогическая характеристика. Настоящая статья является краткой сводкой, составленной на основании отчетов по вышеупомянутым разделам работы.

II. ТИПЫ МЕСТОРОЖДЕНИЙ И ТИПЫ КРАСОЧНОГО СЫРЬЯ МОСКОВСКОЙ И РЯЗАНСКОЙ ОБЛАСТЕЙ

Не останавливаясь на описании геологического строения рассматриваемой территории, которое детально освещено в специальных работах ряда авторов, укажем лишь, что красочное сырье связано с различными по возрасту образованиями и с различными породами.

Черные и темносерые природные пигменты известны преимущественно среди отложений угленосной свиты нижнего карбона, юрских и меловых отложений и очень редко среди четвертичных. Они представлены как темными углистыми глинами, так и сильно выветрелыми бурыми углями.

Белые пигменты связаны с известняками и доломитами нижнего и среднего карбона и представлены рыхлыми или даже порошковатыми разновидностями этих пород.

Желтые, красные и коричневые пигменты связаны с коренными верейскими и каширскими глинами, современными болотными образованиями и своеобразными образованиями древней коры выветривания на контакте каменноугольных и юрских отложений. Пигменты эти представлены различными по составу глинами и бурыми железняками.

Своеобразные желтые и желто-коричневые пигменты, сильно карбонизированные, известны в зоне выветривания пород гжельского яруса, где они образуются за счет разрушения доломитов.

Желто-зеленые и зеленые пигменты связаны с песчаными глауконитовыми отложениями верхней юры и нижнего мела. Широко распространенные здесь глауконитовые пески, содержащие 25—35% глауконита, после обогащения дают достаточно яркие пигменты.

Синие пигменты—вивианит—связаны с современными болотными образованиями.

Красочное сырье Московской и Рязанской областей представлено шестью типами: железистоокисным, карбонатным, глинистым, сажистым, фосфорнокислым и кремнеземистым.

Железистоокисные пигменты представлены плотными и порошковатыми болотными рудами. Скопления болотных руд достаточного объема, залегающие в относительно благоприятных для разработки условиях, известны в Московской области в ограниченном количестве пунктов, главным образом в восточных и северо-восточных районах месторождения Хотьковское, Кудиновское, Починковское и др.).

В Рязанской области железистоокисные пигменты распространены значительно шире и составляют главную массу месторождений минеральных пигментов этой области. Распространены они в Рязанском, Ряжском, Ухоловском и других районах области (Ухоловское, Лягушкинское, Ухарское, Топкий Менек, Поречинское, Аграфенина пустынь и другие месторождения).

Карбонатные пигменты представлены мягкими известняками и порошковатыми доломитами. Последние бывают часто ожелезнены в той или иной степени. Мягкие известняки, пригодные после помола как заменители мела, распространены в центральных и юго-восточных районах,

а порошковатые доломиты — в восточных районах Московской области (месторождение Куровское и др.).

Глинистые пигменты представлены различными по составу и происхождению глинами, в которых хромофорами являются окислы железа, органическое вещество и некоторые другие примеси. Глинистые пигменты широко распространены на рассматриваемой территории. Серые и черные глинистые пигменты известны преимущественно в центральных, южных, северных и восточных районах Московской области и юго-западных районах Рязанской (месторождения Подольское, Парамоновское), а красные и желтые — в южных и юго-восточных районах Московской области и Ряжском и Раненбургском районах Рязанской области (месторождения Серпуховское, Московкинское, Шахловское, Петровское и др.).

Сажистые пигменты представлены выветрелыми бурыми углями и сильно углистыми глинами. Они известны в виде спорадических проявлений в центральных районах Московской области (Сауровское месторождение) и широко распространены в юго-восточных районах области (углистые сланцы на шахтах Сталиногорского района). В Рязанской области сажистые пигменты известны в Ряжском районе (Поплевицкое и Петровское месторождения).

Фосфорнокислые пигменты представлены вивианитом, который связан с торфяными массивами, распространенными, главным образом, в восточных и западных районах Московской области (Обираловское, Кудиновское месторождения) и в Ухоловском районе Рязанской области (Ухоловское месторождение).

Кремнеземистые пигменты представлены глауконитом, широко распространенным в центральных и восточных районах территории. Однако промышленные концентрации его в кварцевых песках сравнительно редки (Лопатинское месторождение).

Наибольшее промышленное значение для территории Московской и Рязанской областей имеют железоокисные, глинистые и сажистые пигменты. Месторождения их представлены здесь тремя типами: лагунно-морским, болотно-озерным и делювиально-элювиальным. Месторождения аллювиального и жильного типов в пределах рассматриваемой территории неизвестны.

подавляющая масса месторождений относится к лагунно-морскому типу, сравнительно много — к болотно-озерному и единичные месторождения — к элювиально-делювиальному.

Приуроченность определенных типов сырья к определенным типам месторождений для рассматриваемой территории иллюстрируется табл. 1.

Таблица 1

Приуроченность типов минеральных пигментов к типам месторождений

| Типы сырья | Типы месторождений | | | | |
|--------------------------|--------------------|-------------------------|-----------------|-----------------|---------|
| | Аллювиальный | Делювиально-элювиальный | Лагунно-морской | Болотно-озерный | Жильный |
| Железоокисный | — | — | — | ++ | — |
| Карбонатный | — | + | +++ | — | — |
| Глинистый | — | ++ | +++ | — | — |
| Сажистый | — | + | +++ | + | — |
| Фосфорнокислый | — | — | — | +++ | — |
| Кремнеземистый | — | — | +++ | — | — |

— неизвестны; + известны в небольшом числе; ++ известны в большом количестве.

Ниже приводится описание типичных месторождений минеральных пигментов, характеризующих как тип сырья, так и типы месторождений. Кроме того, дается перечень всех месторождений и выходов минеральных пигментов на рассматриваемой территории. Более подробное описание дается лишь для ограниченного числа месторождений в связи с тем, что они являются типичными и геологическая обстановка на них является характерной для большой группы месторождений. Кроме того, по большинству зарегистрированных выходов сведения чрезвычайно кратки и не заслуживают быть помещенными в данной статье.

III. ОПИСАНИЕ ТИПИЧНЫХ, НАИБОЛЕЕ КРУПНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

а) Железоокисный тип сырья

1. Кудиновское месторождение (болотно-озерный тип) расположено в Ногинском районе, в 6—8 км от ст. Кудиново Горьковской линии Московско-Курской ж. д. и 2.5 км к северу от с. Кудиново. Дорога, соединяющая месторождение с Горьковским шоссе, вполне пригодна для автотранспорта.

Железоокисные минеральные пигменты — охры (проба 39) залегают в виде мелких линз, мощностью 0.28—0.47 м, под вскрышей незначительной мощности, в основном под растительным слоем. Размеры отдельных линз от 10 × 10 до 50 × 30 м. Месторождение разрабатывалось Ногинским Райпромкомбинатом для нужд лакокрасочной промышленности. В настоящее время на месторождении имеются запасы ранее добытых руд.

2. Ухоловское месторождение, или Толкий Менек (болотно-озерный тип) расположено в Ухоловском районе Рязанской области в 5—7 км от ст. Ухолово Московско-Рязанской ж. д., между дд. Самодуровка и Толкий Менек, в 1.5—2 км от шоссе Сапожок — Ряжск. Месторождение приурочено к узкой заболоченной долине ручья Красная канава, впадающего в р. Мостью: Пигменты залегают узкой полосой длиной до 750 м и шириной от 15 до 70 м. Красочная порода — тонкая пылеватая болотная руда (пробы 438—440) — залегают или непосредственно на поверхности или под растительным слоем мощностью 0.01—0.10, реже до 0.30 м. Мощность слоя болотной руды колеблется от 0.15 до 0.30 м, реже до 0.50 м. Подстиляется слой болотной руды глиной, суглинком и реже торфом. Цвет болотных руд на различных участках различный — от желто-коричневого до коричневого и красного. Последняя окраска наблюдается в тех местах, где в свое время горели торфяники.

Месторождение разведано.

3. Месторождение Аграфенина пустынь (древние озерные руды, проба 228) находится в Рязанском районе в окрестностях с. Аграфенина пустынь, в 15 км к северу от г. Рязани и в 4—5 км к западу от ст. Солодча на ж.-д. линии Рязань — Владимир.

Красочное сырье — озерная бобовая руда сравнительно плотная, иногда ноздреватая — залегают непосредственно на поверхности или под незначительным почвенным покровом. Мощность слоя бобовой руды 0.1—0.2 м. Площадь распространения красочного сырья незначительная.

б) Карбонатный тип сырья

4. Куровское месторождение (пробы 395, 396 и 399, делювиально-элювиальный тип) находится в Павлово-Посадском районе, в 5—6 км от ст. Павлов-Посад Горьковской линии Московско-Курской ж. д.

Охры от светложелтого до бурого цвета залегают в виде гнезд различной, обычно небольшой, величины на неровной поверхности доломитов верхнего карбона и представляют собой элювий верхнего карбона. Нижние слои охр обычно сильно доломитизированы и представляют собой светложелтую доломитовую муку. Мощность охр примерно 2.5 м. Мощность вскрыши, представленной бурыми суглинками и юрскими глинами, около 2—2.5 м. Три участка месторождения были разведаны в 1935 г. Геолмаркштрестом: 1) участок, прилегающий к линии железной дороги; 2) участок непосредственно у д. Курово, отделенный от предыдущего торфяным болотом; 3) участок у кладбища между дд. Курово и Саурово по северную сторону «озера» — притока р. Клязьмы.

Содержание Fe_2O_3 в охрах колеблется от долей процента до 30—35%. Запасы месторождения не подсчитаны. Месторождение ранее разрабатывалось.

5. Мячковское месторождение (проба 60, лагунно-морской тип) расположено в Раменском районе, в 10 км от ст. Быково Московско-Рязанской ж. д. у с. Верхнее Мячково, на левом берегу р. Москвы.

Здесь залегают известняки среднекаменноугольного возраста. Месторождение состоит из двух участков: Верхнемячковского и Нижнемячковского. На Верхнемячковском участке под песчано-глинистой толщей четвертичных и юрских отложений, мощностью до 6.70 м, залегают белые и желтоватые, довольно мягкие плитчатые известняки, мощностью до 8 м. Уровень грунтовых вод проходит на глубине от 0.5 до 7.6 м. Месторождение имеет несколько действующих карьеров, в которых известняк добывается с помощью взрывных работ. Нижнемячковский участок расположен восточнее с. Нижнее Мячково, на левом берегу р. Москвы. Здесь известняки залегают также под песчано-глинистой толщей четвертичных и юрских отложений, мощностью до 7 и более метров.

Известняки пригодны после размола и просева, как заменитель мела на водных и эмульсионных связующих.

в) Глинистый тип сырья

6. Григоровское месторождение (проба 170, делювиально-элювиальный тип) находится в Рузском районе Московской области на правом берегу р. Москвы, примерно в 1 км вверх от с. Григорово и в 4—5 км к востоку от ст. Тучково Западной ж. д.

Здесь между глинами верхнеюрского возраста и известняками среднекаменноугольного возраста залегают в виде линз охристые глины, образовавшиеся за счет выщелачивания известняков.

Месторождение вскрыто двумя уступами карьера, в котором производится добыча каменноугольных известняков; первый уступ высотой около 5 м, второй, нижний, высотой до 6 м. Верхний уступ сложен в основном флювиогляциальными песками желтовато-серого цвета с мелкими и довольно крупными гальками, мощностью до 4 м. Из-под этих песков местами вскрывается черная, местами темносерая, довольно жирная, слюдистая верхнеюрская глина с редкими тончайшими налетами и прожилками желтоватого цвета, возможно ярозита. При выветривании глина местами покрывается зеленовато-серой коркой. В подошве черной глины наблюдаются включения землистой породы ярко-золотисто-охристого цвета с небольшими ожелезненными кусочками, видимо известняка. Линзообразные включения охристой породы размером 0.4—0.5 м имеют приблизительно овальную форму. Ниже они переходят в элювий известняка желтого цвета, мощностью до 0.3 м. По фронту карьера черные глины наблюдаются отдельными линзами, размером в 20—30 м. Они залегают на размытой поверхности известняков среднего карбона, являющихся пред-

метом эксплуатации. Черные глины при вскрытии карьера были сняты и остались лишь в углублениях известнякового ложа. Запасы красочного сырья, имея в виду широкое распространение юрских отложений, можно предполагать значительными.

Ниже горизонта юрских глин залегает типичный элювий известняка, представленный желто-охристой землистой массой, мучнистой, с включениями мелких и крупных более плотных кусочков, сохранивших структуру очень глинистого, тонкозернистого известняка желто-охристого цвета. Мощность элювия 0.3 м. Местами элювий очень сильно утончается.

Ниже залегает известняк мелкозернистый светлосерого цвета, мажущий, с очень мелкими остатками лилий и игл ежей. Мощность его до 3.5 м. В некоторых местах карьера в основании черных глин можно видеть сплошные прослойки мощностью до 0.6 м яркокрасной землистой массы с тонкими прослойками (1—1.9 см) бурого железняка. Эти прослойки аналогичны описанным выше линзам охристой породы. Можно предположить, что ярко-охристо-желтая порода, наблюдающаяся то в виде линз, то в виде прослоев в основании юрских глин, будет иметь довольно широкое распространение.

7. **Московкинское месторождение** (лагунно-морской тип) расположено в Серпуховском районе, в 8 км к западу от ст. Шаропова Охота Московско-Курской ж. д., у д. Московка. Подъездные пути к месторождению весьма благоприятны: д. Московка соединена грунтовой дорогой, пригодной для автотранспорта.

На месторождении залегают глины верейского горизонта среднего карбона, представленные плотными, вязкими, слабопесчанистыми разновидностями, состоящими из отдельных прослоев различных цветов (малиново-красного — проба 210, красно-бурого — проба 211 и голубовато-серого — проба 212). Мощность прослоев от 1 до 30—60 см; они часто выклиниваются, переходя друг в друга, или совсем исчезают. Эта толща залегает или непосредственно под почвенным слоем, или под маломощным покровом четвертичных пород (от 1 до 3—5 м). Общая мощность толщи от 12 до 25 м.

Площадь распространения верейских глин весьма большая, месторождение не разведано, запасы не подсчитаны, но, повидимому, очень велики. Эксплоатацию можно проводить открытым способом.

8. **Подольское месторождение** (проба 15, лагунно-морской тип) находится в Подольском районе, в 1.5 км от платформы Силикатная Московско-Курской ж. д. Месторождение находится на левом берегу р. Пахры в 2 км к северу от г. Подольска.

Здесь большим карьером Подольского цементного завода вскрыта мощная толща темносерых юрских глин, дающих после отмучивания прекрасный серый пигмент. Эти глины являются вскрышными породами при разработке известняков и могут быть легко получены попутно с добычей последних. Мощность вскрыши: покровных глин 4.70 и моренных 7.5 м. Мощность черных юрских глин в среднем 4.86 м. Глина может быть использована как самостоятельный пигмент.

г) Сажистый тип сырья

9. **Сауровское месторождение** (проба 368, делювиально-элювиальный тип) находится в Павлово-Посадском районе, в 2 км от ст. Павлов-Посад Московско-Курской ж. д., у д. Саурово.

На месторождении имеется карьер, в котором на глубине 2.5—6 м залегают черные минеральные пигменты, представляющие собой природную сажу. Происхождение ее неясно, констатировано простое скопление

углистого материала. Залегание сажи гнездовое, запасы каждого гнезда определяются несколькими сотнями тонн. Ранее велась разработка широкой шахтой с подкопами в стороны. Содержание углерода в саже доходит до 96%. На карьере имеется запас добытой краски.

В 1935 г. вокруг карьера в радиусе 250 м был пройден ряд буровых скважин, не обнаруживших черных пигментов. Этими буровыми скважинами установлено, что на месторождении под песчано-глинистыми четвертичными отложениями местами залегают гжельские глины, ниже которых на глубине 4—6 м от поверхности лежит толща известняков и доломитов верхнего карбона. Таким образом установлено, что пигменты, залегающие здесь под четвертичными отложениями в виде небольшого гнезда, имеют чрезвычайно ограниченное распространение, запасы, даже ориентировочно, не подсчитаны.

10. Каменское месторождение (пробы 160, 159, лагунно-морской тип) расположено в Наро-Фоминском районе, в 20 км к юго-востоку от г. Наро-Фоминска у с. Каменского.

На месторождении залегают черные глины и бурые угли оксфордского горизонта верхней юры. Выход бурого лигнитоподобного угля находится в месте слияния двух довольно значительных ручьев, по берегам которых расположено с. Каменское, против разрушенной колхозной кузницы, на левом берегу ручья, примерно в 100—150 м от шоссе в г. Наро-Фоминск.

Почти у самого моста через ручей из-под рыхлого неплотного суглинка с зеленоватым оттенком, мощностью до 0.75 м обнажается бурый уголь, сильно разрушенный, местами переходящий в скопление плотных, лигнитоподобных прослоек и отдельных кусочков древесины черного или темнокоричневого цвета. Во многих случаях отдельные кусочки древесины (угля) представлены плотным лигнитом, покрытым ржавыми налетами. При разрушении прослоек угля становится несколько глинистым. Мощность прослойки угля 0.25—0.30 м; по прослойку заметна незначительная циркуляция грунтовых поверхностных вод. Подстиляется уголь серой, плотной глиной с коричневатым оттенком, с включением желваков серного колчедана, иногда довольно заметных размеров (до 5—8 см). Бурый уголь залегают в оксфордских глинах верхней юры в виде отдельных линз незначительного размера. Так как юрские отложения имеют в районе с. Каменского довольно широкое распространение, можно ожидать нахождения и линз бурого угля, но запасы углей вероятно небольшие.

11. Поплевинское месторождение (проба 219, лагунно-озерный тип) находится в Ряжском районе Рязанской области, на левом берегу р. Моши, в 0.7 км от с. Поплевино и в 8 км к северу от ст. Ряжск Московско-Рязанской ж. д.

Красочное сырье — бурый уголь, черный, рыхлый, залегают среди глин и песков угленосной толщи нижнего карбона. Глубина залегания колеблется от 12 до 15 м. Выходы на дневную поверхность наблюдаются только по р. Моши.

Мощность линз бурого угля колеблется от 0 до 60 см. По простиранию бурый уголь быстро выклинивается. Месторождение не разведано. Запасы красочного сырья, доступные для эксплуатации, определяются ориентировочно.

д) Кремнеземистый тип сырья

12. Лопатинское месторождение (проба 12, лагунно-морской тип) расположено в Воскресенском районе в 5 км от г. Воскресенска и в 85 км на юго-восток от Москвы по Московско-Рязанской ж. д.

Глауконит Лопатинского рудника может добываться из эфелей без предварительных вскрышных работ или получаться с глауконитовой фабрики во время ее работы. Для обогащения эфельного песка необходимо предварительное просеивание подсушенного материала через сито 0.5 мм. В эфелях находится смесь глауконитов рязанского и портландского возрастов, и в зависимости от их соотношений цвет эфелей несколько меняется.

Запасы эфелей на поверхности составляют десятки тысяч тонн, а запасы глауконитовых песков составляют несколько миллионов тонн.

е) Фосфорнокислый тип сырья

13. Кудиновское месторождение вивианита (проба 38, болотно-озерный тип) находится там же, где и одноименное месторождение железоокисных пигментов.

Вивианит яркоголубого цвета, в виде мелких гнезд размером до 10—15 см в поперечнике, залегает в нижней части слоя болотной руды, а также в нижней части торфа в окрестных торфяниках. Разработка вивианита вследствие указанных выше условий залегания может вестись лишь попутно с разработкой болотных руд или торфа. В этом случае возможна ручная отборка гнезд и кусков обогащенных вивианитов. Дальнейшее его выделение возможно с помощью отмучивания.

Запасы месторождения значительные (несколько сот тонн), но распыленные по большой площади и большому объему вмещающих пород.

Не останавливаясь на других месторождениях, где условия залегания аналогичны описанным выше типичным месторождениям, приводим в приложении полный список месторождений и выходов минеральных пигментов.

IV. РЕЗУЛЬТАТЫ ХИМИЧЕСКИХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования химического состава минеральных пигментов Московской и Рязанской областей проводились в лабораториях ИГН, Мосгео и Нефтяного геолого-разведочного треста. Ниже в четырех таблицах (табл. 2—5) приводятся результаты анализов, причем в каждой таблице даются анализы только одного типа красочного сырья.

Для глинистых пигментов характерным является малое содержание хромофора ($\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$), причем красные пигменты содержат его в среднем несколько меньше, чем желтые.

Также характерно в общем более высокое среднее содержание Fe_2O_3 для желтых глинистых пигментов. Почти все рыхлые железоокисные пигменты (за исключением Ухарского месторождения) характеризуются довольно высоким содержанием окислов Ca и Mg и значительными потерями при прокаливании за счет органических примесей, что, вероятно, объясняется условиями образования этих месторождений (болотные отложения). Что же касается плотных руд (месторождение Аграфенина пустынь), то они характеризуются, в противоположность рыхлым болотным рудам, почти полным отсутствием окислов Ca и Mg.

Карбонатные пигменты плотные представлены чистыми известняками, причем основная масса породы состоит из кальцита.

Рыхлые карбонатные пигменты представлены доломитовой мукой с различным, меняющимся на небольших расстояниях содержанием окислов железа, за счет которых и получается тот или иной оттенок пигмента.

Химический состав глинистых пигментов (в %)

| № п. п. | Месторождение | Цвет образца и лабор. № | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | MgO | CaO | SO ₂ | Пот. при прок. | Прочие |
|---------|---------------|-------------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|------|-----------------|----------------|-------------|
| 1 | В. Шахловское | Желтый, 208 | 28.72 | 35.45 | 11.8 | 3.50 | 1.56 | 0.17 | 19.40 | — FeO |
| 2 | Григоровское | Желтый, 170 | 49.20 | 24.36 | 13.63 | 0.52 | 2.22 | Нет | 7.09 | 3.51 |
| 3 | » | Желтый, 171 | 30.28 | 25.44 | 14.92 | 0.72 | 6.60 | „ | 21.20 | — |
| 4 | Клейменовское | Желтый, 209 | 54.67 | 18.20 | 10.00 | 1.28 | 1.60 | 0.05 | 14.81 | — |
| 5 | » | Красный, 207 | 55.81 | 24.69 | 7.02 | 3.02 | 2.06 | 0.07 | 6.10 | — FeO |
| 6 | Московкинское | Красный, 210 | 63.45 | 7.94 | 10.36 | 1.89 | 1.72 | Нет | 10.91 | 3.07 |
| 7 | Глубоковское | Красный, 206 | 61.83 | 19.29 | 11.41 | 0.95 | 0.97 | 0.26 | 3.31 | — |
| 8 | Подольское | Черный, 15 | 65.83 | 6.11 | 11.86 | 1.1 | 1.79 | 1.98 | 10.39 | — Орган. |
| 9 | Парамоновское | Черный, 201 | 66.48 | 6.59 | — | — | — | 0.34 | 14.91 | 9.23 |
| 10 | Петровское | Розовый, 216 | 46.60 | 16.03 | 9.60 | — | — | — | 9.21 | — |

Таблица 3

Химический состав железобитумных пигментов (в %)

| № п.п. | Месторождение | Цвет образца и лабор. № | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | MgO | CaO | H ₂ O | Пот. при прок. | SO ₂ | FeO |
|--------|---------------------------|--|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|-------|------------------|----------------|-----------------|-------|
| 1 | Хотьковское | Порошк. болотная руда, 455, коричневый | 39.68 | 6.98 | 23.48 | 0.56 | 5.32 | 13.18 | 8.48 | — | — |
| 2 | Кудиновское | Рыхлая болотная руда, 39, желто-коричневый | 23.38 | 10.92 | 39.56 | 0.60 | 3.21 | — | 10.36 | — | 12.42 |
| 3 | Ухарское | То же, 234, желтый | 48.38 | 11.05 | 25.56 | 0.80 | 0.72 | 4.30 | 7.04 | — | 0.72 |
| 4 | Лягушкинское | То же, 505, коричневый | 8.28 | 18.72 | 39.60 | 0.93 | 4.20 | 14.00 | 14.70 | — | — |
| 5 | Поречинское | То же, 224, коричневый | 23.48 | 5.41 | 40.17 ¹ | — | 2.81 | 12.58 | 15.28 | — | — |
| 6 | Аграфенина пустынь | Плотная бобовая руда, 228, коричневый | 6.07 | 22.28 | 51.10 | Следы | Следы | — | 13.93 | — | 5.94 |
| 7 | Ухоловское (Топкий Менек) | Рыхлая болотная руда, 438, коричневый | 7.19 | 2.46 | 58.86 | „ | 1.30 | 9.51 | 16.16 | 0.24 | 4.32 |
| 8 | Лягушкинское | То же, 445, красный | 28.41 | 5.44 | 49.35 | 0.15 | 4.35 | 3.30 | 4.86 | 1.35 | — |
| 9 | Лягушкинское | То же, 345, красный | 8.90 | 7.09 | 69.80 | Следы | 3.60 | 4.07 | 5.70 | 0.54 | — |
| 10 | Ухоловское (Топкий Менек) | То же, 440, красный | 4.47 | 0.49 | 79.94 | „ | 3.50 | 4.65 | 5.28 | 2.30 | — |

¹ Вместе с FeO.

Химический состав карбонатных пигментов (в %)

| Месторожде- ние | Цвет образца и лабор. № | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | MgO | CaO | H ₂ O | Пот. при прок. | Щело- чи |
|--------------------|---|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|-------|------------------|----------------------|-------------|
| Подольское | Белый известняк, 459 | 0.40 | 0.19 | 0.63 | 0.35 | 56.03 | 0.66 | 42.85 | — |
| Мячковское | Белый известняк, 60 | 1.37 | 1.63 | | 0.67 | 53.74 | — | 43.06 | — |
| Куровское | Доломитовая му- ка, светложелтая, 395 | 4.88 | 2.84 | 1.27 | 19.84 | 26.91 | 0.19 | Не опр. | — |
| » | Доломитовая му- ка, желтая, 396 | 1.96 | 0.44 | 11.40 | 17.42 | 27.40 | 1.08 | 40.44 | — |
| » | Доломитовая му- ка, желтая, 399 | 8.68 | 2.60 | 59.96 | 3.60 | 5.20 | 4.20 | 15.00 | 1.00 |

Кремнеземистые пигменты представлены глауконитовым песком Лопатинского месторождения. Химический состав глауконита Лопатинского месторождения следующий: SiO₂ 44.46%, Al₂O₃ 10.52%, Fe₂O₃ 20.19%, CaO 0.25%, MgO 2.31%, K₂O 4.85%, Na₂O 1.38% и H₂O 6.55%.

Кремнеземистые (глауконитовые) пигменты при измельчении и растирании меняют цвет в сторону посветления, что и наблюдается при покрасках (табл. 5).

Таблица 5

Химический состав сажистых пигментов

| № п. п. | Месторожде- ние | Цвет образца и лабор. № | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | CaO | H ₂ O | SO ₂ | Орган. веще- ства |
|------------|--------------------|--|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|------------------|-----------------|-------------------------|
| 1 | Сауровское | Сажа черная, 368 | 9.73 | 4.73 | 8.87 | 3.18 | 22.54 | 2.38 | 48.96 |
| 2 | Поплевин- ское | Уголь бурый, черный, 219 | 5.92 | | 8.32 | 4.46 | 15.90 | — | 60.22 |
| 3 | Петровское | Торфянисто-гли- нистая порода, темнокоричне- вая, 218 | 16.56 | 10.74 | | 1.28 | 10.92 | — | 54.4 |

Сажистые пигменты, представленные природной сажой и пигментами типа кассельских земель, характеризуются присутствием в них хромафора в виде органических веществ в количестве от 50 до 60% и окислов железа от 8.8 до 11.0% и выше. Присутствие железа (повидимому в виде марказита) и органических веществ и придает им темнокоричневый цвет. Химический состав сажистых пигментов мало изучен; в этом направлении следует вести дальнейшее исследование.

Среди минеральных пигментов Московской и Рязанской областей могут быть выделены по физическому состоянию три группы пород: плотные, рыхлые и пылеватые.

Плотные представлены известняками, рыхлые — песками, глинами и железными рудами, пылеватые — железными рудами, сажими и вивианитом. Рыхлые и пылеватые минеральные пигменты легко дезагрегируются уже при слабом механическом воздействии, например при отмучивании.

Исследования механического состава рыхлых и пылеватых красящих пород показали, что фракция крупнее 0.25 мм в них встречается в малом

количестве, а иногда и отсутствует вовсе. Основная масса породы приходится на фракцию мельче 0.01 мм. Для отдельных образцов содержание этой фракции колеблется от 42 до 87%, причем наиболее часто встречается 61—87% (80% всех образцов).

Технологические свойства природных минеральных пигментов Московской и Рязанской областей характеризуются табл. 6, в которой пигменты сгруппированы по цвету.

Как видно из прилагаемой табл. 6, по малярным свойствам пигменты Московской и Рязанской областей отвечают требованиям стандартов лишь по отдельным показателям.

Таблица 6

Технологическая характеристика природных минеральных пигментов

| Месторождение и лабор. № образца | Масло-емкость в % | Укрывистость в г/м ² | | Красящая способность | Светлота, в % | Тип пигмента |
|--|-------------------|---------------------------------|----------------------|----------------------|---------------|----------------|
| | | на масляных связующих | на клеевых связующих | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <i>а. Желтые пигменты</i> | | | | | | |
| Охра стандартная | 24—34 | 65—90 | — | — | 35—40 | Глинистый |
| Григоровское, 170 | 40 | 48 | 24 | 1 : 560 | 20 | » |
| Клейменовское, 209 | 31 | 35 | 30 | 1 : 260 | 17 | » |
| Шахловское, 208 | 49 | 70 | 29 | — | 46 | » |
| Ухарское, 234 . . | 36 | 44 | — | — | — | Железоокисный |
| <i>б. Красные пигменты</i> | | | | | | |
| Мумия стандартная | 10—18 | 30 | 14—25 | — | 7—11 | Глинистый |
| Клейменовское, 207 | 31 | 71 | 24 | 1 : 200 | — | » |
| Глубоковское, 206 | 30 | 68 | 17 | 1 : 456 | — | » |
| Серпуховское, 213 | 34 | 119 | 48 | 1 : 1'0 | — | » |
| Петровское, 216 . | 36 | 158 | — | 1 : 145 | 20 | » |
| Лягушкинское, 445 | 62 | 60 | — | — | — | Железоокисный |
| Ухоловское (Топкий Менок), 440 | 40 | 75 | — | 1 : 500 | 8 | » |
| <i>в. Черные и серые пигменты</i> | | | | | | |
| Каменское, 159 ¹ . | 47 | 38 | 18 | 1 : 157 | 4 | Бурый уголь |
| » 160 ¹ . | 56 | 39 | 17 | 1 : 180 | — | » » |
| » 161 . | 34 | 67 | 18 | 1 : 146 | — | Глина углистая |
| Звенигородское, 167 | 31 | 62 | 32 | 1 : 130 | — | Глина |
| Парамоновское, 201 | 28 | 52 | — | 1 : 144 | — | » |
| Петровское, 217 ¹ | 34 | 131 | — | — | — | Глина углистая |
| Поплевинское, 219 ¹ | 49 | 54 | 17 | 1 : 400 | 2 | Уголь бурый |
| Сажа газовая ¹ . | 48—50 | 23—30 | 17—18 | — | 2—4 | |

¹ Черный; остальные темносерые.

| Месторождение и лабор. № образца | Масло- емкость в % | Укрывистость в г/м ² | | Крася- щая спо- собность | Светло- та, в % | Тип пигмента |
|-------------------------------------|--------------------------|------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------|--------------|
| | | на мас- ляных связую- щих | на кле- вых свя- зующих | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |

г. Коричневые пигменты

| | | | | | | |
|-------------------------------------|-------|-------|-------|---------|-------|---------------|
| Умбра стандарт- ная | 14—25 | 40 | 12—30 | — | 12—15 | Железоокисный |
| Ухоловское (Топ- кий Менек), 438 | 58 | 121 | — | — | — | » |
| Кудиновское, 33 | 28 | 20—50 | — | — | — | » |
| Хотьковское, 455 | 40 | 27 | 11 | — | 15 | » |
| Лягушкинское, 505 | 62 | 138 | — | — | — | » |
| Поречинское, 224 | 49 | 58 | — | — | — | » |
| Аграфенина пу- стынь, 228 . . . | 37 | 65 | 35 | 1 : 246 | 8 | » |

V. РЕЗУЛЬТАТЫ МИНЕРАЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

При исследовании глинистых пигментов под микроскопом выявлены интересные зависимости между минералогическим составом сырья и генетическими типами образований. Зависимости эти приводятся в табл. 7.

Таблица 7

Минералогическая характеристика природных глинистых минеральных красок

| Месторождение | № про- бы | Основной минерал глинистой части | Возраст отложений | Характер отложений |
|---------------------|--------------|--|---|------------------------|
| Московкинское . . . | 210 | Монтмориллонит | Верейский гори- зонт | Морские осадки |
| » | 211 | » | То же | » |
| » | 212 | » | » | » |
| Серпуховское . . . | 213 | Каолинит | » | » |
| » | 214 | Монтмориллонит | » | » |
| » | 215 | » | » | » |
| Благовещенское . . | 113 | Монотермит | Гжельский ярус | Озерные отложе- ния |
| Глубоковское . . . | 206 | » | Образование на контакте карбона и юры | Древний зловий |
| Клейменовское . . . | 207 | » | То же | » |
| » | 209 | » | » | » |
| В. Шахловское . . . | 208 | Аллофан | » | » |
| Григоровское . . . | 10 | Монотермит | » | » |
| » | 171 | Монтермит-галлу- азит (?) | » | » |
| Подольское | 15 | Нонтронит(?)—монт- мориллонит | Юра | Морские осадки |
| Каменское | 159 | Нонтронит(?)—окси- слы Fe-углист. вещ. | » | » |
| » | 160 | Нонтронит (?)—окси- слы Fe-углист. вещ. | » | » |
| Звенигородское . . | 167 | Монотермит | » | » |

В типичных морских образованиях, относящихся по возрасту к карбону, основным минералом глинистой части является монтмориллонит (?); в элювиальных образованиях, залегающих на неровной поверхности карбона и покрывающихся обычно корой, основной минерал глинистой части — монотермит; в глинистых осадках мезозоя констатирована смесь нонтронита (?) с монотермитом и монтмориллонитом (?).

Показатели преломления для основного минерала глинистой части пигментов № 210, 211, 212, 214 и 215 (монтмориллонитовые (?)), колеблются для N_{g_1} от 1.544 до 1.553 и для N_{r_1} от 1.537 до 1.542, а для пигментов № 206, 207, 209, 170 и 113 (монотермитовые) колеблются для N_{g_1} от 1.574 до 1.840 и выше для N_{r_1} от 1.559 до 1.562..

Проведенными предварительными исследованиями установлено, что адсорбционная способность глин обр. 210, 211, 212, 214 и 215 также несколько выше, чем для обр. 206, 207, 209 и 170. Это косвенно также подтверждает монтмориллонитовый характер основной глинистой части первой группы пигментов.

При исследовании железистого сырья под микроскопом установлены следующие зависимости между минералогическим составом железистой (рудной) части и типом образования и цветом краски (табл. 8).

Таблица 8

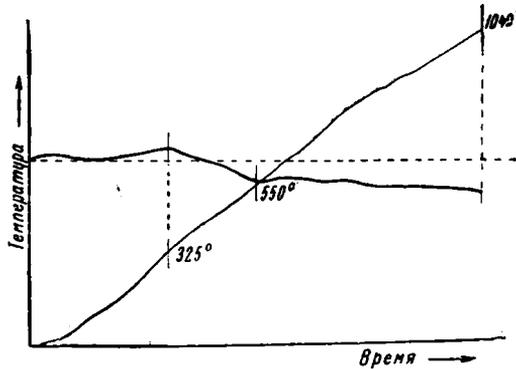
Зависимость между минералогическим составом, типом образования и цветом природных железистых минеральных пигментов

| Месторождение и лабор. № образца | Основные минералы железистой части | Характеристика красочного сырья | Тип образования | Возраст | Цвет красочного сырья |
|--|---|---------------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------|
| Ухарское, 234 | Гидрогетит | Железисто-глинистая порода | Элювий карбонатных пород | На контакте карбона и коры | Желтый |
| Лягушкинское, 505 | Гидрогематит | Рыхлая железная руда | Болотная руда | Четвертичный | Коричневый и желтый |
| Поречье, 224 . Аграфенина пустынь, 223 | » Гидрогематит с каолинитом и вивианитом | То же Плотная бобовая руда | То же » | То же » | То же Коричневый |
| Ухоловское, 435 | Гидрогематит с монотермитом | Рыхлая железная порода | » | » | » |
| Лягушкинское, 345 | Гематит | Порошковатая болотная руда | Ископаемый горелый торфяник | Современный | Красный |
| Ухоловское, 440 Кудиновское, 39 | » Гидрогематит | То же Рыхлая железная руда | То же Болотный | То же Четвертичный | » Желто-коричневый |
| Хотьковское, 445 | Гидрогематит с органическими остатками | Пылеватая железная руда | » | То же | Коричневый |

Болотные рыхлые руды представлены исключительно гидрогематитом, в отдельных случаях с органическими остатками; цвет пигментов, получающихся из этого сырья, — коричневый и коричнево-желтый.

Плотные болотные руды бобового сложения представлены гидрогематитом с каолинитом и, реже, вивианитом. Они дают пигменты коричневого цвета, в основном темного тона. Ископаемые горелые торфяники представлены красными порошковатыми и пылеватыми железными рудами. Основным минералом в них является гематит.

Термические испытания, проводившиеся для корреляции микроскопических исследований глинистых пигментов, заключались в определении кривых нагреваний. Они помогли в ряде случаев расшифровать минералогический состав пигментов, тогда, когда исследование его под микроскопом было затруднено наличием окислов железа и органики.



Фиг. 2. Дифференциальная кривая нагревания монотермитовой глины.

Для иллюстрации приводим ниже кривые нагревания монтмориллоновых, монотермитовых и галлуазит-аллофановых глин (фиг. 2, 3 и 4).

VI. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

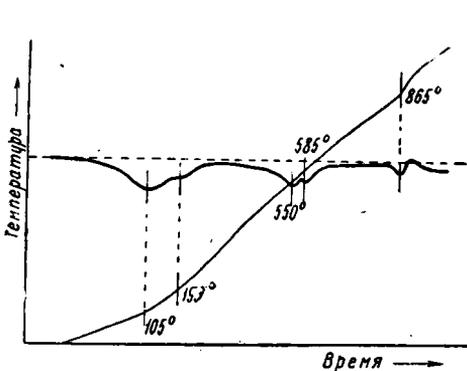
Всестороннее и детальное изучение красочного сырья Московской и Рязанской областей на выбранных нами для этой цели месторождениях позволяет прийти к ряду выводов.

1. Наибольшее количество месторождений связано с отложениями карбона и, главным образом, его средним отделом, а также с современными образованиями. Все остальные стратиграфические горизонты не дают указаний на наличие среди них сколько-нибудь промышленно интересных скоплений красочного сырья.

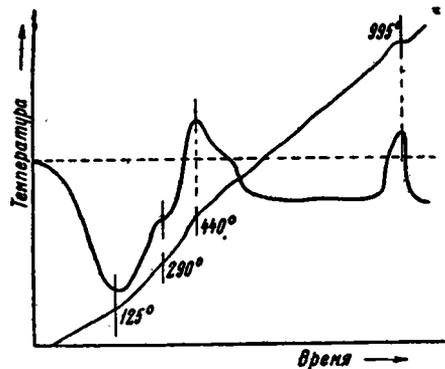
2. По характеру образований красочный материал в основном представлен морскими осадками и болотно-озерными образованиями.

3. Технологические показатели пигментов Московской области указывают на возможность их применения.

Глинистые пигменты, благодаря небольшой красящей способности и плохой укрывистости, за исключением обр. 209 и 170, пригодны в строительной технике с клеевым связующим.



Фиг. 3. Дифференциальная кривая нагревания монтмориллоновой (?) глины.



Фиг. 4. Дифференциальная кривая нагревания аллофановой глины.

Пигменты железистоокисной группы по своим технологическим показателям могут быть использованы в строительной технике и лакокрасочной промышленности.

Карбонатные и кремнеземистые пигменты благодаря своим лессирующим свойствам могут быть применены только с клеевым связующим и жидким стеклом, что ограничивает область их применения и эксплуатацию этих месторождений.

Группа сажистых пигментов может быть использована на любом связующем.

4. Данные о запасах красочного сырья и их качестве дают основание считать, что месторождения: Хотьковское, Кудиновское, Сауровское, Лопатинское, Лягушкинское, Ухоловское и Аграфенна пустынь представляют собой значительный источник сырья для производства природных пигментов и могут считаться промышленными. Месторождения Григоровское, Поплевинское и Каменское, несмотря на хорошие технологические свойства сырья, из-за отсутствия сколько-нибудь значительных запасов, могут быть использованы только частично, в основном для узкоместных нужд или получения художественных красок.

5. Из красочного сырья Московской и Рязанской областей могут быть получены природные пигменты разнообразных цветов и оттенков: светложелтого, желтого, темножелтого, светлокрасного, красного, темнокрасного, коричневого, серого, черного и белого. Путем сравнительно несложных операций по обогащению сырья качество его может быть значительно повышено. Использование природных минеральных пигментов на рассматриваемой территории для целей восстановительного и промышленного строительства — дело ближайшего будущего.

Л И Т Е Р А Т У Р А

- З а л е с с к и й Б. В. и Р о з а н о в Ю. А. Справочник по естественным маскировочным материалам. Стройиздат, 1943.
- З а л е с с к и й Б. В. и Р о з а н о в Ю. А. Опыт классификации месторождений минеральных красок. Сб. Вопросы минералогии, геохимии и петрографии. Изд. АН СССР, 1946.

Перечень месторождений минеральных пигментов Московской и Рязанской областей

Месторождения, описанные и нанесенные на карту

| № п/п | Цвет красочного сырья | Месторождение | Характер породы (полезного ископаемого) | Тип месторождения | Условия залегания красочного сырья | Возраст отложений, с которыми связано месторождение |
|-----------------------|-----------------------|--------------------------------|---|------------------------|--|---|
| I. Глинистые пигменты | | | | | | |
| 1 | Желтый | Верхне-Шахловское ¹ | Охристая глина | Делювильно-элювиальный | Линзообразное тело, мощностью до 0.5 м | Контакт карбона и юры (элювий карбона) |
| 2 | Желтый | Григоровское ¹ | Охристая глина | То же | Мелкие линзы, мощностью 0.2—0.3 м | То же |
| 3 | Красный | Кудиновское ¹ | Глина | Болотно-озерный | Линзы различных размеров и мощности | Верхний карбон, гжельский ярус |
| 4 | Красный и серый | Московкинское ¹ | Глина | Лагунно-морской | Пласты, мощностью 0.2—0.5 м | Средний карбон, верейский горизонт |
| 5 | Красный и серый | Серпуховское ¹ | Глина | То же | То же | То же |
| 6 | Красный | Бывалинское ¹ | Ожелезненная глина | Болотно-озерный | Линзы различных размеров | Верхний карбон, гжельский ярус |
| 7 | Красный | Глубоковское ¹ | Глина | Лагунно-морской | Пласты, мощностью 0.2—0.5 м | Средний карбон, наширский горизонт |
| 8 | Красный | Клейменовское ¹ | Охристая глина | То же | То же | То же |
| 9 | Красный | Благовещенское ¹ | Глина | Болотно-озерный | Линзы различных размеров | Верхний карбон, гжельский горизонт |

Пигменты железистоокисной группы по своим технологическим показателям могут быть использованы в строительной технике и лакокрасочной промышленности.

Карбонатные и кремнеземистые пигменты благодаря своим лессирующим свойствам могут быть применены только с клеевым связующим и жидким стеклом, что ограничивает область их применения и эксплуатацию этих месторождений.

Группа сажистых пигментов может быть использована на любом связующем.

4. Данные о запасах красочного сырья и их качестве дают основание считать, что месторождения: Хотьковское, Кудиновское, Сауровское, Лопатинское, Лягушкинское, Ухоловское и Аграфенина пустынь представляют собой значительный источник сырья для производства природных пигментов и могут считаться промышленными. Месторождения Григоровское, Поплевинское и Каменское, несмотря на хорошие технологические свойства сырья, из-за отсутствия сколько-нибудь значительных запасов, могут быть использованы только частично, в основном для узкоместных нужд или получения художественных красок.

5. Из красочного сырья Московской и Рязанской областей могут быть получены природные пигменты разнообразных цветов и оттенков: светложелтого, желтого, темножелтого, светлокрасного, красного, темнокрасного, коричневого, серого, черного и белого. Путем сравнительно несложных операций по обогащению сырья качество его может быть значительно повышено. Использование природных минеральных пигментов на рассматриваемой территории для целей восстановительного и промышленного строительства — дело ближайшего будущего.

Л И Т Е Р А Т У Р А

- Залесский Б. В. и Розанов Ю. А. Справочник по естественным маскировочным материалам. Стройиздат, 1943.
- Залесский Б. В. и Розанов Ю. А. Опыт классификации месторождений минеральных красок. Сб. Вопросы минералогии, геохимии и петрографии. Изд. АН СССР, 1946.

Перечень месторождений минеральных пигментов Московской и Рязанской областей

Месторождения, описанные и нанесенные на карту

| № п/п | Цвет красочного сырья | Месторождение | Характер породы (полезного ископаемого) | Тип месторождения | Условия залегания красочного сырья | Возраст отложений, с которыми связано месторождение |
|-------|-----------------------|---------------|---|-------------------|------------------------------------|---|
|-------|-----------------------|---------------|---|-------------------|------------------------------------|---|

1. Глинистые пигменты

| | | | | | | |
|---|-----------------|--------------------------------|--------------------|------------------------|--|--|
| 1 | Желтый | Верхне-Шахловское ¹ | Охристая глина | Делювильно-элювиальный | Линвообразное тело, мощностью до 0.5 м | Контакт карбона и юры (элювий карбона) |
| 2 | Желтый | Григоровское ¹ | Охристая глина | То же | Мелкие линзы, мощностью 0.2—0.3 м | То же |
| 3 | Красный | Кудиновское ¹ | Глина | Болотно-озерный | Линзы различных размеров и мощности | Верхний карбон, гжельский ярус |
| 4 | Красный и серый | Московкинское ¹ | Глина | Лагунно-морской | Пласты, мощностью 0.2—0.5 м | Средний карбон, верейский горизонт |
| 5 | Красный и серый | Серпуховское ¹ | Глина | То же | То же | То же |
| 6 | Красный | Бывалинское ¹ | Ожелезненная глина | Болотно-озерный | Линзы различных размеров | Верхний карбон, гжельский ярус |
| 7 | Красный | Глубоковское ¹ | Глина | Лагунно-морской | Пласты, мощностью 0.2—0.5 м | Средний карбон, наширский горизонт |
| 8 | Красный | Клейменовское ¹ | Охристая глина | То же | То же | То же |
| 9 | Красный | Благовещенское ¹ | Глина | Болотно-озерный | Линзы различных размеров | Верхний карбон, гжельский горизонт |

| № п/п. | Цвет красочного сырья | Месторождение | Характер породы (полезного ископаемого) | Тип месторождения | Условия залегания красочного сырья | Возраст отложений, с которыми связано месторождение |
|--------|-----------------------|-----------------------------|---|-------------------|--|---|
| 10 | Розовый | Петровское ² | Глина | Лагунно-морской | Линзы, мощностью 0.1—1.0 м, быстро выклинивающиеся | Нижний карбон, тульский горизонт |
| 11 | Черный | Подольское ¹ | Глина | То же | Пласты, мощностью 2—5 м | Юра |
| 12 | Черный | Звенигородское ¹ | Глина | То же | То же | Юра |
| 13 | Черный | Парамоновское ¹ | Глина | То же | То же | Нижний мел |
| 14 | Черный | Панферовское ² | Глина | То же | Пласт, мощностью 6.0 м | Юра (киммеридж) |

II. Железоокисные пигменты

| | | | | | | |
|----|---------------------------|--|--------------------------|-----------------|--|------------------------------------|
| 15 | Коричневый | Аграфенина пустынь ² | Бурый железняк | Болотно-озерный | Линвообразные тела, мощностью 0.1—0.2 м | Четвертичные |
| 16 | Желто-коричневый, красный | Ухоловское (Топкий Менек) ² | Порошковая болотная руда | То же | Линзы, мощностью 0.2—0.7 м | То же |
| 17 | Желто-коричневый | Кудиновское ¹ | Бурый железняк | То же | Линвообразные тела, мощностью 0.1—0.5 м | То же |
| 18 | Желто-коричневый | Клейменовское ¹ | То же | То же | Пластообразная залежь, мощностью 0.1—0.2 м | Средний карбон, каширский горизонт |
| 19 | Коричневый | Починковское ¹ | Болотная руда | То же | Линвообразные тела, мощностью 0.1—0.5 м | Четвертичные |
| 20 | Коричневый | Хотьковское ¹ | Порошковая болотная руда | То же | То же, мощностью 0.2—0.3 м | То же |

Приложение 1 (продолжение)

| № п/п | Цвет красочного сырья | Месторождение | Характер породы (полезного ископаемого) | Тип месторождения | Условия залегания красочного сырья | Возраст отложений, с которыми связано месторождение |
|-------|----------------------------|---------------------------|---|-------------------|---|---|
| 21 | Коричневый | Поречинское ² | Порошковая болотная руда | Болотно-озерный | Залежи, мощностью до 0.5 м | Четвертичные |
| 22 | Желто-коричневый и красный | Лягушкинское ² | То же | То же | То же | То же |
| 23 | Желтый | Ухарское ² | То же | То же | Линзообразные тела, мощностью 0.2—0.3 м | То же |
| 24 | Желтый и желто-коричневый | В. Хутора ² | То же | То же | То же | То же |
| 25 | Темнокоричневый | Сапожковское ² | То же | То же | То же | То же |

III. Карбонатные пигменты

| | | | | | | |
|----|--------------|----------------------------|------------------------|-------------------------|---|---|
| 26 | Светложелтый | Ухарское ² | Известняк очень рыхлый | Лагунно-морской | Пласт, мощностью 0.3—0.5 м | Верхний карбон |
| 27 | Белый | Подольское ¹ | Известняк | То же | Пласты, мощностью 0.5—1.5 м | Средний карбон, мячковский и подольский горизонты |
| 28 | Белый | Мячковское ¹ | То же | То же | То же | Средний карбон |
| 29 | Белый | Домодедовское ¹ | То же | То же | То же | Средний карбон, мячковский и подольский горизонты |
| 30 | Светложелтый | Григоровское ¹ | То же | То же | То же | Средний карбон |
| 31 | Желтый | Куровское ¹ | Доломитовая муна | Делювиально-элювиальный | Линзообразные скопления в углублениях известнякового ложа | Верхний карбон |

| № п/п | Цвет красочного сырья | Месторождение | Характер породы (полезного ископаемого) | Тип месторождения | Условия залегания красочного сырья | Возраст отложений, с которыми связано месторождение |
|-------|-----------------------|---------------|---|-------------------|------------------------------------|---|
|-------|-----------------------|---------------|---|-------------------|------------------------------------|---|

IV. Кремнеземистые пигменты

| | | | | | | |
|----|---------------|-----------------------------|---------------------|-----------------|-----------------------------|-----------------------------------|
| 32 | Серо-зеленый | Новоселкинское ² | Глауконитовый песок | Лагунно-морской | Пласты, мощностью до 1 м | Верхняя юра |
| 33 | Светлозеленый | Лопатинское ¹ | То же | То же | Пласты, мощностью 0.5—1.5 м | Верхняя юра, аквилонский горизонт |

V. Сажистые пигменты

| | | | | | | |
|----|------------------|---------------------------|------------------|-------------------------|--|-----------------------------------|
| 34 | Коричнево-черный | Каменское ¹ | Глина углекислая | Лагунно-морской | То же | Верхняя юра, оксфордский горизонт |
| 35 | Черный | Поплевинское ² | Бурый уголь | То же | Линзообразные залежи, мощностью до 0.6 м | Нижний карбон, угленосная свита |
| 36 | Черный | Сауровское ¹ | Сажа | Элювиально-делювиальный | Гнездобразные скопления | Четвертичные |

VI. Фосфорнокислые пигменты

| | | | | | | |
|----|-------|---------------------------|----------|-----------------|--------------------------|--------------|
| 37 | Синий | Кудиновское ¹ | Вивианит | Болотно-озерный | Мелкие линзочки и гнезда | Четвертичные |
| 38 | Синий | Обираловское ¹ | То же | То же | То же | Четвертичные |

¹ Московская область.

² Рязанская область.

Месторождения, не описанные и не нанесенные на карту

| № п. п. | Цвет красочного сырья | Месторождение | Характер красочной породы | Возраст отложения, с которыми связано месторождение |
|---------|-----------------------|--|-----------------------------|---|
| 1 | Серо-синий | Святогорское, Дмитровский р-н | Глина с вивианитом | Четвертичные |
| 2 | Светложелтый | Муравьевское, Дмитровский р-н | Песчаная глина | То же |
| 3 | Светложелтый | Борисовское, Дмитровский р-н | Охристые глины | То же |
| 4 | Серо-зеленый | Каменско-Ковшинское, Дмитровский р-н | Глауконитовые пески | Нижний мел |
| 5 | Черный | Андреевское, Дмитровский р-н | Глина | Юра |
| 6 | Коричнево-желтый | Ильинское, Дмитровский р-н | Железная (бобовая) руда | Четвертичные |
| 7 | Серо-зеленый | Каменское, Дмитровский р-н | Глауконитовый песок | Мел |
| 8 | Черный | Шупаловское, Дмитровский р-н | Глина | Юра |
| 9 | Синий | Овсяниковское, Солнечногорский р-н, на р. Клязьме | Вивианит | Четвертичные |
| 10 | Серо-зеленый | Гаврилковское, Дмитровский р-н, на р. Волгуше | Глауконитовый песок | Мел |
| 11 | Черный и серо-зеленый | Барунихинское, Пушкинский р-н, на р. Галице | Глина и глауконитовый песок | Юра |
| 12 | Коричнево-желтый | Черноголовкинское, Ногинский р-н, на р. Черноголовке | Болотная руда | Четвертичные |
| 13 | Желтый | Набережное, Щелковский р-н, на р. Клязьме | Мергель | Карбон |
| 14 | Желтый | Щелковское, на р. Клязьме | Доломит, доломитовая мука | Карбон |
| 15 | Черный | Мневниковское, Кунцевский р-н | Глина | Юра |
| 16 | Черный | Поздняковское, Можайский р-н | Глина | Юра |
| 17 | Черный | Шебарщинское, Можайский р-н | Глина | Юра |
| 18 | Черный | Рузское, Рузский р-н | Глина | Юра |
| 19 | Черный | Горбовское, Рузский р-н | Глина | Юра |

| № п. п. | Цвет красочного сырья | Месторождение | Характер красочной породы | Возраст отложения, с которыми связано месторождение |
|---------|-----------------------|---|---------------------------------------|---|
| 20 | Белый | Поварковское, Рузский р-н | Известняки рыхлые | Карбон |
| 21 | Желтый | Каринско-Дьяковское, Звенигородский р-н | Охристые глины | Контакт среднего карбона и юры |
| 22 | Желтый | Хорошовское, Кунцевский р-н | Доломитовая мука | Карбон |
| 23 | Желтый | Ржавнинское, Люберецкий р-н | Доломитовая мука | Карбон |
| 24 | Серо-зеленый | Вожовское, Раменский р-н | Глауконитовые пески | Мел |
| 25 | Черный | Степановское, Павлово-Посадский р-н | Глина | Юра |
| 26 | Желтый | Игнатъевское, Павлово-Посадский р-н | Глинистый известняк | Карбон |
| 27 | Черный | Лаптевское, на р. Десне | Глина | Юра |
| 28 | Серо-зеленый | Устьпахорское, близ устья р. Пахры | Глауконитовый песок | Мел |
| 29 | Черный | Тураевское, Раменский р-н | Глина | Юра |
| 30 | Черный и серо-зеленый | Зеленослободское, Раменский р-н | Глины и глауконитовые пески | Юра |
| 31 | Светложелтый | Меткомелинское, Раменский р-н | Карбонатный песок | Карбон |
| 32 | Желто-коричневый | Теренковское, Куровской р-н | Болотная руда | Четвертичные |
| 33 | Черный | Михайловское, Наро-Фоминский р-н | Глина | Юра |
| 34 | Серо-зеленый | Троицкое, Краснопахорский р-н | Глауконитовые пески | Мел |
| 35 | Черный | Никитское, Подольский р-н | Слюдистые глины | Юра |
| 36 | Черный и серо-зеленый | Красинское, Подольский р-н | Слюдистые глины и глауконитовые пески | Юра |
| 37 | Черный | Кочиногоорское, Бронницкий р-н | Глины | Юра |
| 38 | Черный | Борщовское, Бронницкий р-н | Глины | Юра |
| 39 | Черный | Егорьевское, по р. Руть, Боровский р-н | Глины | Юра |

| М. п. п. | Цвет красочного сырья | Месторождение | Характер красочной породы | Возраст отложенный, с которыми связано месторождение |
|----------|----------------------------|--|---------------------------------------|--|
| 40 | Черный | Смиревское, Наро-Фоминский р-н | Глины | Верхняя юра. |
| 41 | Черный | Мельниковское, Наро-Фоминский р-н | Глины, бурый уголь | Юра |
| 42 | Красный и белый | Ефимовское, Лопасненский р-н | Мергелистые глины | Карбон |
| 43 | Черный | Воробьевское, Подольский р-н | Глины | Юра |
| 44 | Коричнево-бурый | Криводосовское, Малоярославецкий р-н | Железистая зем-листая масса | Четвертичные |
| 45 | Коричнево-бурый | Калиновское, Малоярославецкий р-н | То же | Четвертичные |
| 46 | Желтый и красно-фиолетовый | Бутырское, Серпуховской р-н | Глины | Карбон |
| 47 | Красный | Костинское, Серпуховской р-н | Глины | Карбон |
| 48 | Красный | Подхожское, Серебряно-Прудский р-н | Глины | Карбон |
| 49 | Черный | Горенское, Михайловский р-н | Глины | Юра |
| 50 | Желтый | Михейское, у с. Михей, Сапожковский р-н | Глина ожелезненная | Карбон |
| 51 | Желтый | Кусмарское, у Кусмарской слободы, Елатомский р-н | Охристая глина, сильно известковистая | Элювий (карбон) |
| 52 | Красный | Коровкинское, по р. Коровке, Сапожковский р-н | Пылеватая болотная руда | Четвертичные |
| 53 | Красный | Курганское, у с. Курган, Сапожковский р-н | То же | Четвертичные |
| 54 | Красный | Увесское, между сс. Увес и Симакино, Ерхатурский р-н | Глина | Карбон |
| 55 | Красный | Кормилицинское, у с. Кормилица, Шацкий р-н | Глина | Карбон |
| 56 | Желто-красный | Куплянское, в овраге между пл. Купля и Шаморга, Шацкий р-н | Глина | Карбон |
| 57 | Желто-коричневый | У с. Никольские Гаи, Александров-Невский р-н | Болотная руда | Современные |

К. И. ТОЛСТИХИНА

СВЯЗЬ ЦВЕТА ЖЕЛЕЗООКИСНЫХ И ГЛИНИСТЫХ ПРИРОДНЫХ ПИГМЕНТОВ С ИХ ХИМИЧЕСКИМ СОСТАВОМ

Для всех пигментов цвет их является одним из существенных свойств; наряду с другими показателями он характеризует их пригодность. Пигменты тусклые, очень светлые или очень темные могут быть непригодны, несмотря на то, что другие их показатели — маслоспособность, кроющая способность, красящая способность и пр. могут быть удовлетворительными.

Цвет природных пигментов связан с их химическим составом, со степенью их дисперсности и прочими факторами. Он может служить косвенным критерием для выявления этих факторов. Общие применяемые химические и механические методы анализа природных пигментов недостаточны для характеристики пигмента. Химический анализ дает только валовое содержание того или иного элемента и не характеризует природы отдельных компонентов, входящих в состав пигмента. Например, на основании валового химического анализа нельзя установить степени гидратации окислов железа, состояния серы (активная или инертная) и т. д.

Механический анализ дает лишь гранулометрический состав пигментов, который не уточняет их минералогической характеристики.

Рациональные же методы минералогического, химического и термического анализа уточняют химический состав, свойства, номенклатуру пигментов. Вместе с тем эти методы позволяют точнее установить зависимость цветности природных пигментов от химического состава и свойств отдельных компонентов, входящих в данный пигмент.

Как известно, основные тона природных железистоокисных и глинистых пигментов, в которых хромофором являются окислы железа, представлены красным и желтым цветами. Это разделение по цвету отвечает и различному характеру железистоокисных соединений, составляющих данные пигменты. Желтые пигменты содержат железо в виде гидратов окиси железа, красные в виде безводной окиси.

Для определения степени гидратации железа в железистоокисных пигментах был применен метод солянокислой вытяжки. Навеска 0.05 г пигмента воздушно-сухой пробы обрабатывалась 20 см³ 5% HCl на водяной бане в течение 30 мин. (отношения навески пигмента и объема 5% HCl взяты такие, чтобы могло раствориться все железо); обработанный пигмент отфильтровывался, и в фильтрате, т. е. в солянокислой вытяжке, колориметрическим методом определялось железо.

Метод был основан на эмпирически установленном факте, что с обезвоживанием окислов Fe растворимость его в HCl падает. Таким образом, было

Химические и цветовые анализы исследуемых образцов природных пигментов (в %)

| Пигмент, месторождение и лабор. № | Нераств. ост. | Fe ₂ O ₃ | Al ₂ O ₃ | CaO | SO ₂ | H ₂ O | Пот. при прок. | Сумма | Цветовой тон Muns | Чистота тона R | Светлота тона H |
|--|---------------|--------------------------------|--------------------------------|------|-----------------|------------------|----------------|--------|-------------------|----------------|-----------------|
| Охра, рудник «Ачи-Сай», Казахская ССР (157) | 7.63 | 74.62 | 3.98 | 0.12 | 0.52 | 1.18 | 12.00 | 100.05 | 585 | 88 | 42.3 |
| Сурик «Пролетарский рудник» Криворожский р-н, Украинская ССР (470) | 13.30 | 77.80 | 5.30 | 0.32 | 0.33 | 0.48 | 3.36 | 100.94 | 597 | 60 | 14.1 |
| Охра, «Ярмарочная площадь», Криворожский р-н, Украинская ССР (84) | 45.40 | 41.20 | 3.50 | 0.20 | 0.40 | 1.30 | 8.20 | 100.20 | 585 | 76 | 32.3 |
| Мумия, «Феодосийская балка», Феодосийский р-н, Крымская обл. (134) | 39.66 | 42.80 | 4.03 | — | 0.91 | 4.10 | 8.38 | 99.88 | 593 | 60 | 18.5 |
| Охра, Карасинское, Миасский район, Челябинская обл. (3) | 75.30 | 10.35 | 3.50 | 0.57 | 0.38 | 2.20 | 8.00 | 100.30 | 584 | 69 | 46.9 |
| Мумия, Поповка, Халиловский р-н, Чкаловская обл. (13) | 76.46 | 10.51 | 3.85 | — | 0.33 | 1.23 | 8.05 | 100.43 | 591 | 60 | 13.5 |
| Охра, Берестовское, Халиловский р-н, Чкаловская обл. (223) | 81.60 | 5.53 | 2.9 | 0.19 | 0.13 | 4.18 | 6.07 | 100.68 | 581 | 65 | 52.7 |
| Розовая глина, Озургеты, Грузинская ССР (35) | 71.19 | 4.57 | 8.57 | — | 0.19 | 3.30 | 12.80 | 100.62 | 591 | 55 | 40.2 |

определено железо в солянокислых вытяжках восьми образцов сырья железоокисных пигментов различных районов Союза ССР (см. табл. 1). Образцы пигментов были подобраны попарно так, что каждому образцу желтого пигмента отвечал образец красного с одинаковым содержанием железа. При этом содержание Fe₂O₃ в образцах колебалось от 4 до 74%. Результаты определения железа в солянокислых вытяжках даны в табл. 2.

Полученные данные показывают, что растворимость железа во всех желтых соединениях (обр. 157, 223, 3) больше чем в красных (обр. 470, 35, 134), равных им по содержанию железа.

Обр. 134, 3, 223, 35 представляют собой белую и серую глину, окрашенную примесью гидратного железа, что видно по цвету фильтров с нерастворимыми остатками, которые совершенно бесцветны после обработки 5% HCl. В образцах с малым процентом растворимости железа чистота тона небольшая. В обр. 157 растворимость Fe₂O₃ 17.1%, чистота тона 88, в обр. 35 растворимость Fe₂O₃ 0.6% и чистота тона 55, — меньшая, чем во всех других образцах. В образцах с одинаковым содержанием железа чистота тона больше там, где больше растворимость железа в солянокислых вытяжках 5% HCl, т. е. там, где больше содержится гидратного железа, что видно из той же таблицы.

**Результаты определения железа в солянокислых вытяжках
от исследованных пигментов**

| Пигмент, месторождение и лабор. № | % Fe ₂ O ₃ , опреде- ленного в сырье | % Fe ₂ O ₃ , опре- деленного в солянокислых вытяжках | Чисто- та тона R |
|---|---|---|------------------------|
| Охра, рудник «Ачи-Сай» (157) | 74.02 | 17.1 | 88 |
| Сурик, «Пролетарский руд- ник» (470) | 77.80 | 1.1 | 60 |
| Охра, «Ярмарочная площадь» (84) | 41.20 | 5.1 | 76 |
| Мумия, «Феодосийская бал- ка» (134) | 42.80 | 2.5 | 69 |
| Охра, Карасинское (3) | 10.30 | 2.7 | 69 |
| Мумия, Поповка (13) | 10.50 | 0.7 | 60 |
| Охра, Берестовское (223) . . . | 5.50 | 1.7 | 65 |
| Розовая глина, Озургеты (35) | 4.50 | 0.6 | 55 |

Для выявления зависимости цвета от степени гидратации железа был выполнен термический анализ образцов охры месторождения рудника Ачи-Сай, Турланского района, Казахской ССР (обр. 157; табл. 1) и охры месторождения Винновка, Сталинградского района, Сталинградской области (обр. 87). Химический состав последней следующий: нерастворимый остаток 8.6%, Fe₂O₃ 73.5%, Al₂O₃ 4.4%, CaO 0.68%, SO₃ 0.24%, H₂O 2.8%, потеря при прокаливании 11.38%.

Навеска 0.05 г пигмента прокаливалась в тигле в электрической печи в течение 3 часов при различных температурах. Для каждой температуры бралась новая навеска. Цифровые данные потери при прокаливании показаны в табл. 3 и представлены графически на фиг. 1.

Таблица 3

Термический анализ природных пигментов

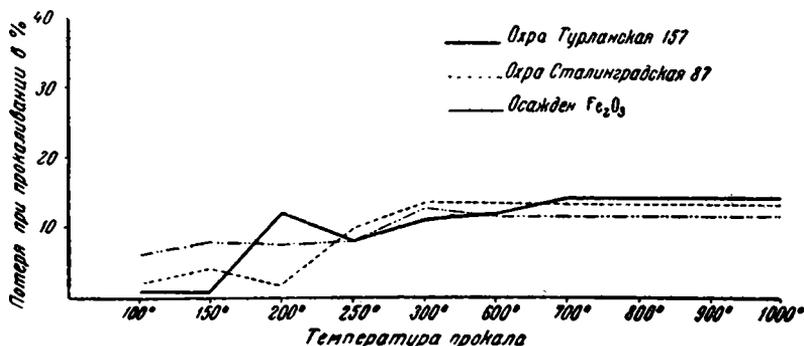
| Пигмент и лабор. № | Потери при прокаливании, в % | | | | | | | | | | Примечание |
|--|------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|---|
| | 100° | 150° | 200° | 250° | 300° | 600° | 700° | 800° | 900° | 1000° | |
| Охра турланская (157) | 0.4 | 0.8 | 12.0 | 9.0 | 11.6 | 12.8 | 12.8 | 12.4 | 12.4 | 12.4 | Все опре- деления приведены в двух парал- лельных на- весках |
| | 0.4 | 0.4 | 14.0 | 8.4 | 15.6 | 13.6 | 12.4 | 15.2 | 15.6 | 12.8 | |
| Охра сталинградская (87) | 2.0 | 4.8 | 2.3 | 10.8 | 12.4 | 12.8 | 12.4 | 14.4 | 14.8 | 13.6 | |
| | 2.2 | 6.8 | 2.8 | 7.2 | 12.0 | 11.6 | 12.0 | 14.0 | 13.6 | 13.6 | |
| Осажденная окись железа (Fe ₂ O ₃) | 6.0 | 8.2 | 7.2 | 9.6 | 13.2 | 13.2 | 13.6 | 14.8 | 14.8 | 14.8 | |
| | 6.0 | 8.8 | 8.0 | 7.6 | 13.2 | 12.8 | 12.8 | 12.8 | 14.0 | 13.2 | |

Из табл. 3 и фиг. 1 видно, что потеря гидратной воды в указанных условиях достигает максимума при 300° и заканчивается при 800°.

То же наблюдается и для осажденной Fe₂O₃, но здесь, вероятно вследствие отсутствия примесей, потеря гидратной воды сосредотачивается в более узком интервале 200—300°. Характер же кривой и точки перелома те же, что и для натуральных пигментов. Все опыты проводились в течение одного и того же времени — 3 часов.

Изменение цвета нерастворимого остатка образцов после прокаливании зависит от температуры этого последнего.

Применение к прокаленным образцам метода солянокислых вытяжек оправдало предположение, что с повышением температуры прокаливания, а следовательно с ростом обезвоживания, растворимость Fe_2O_3 должна падать не только для природных пигментов, но и для чистой синтетической окиси железа. Растворимость последней при повышении температуры прокаливания от 100 до 1000° падает непрерывно с 50 до 0.05%.



Фиг. 1. Зависимость потери при прокаливании от температуры.

Природные пигменты дают более сложную картину изменения растворимости Fe_2O_3 вероятно вследствие большой сложности состава: до 300° растворимость растет, дает в этой точке максимум и затем падает (табл. 4 и фиг. 2).

Таблица 4
Растворимость железа, в %, после прокаливания исследуемых образцов

| Пигмент и лабор. № | 100° | 150° | 200° | 250° | 300° | 600° | 700° | 800° | 900° | 1000° | Примечание |
|---------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|--|
| Охра турланская (157) | 5.9 | 14.0 | 22.8 | 40.0 | 45.0 | 35.4 | 32.0 | 8.9 | 1.1 | 0.10 | Все определения приведены в двух параллельных навесках |
| | — | 14.8 | — | 37.1 | — | 35.4 | 33.1 | 1.5 | 1.1 | 0.01 | |
| Охра сталинградская (87) | 0.2 | 17.1 | 17.1 | 13.8 | 34.7 | 37.2 | 12.4 | 12.4 | 11.9 | 0.12 | |
| | 0.1 | 17.1 | 17.1 | 13.8 | 34.7 | 29.7 | 12.4 | 9.7 | 8.7 | 0.11 | |
| Осажденная окись железа (Fe_2O_3) | 47.1 | 56.3 | 48.7 | 40.4 | 32.6 | 28.0 | 28.7 | 0.4 | 0.4 | 0.05 | |
| | 47.1 | 56.3 | 48.7 | 40.4 | 40.4 | 28.7 | 23.7 | 0.3 | 0.3 | 0.05 | |

Таким образом, только начиная с температуры 300° изменение растворимости для синтетической окиси железа и для природных пигментов параллельно и аналогично.

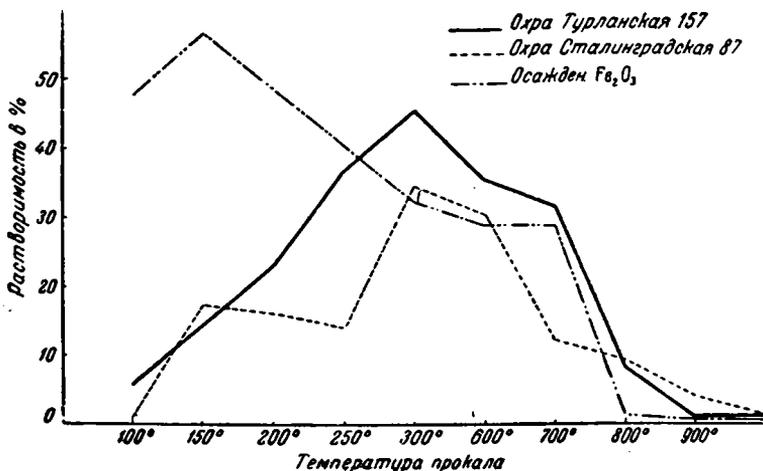
Различие их поведения при более низких температурах объясняется присутствием посторонних примесей в охрах. Можно предположить, что на поверхности гидратов железа в охрах находится в полувязанном или адсорбированном состоянии некоторая небольшая часть этих примесей, повидимому органических соединений, которые и изолируют окислы железа от действия на них температуры. В начале процесса прокаливания эти адсорбированные вещества разрушаются и тем самым повышают растворимость окислов.

Кривые потери при прокаливании, кривые растворимости выше 300° и анализы цвета (табл. 1) устанавливают определенную зависимость между степенью гидратности железа и цветом пигмента.

Цвет пигмента после прокаливания заметно меняется от яркожелтого до тусклого фиолетового оттенка. Нужно заметить, что чистота тона

пигмента сильно увеличивается при прокаливании пигмента при 200, 250 и 300° и затем падает, доходя постепенно до 26 от 88 первоначальных единиц.

Изложенное позволяет установить, что цветность пигмента в значительной мере зависит от степени гидратности окислов железа, содержащихся в природном красочном сырье.



Фиг. 2. Растворимость железа прокаленных охр и осажденного Fe₂O₃.

Для уточнения этого момента был проведен специальный термический анализ обезвоживания природных пигментов, результаты которого были сравнены с кривыми для каолинита (Белянкин, 1937). Для термического анализа были взяты образцы желтого цвета охры с наибольшим содержанием железа — 83%, наименьшим — 4% и средним — 45%. Аналогичному анализу были подвергнуты образцы природных пигментов красного цвета приблизительно с тем же содержанием.

Термический анализ был проведен в печи Марса в интервале от 100 до 900°. Постоянная температура поддерживалась в течение 2 часов.

В табл. 5 приведены химический состав и цветовые константы пигментов, подвергнутых термической обработке.

По данным табл. 6 термического анализа были составлены диаграммы фиг. 3, 4 и 5; на первой и второй показана потеря H₂O при определенной температуре; на третьей — изменение общей потери H₂O для данной навески. Сплошной линией обозначен каолинит, пунктиром обозначены желтые и красные пигменты.

Для сравнения приведен термический анализ из работы Я. В. Самойлова «О воде каолинита», в которой он рассматривает вопрос о выделении воды в каолините при термическом анализе (табл. 7).

По полученным данным термического анализа все восемь исследованных образцов можно разделить на три группы:

I. Глины с адсорбированными окислами железа. Дают наибольший процент потери при прокаливании при 500°, аналогично каолиниту, у которого наивысшая точка потери H₂O при 450°.

II. Руды, содержащие железо в форме гидратов окиси. Дают максимальную потерю H₂O при 300°.

III. Руды, содержащие безводную окись железа с адсорбционной водой, имеющие наибольшую потерю воды при 150°.

Таким образом, термический анализ и минералогическая характеристика позволяют разделить природные глинистые и железистоокисные пиг-

Химический и цветовой анализ пигментов, подвергнутых термическому анализу, в %

| № п. п. | Пигмент, место-рождение и лабор. № | Не-раств. ост. | Fe ₂ O ₃ | Al ₂ O ₃ | CaO | SO ₂ | Пот. при прок. | H ₂ O | Цветовой тон Лмц | Чисто-та тона R | Свет-лота тона H |
|---------|---|----------------|--------------------------------|--------------------------------|------|-----------------|----------------|------------------|------------------|-----------------|------------------|
| 1 | Охра, рудник «Ачи-Сай», Казахская ССР (603) . . | 1.19 | 87.30 | 0.92 | 0.47 | 0.89 | 11.04 | 0.56 | 581 | 81.3 | 33.1 |
| 2 | Сурик железный, рудник «Пионер» Криворожский р-н, УССР (83) . . | 4.36 | 87.01 | — | 0.24 | 0.16 | 4.24 | — | 600 | 35.0 | 7.6 |
| 3 | Охра, рудник «Ачи-Сай», Казахская ССР (613) . . | 5.69 | 83.53 | 0.70 | 0.94 | 0.82 | 11.20 | 0.50 | 582 | 87.1 | 28.5 |
| 4 | Сурик железный, Акчан-кульское, Киргизская ССР (X) | 3.24 | 86.90 | 4.04 | 0.64 | 0.58 | 3.42 | — | 514 | — | 7.5 |
| 5 | Охра, Халиловское, Чкаловской обл. (?) | 45.30 | 44.80 | — | 0.34 | 0.29 | 7.35 | 1.07 | 579 | 60.7 | 30.1 |
| 6 | Мумия, рудник «Ачи-Сай», Казахская ССР (401) | 36.30 | 49.70 | 6.60 | 0.38 | 0.42 | 7.10 | — | 588 | 48.9 | 8.8 |
| 7 | Охра, Халиловское Чкаловской обл. (403) | 76.40 | 9.70 | 2.10 | 0.12 | — | 11.05 | 2.15 | 683 | 64.0 | 50.1 |
| 8 | Розовая глина, Озургеты, Кутаисский р-н, Грузинская ССР (35) | 71.10 | 4.57 | 8.57 | — | 0.19 | 12.80 | 3.30 | 591 | 55.0 | 40.1 |

менты на три почти совершенно различные по своей физико-химической структуре группы, хотя и имеющие по анализу одно и то же валовое содержание железа.

К первой группе можно отнести: обр. 401 с содержанием железа 49.7%, красного цвета, с наибольшей потерей воды при 500°; обр. 403 — Fe₂O₃ 9.7%, желтого цвета; H₂O 2.15%, наибольшая потеря воды при 500°; обр. 35 — Fe₂O₃ 4.5%, розового цвета; H₂O 3.30%, наибольшая потеря воды при 400°.

Ко второй группе: обр. 603 с содержанием Fe₂O₃ 87.3%, желтого цвета; H₂O 0.56%, наибольшая потеря воды при 300°; обр. 613 — Fe₂O₃ 83.5%, желтого цвета; H₂O 0.5%, наибольшая потеря воды при 300°; обр. 7 — Fe₂O₃ 44.8%, H₂O 1.07%, наибольшая потеря воды при 250°.

К третьей группе: обр. 83 с содержанием железа 87.01%, наибольшая потеря воды при 150°, красного цвета; обр. X — Fe₂O₃ 86.90%, красного цвета, наибольшая потеря воды при 150°.

| Лабр. № | | Потеря при прокаливании, в % | | | | | | | | | |
|---------|--|------------------------------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|
| | | 100° | 150° | 200° | 250° | 300° | 400° | 500° | 600° | 700° | 800° |
| 603 | Колич. выделивш. H ₂ O | 0.7 | 0.5 | 0.2 | 1.3 | 7.08 | 1.3 | 0.2 | 0.3 | 0.2 | 0.1 |
| | Колич. всей выделивш. H ₂ O | 0.7 | 1.2 | 1.4 | 2.7 | 9.78 | 11.08 | 11.2 | 11.5 | 11.7 | 11.8 |
| 83 | Колич. выделивш. H ₂ O | 0.2 | 1.4 | 0.4 | 0.5 | 0.04 | 0.7 | 0.2 | 0.7 | 0.1 | 0.3 |
| | Колич. всей выделивш. H ₂ O | 0.2 | 1.6 | 2.0 | 2.5 | 2.5 | 3.2 | 3.4 | 4.1 | 4.2 | 4.5 |
| 613 | Колич. выделивш. H ₂ O | 0.7 | 0.4 | 0.4 | 1.8 | 7.9 | 0.6 | 0.08 | 0.1 | 0.3 | 0.5 |
| | Колич. всей выделивш. H ₂ O | 0.7 | 1.1 | 1.5 | 3.3 | 11.2 | 11.8 | 11.8 | 11.9 | 12.2 | 12.7 |
| X | Колич. выделивш. H ₂ O | 0.2 | 2.2 | 1.4 | 1.2 | 0.1 | 1.2 | 0.4 | 0.4 | 0.8 | 0.6 |
| | Колич. всей выделивш. H ₂ O | 0.2 | 2.4 | 3.8 | 5.0 | 5.1 | 6.3 | 6.7 | 7.1 | 7.9 | 8.5 |
| 7 | Колич. выделивш. H ₂ O | 2.4 | 0.08 | 1.3 | 4.0 | 6.8 | 1.3 | 1.0 | 0.6 | 0.1 | 0.1 |
| | Колич. всей выделивш. H ₂ O | 2.4 | 2.4 | 3.7 | 7.7 | 8.5 | 9.8 | 10.8 | 11.4 | 11.5 | 11.6 |
| 401 | Колич. выделивш. H ₂ O | 0.5 | — | 0.08 | — | 0.2 | 0.5 | 5.3 | 1.04 | 0.04 | 0.04 |
| | Колич. всей выделивш. H ₂ O | 0.5 | — | 0.58 | — | 0.78 | 1.2 | 6.5 | 7.5 | 7.5 | 7.5 |
| 403 | Колич. выделивш. H ₂ O | 2.8 | 0.6 | 0.7 | 1.0 | 0.2 | 2.1 | 3.9 | 0.5 | 0.8 | 0.1 |
| | Колич. всей выделивш. H ₂ O | 2.8 | 3.4 | 4.1 | 5.1 | 5.3 | 7.4 | 11.3 | 11.3 | 12.6 | 12.7 |
| 35 | Колич. выделивш. H ₂ O | 3.7 | 0.8 | 1.4 | 2.8 | 2.0 | 5.6 | 3.7 | 0.8 | 0.2 | 0.2 |
| | Колич. всей выделивш. H ₂ O | 3.7 | 4.5 | 5.9 | 8.7 | 10.7 | 16.3 | 20.0 | 21.8 | 21.0 | 21.2 |

Таблица 7

Термический анализ каолинита

| Продолжительность нагревания, в часах | Температура, в град. С | Колич. H ₂ O, выделенной в определенных интервалах температуры, в % | Колич. всей выделенной H ₂ O | Продолжительность нагревания, в часах | Температура, в град. С | Колич. H ₂ O, выделенной в определенных интервалах температуры, в % | Колич. всей выделенной H ₂ O |
|---------------------------------------|------------------------|--|---|---------------------------------------|------------------------|--|---|
| 4 | 325 | 0.31 | 0.31 | 6 | 575 | 0.25 | 13.28 |
| 2 | 350 | — | 0.31 | 6 | 600 | 0.18 | 13.46 |
| 2 | 375 | 0.04 | 0.35 | 6 | 625 | 0.17 | 13.63 |
| 2 | 400 | 0.07 | 0.42 | 4 | 650 | 0.07 | 13.70 |
| 2 | 425 | 0.49 | 0.91 | 6 | 675 | 0.16 | 13.86 |
| 28 | 450 | 6.21 | 7.12 | 2 | 700 | 0.03 | 13.89 |
| 36 | 475 | 3.50 | 10.62 | 6 | 725 | 0.07 | 13.96 |
| 28 | 500 | 1.57 | 12.19 | 2 | 750 | 0.00 | 13.96 |
| 22 | 525 | 0.80 | 12.99 | 4 | 775 | 0.07 | 14.03 |
| 2 | 550 | 0.04 | 13.03 | | | | |

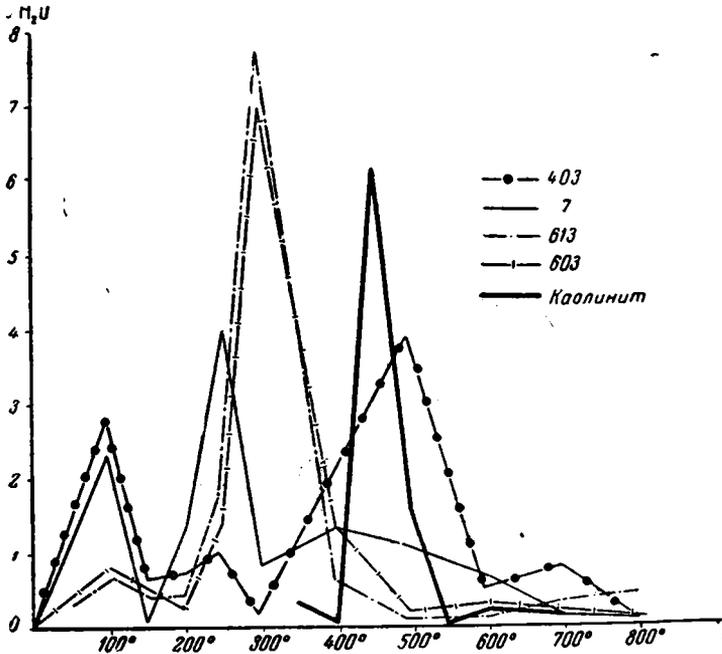
Для установления зависимости цвета природных пигментов от химического состава и их классификации были еще просмотрены следующие соотношения (Толстихина, 1931).

1. Нерастворимый остаток к валовому содержанию железа:

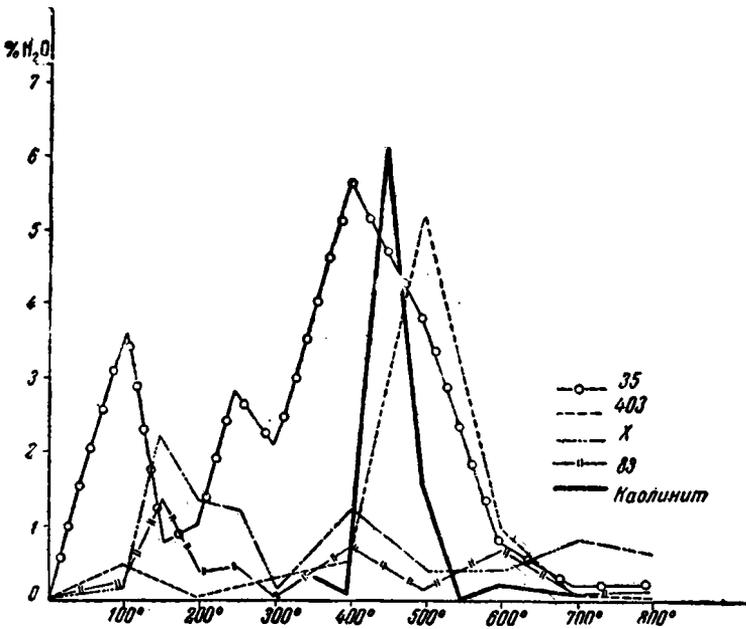
$$\frac{\text{нераств. ост.}}{\text{F}_2\text{O}_3} = V_1$$

2. Валовое содержание железа к общей сумме окислов без железа

$$\frac{100 - \text{Fe}_2\text{O}_3}{\text{F}_2\text{O}_3} = V_{II}$$



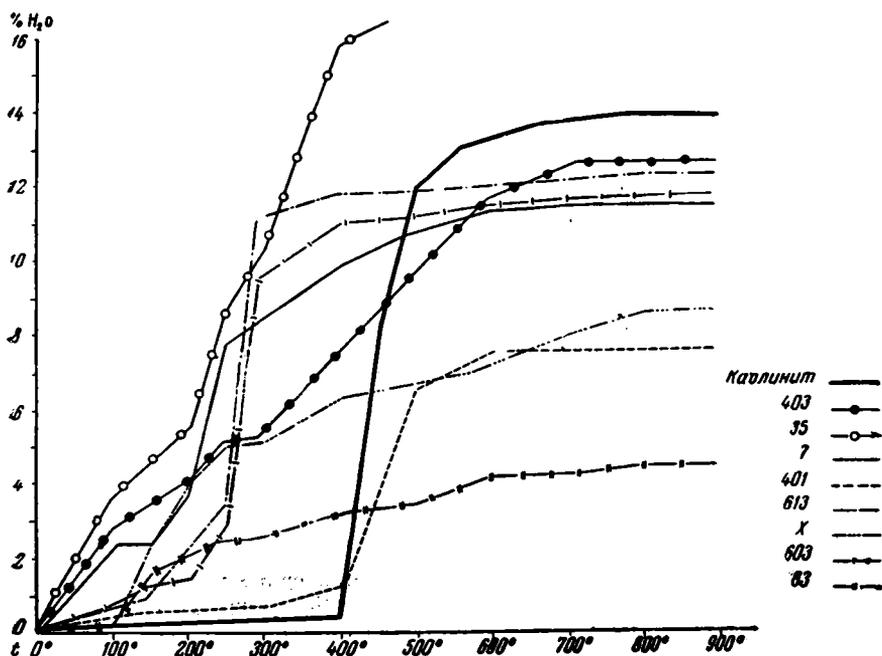
Фиг. 3. Кривые термического анализа природных пигментов. Потери H_2O (в %) при определенной температуре.



Фиг. 4. Кривые термического анализа природных пигментов. Потери H_2O (в %) при определенной температуре.

Полученные данные позволяют констатировать следующую зависимость между относительным содержанием окислов железа в природных пигментах и константами цветности — светлотой (Heilichkeit) и чистотой (Reinheit).

Светлота тона (Н) прямо пропорциональна отношению $\frac{\text{нераств. ост.}}{\text{Fe}_2\text{O}_3}$ и обратно пропорциональна отношению $\frac{100-\text{FeO}_3}{\text{Fe}_2\text{O}_3}$, а чистота тона (R) обрат-



Фиг. 5. Кривые термического анализа природных пигментов. Изменение общей потери H_2O (в %) для данной навески.

но пропорциональна $\frac{\text{нераств. ост.}}{\text{Fe}_2\text{O}_3}$ и прямо пропорциональна $\frac{100-\text{Fe}_2\text{O}_3}{\text{Fe}_2\text{O}_3}$.

При увеличении отношения $\frac{\text{нераств. ост.}}{\text{Fe}_2\text{O}_3}$ от 0.01 до 17 светлота (Н) пропорционально увеличивается с 20 до 50%, причем увеличение ее идет по определенным интервалам увеличения отношения $\frac{\text{нераств. ост.}}{\text{Fe}_2\text{O}_3}$, например: 1) в интервале от 0.01 до 0.1 отношения $\frac{\text{нераств. ост.}}{\text{Fe}_2\text{O}_3}$ светлота увеличивается от 20 до 30%; 2) в интервале 0.1 — 1 того же отношения светлота от 30 до 40% и 3) в интервале от 1 и выше того же отношения светлота от 40 до 50%.

Чистота тона (R) также изменяется в зависимости от изменения отношения $\frac{\text{нераств. ост.}}{\text{Fe}_2\text{O}_3}$, но обратно пропорционально.

Так, в первом интервале она уменьшается от 80 до 70%, во втором от 70 до 60% и в третьем равна 60%.

Третья константа цветности — тон (длина волны) меняется очень незначительно с изменением отношения $\frac{\text{нераств. ост.}}{\text{Fe}_2\text{O}_3}$, несколько уменьшается с увеличением этого отношения.

Такое закономерное увеличение или уменьшение цветовых констант в зависимости от приведенных выше эмпирических отношений безусловно говорит о зависимости цветности пигмента от его химического состава. Небольшие отклонения в ту или иную сторону не должны влиять на вывод. В природных железорзисных пигментах ожидать более точной зависимости невозможно ввиду того, что различные включения ощутительно влияют на изменение цветовых констант.

Приведенный материал дает основание уточнять номенклатуру природных желтых железорзисных и глинистых пигментов и установить зависимость цветности от их химического состава.

Желтые железорзисные и глинистые пигменты могут быть разделены на три группы.

I. Собственно охры — природные пигменты, в которых преобладает содержание нерастворимого остатка в отношении $\frac{\text{нераств. ост.}}{\text{Fe}_2\text{O}_3} > 3.3\%$; светлота тона (Н) от 50 до 40%; чистота тона (R) от 60 до 70%; теорет. $\text{Fe}_2\text{O}_3 < 23\%$; эмпир. $\text{Fe}_2\text{O}_3 < 22.8\%$.

II. Охристые железорзисные пигменты — желтые природные пигменты, в которых содержания нерастворимого остатка и окислов железа приблизительно близки, причем отношение $\frac{\text{нераств. ост.}}{\text{Fe}_2\text{O}_3}$ колеблется между 3.3 и 0.33%.

$3.3\% > \frac{\text{нераств. ост.}}{\text{Fe}_2\text{O}_3} > 0.33\%$;
 светлота тона (Н) от 40 до 25%; чистота тона (R) от 70 до 85%; теорет. $75\% > \text{Fe}_2\text{O}_3 > 23\%$; эмпир. $74\% > \text{Fe}_2\text{O}_3 > 22\%$.

III. Желтые железорзисные пигменты не охры — желтые природные пигменты, в которых содержание окиси железа преобладает над нерастворимым остатком.

Отношение $\frac{\text{нераств. ост.}}{\text{Fe}_2\text{O}_3} > 0.33\%$; светлота (Н) от 25 до 18%; чистота тона (R) от 83 до 90%; теорет. $\text{Fe}_2\text{O}_3 > 75\%$; эмпир. (в присутствии H_2O или CO_2 или органических веществ) не $> 50\%$.

Данная работа подтверждает зависимость цветности природных пигментов от химического состава и дает наглядную их классификацию.

Л И Т Е Р А Т У Р А

- Б е л я н к и н Д. С. К вопросу кривых нагревания каолина. Тр. 2-го совещания по экспериментальной минералогии и петрографии. 1937.
 К а з а к о в А. В. Термика и растворимость минералов. Тр. 2-го совещания по экспериментальной минералогии и петрографии. 1937.
 К н я з е в И. И. и Н а с л е д о в И. А. Отчет о свинцовых рудах Турланского месторождения. 1930.
 С а м о й л о в Я. В. О воде каолинита. Изв. Акад. Наук, сер. 6, 1909, 3, № 17.
 Т о л с т и х и н а К. И. Отчет по технологическому исследованию красочного сырья рудников Ачи-Сай и Каре-Кен-Сай. 1931.

К. И. ТОЛСТИХИНА

ЯРОЗИТОВЫЕ ПИГМЕНТЫ

Как известно, принято считать допустимым содержание сульфатной серы в железистоокисных пигментах только в десятых долях процента, что нашло отражение и в требованиях стандарта (Wagner, 1932). Ярозиты — природные сульфатные минералы, богатые окисным железом, поэтому, казалось бы, должны быть вовсе исключены из числа железистоокисных пигментов.

Однако, исследования над ярозитовыми породами в Казахстане показали, что, будучи использованы в качестве пигментов, они являются атмосфероустойчивыми, светоустойчивыми и обладают хорошей укрывистостью, т. е. имеют хорошие технологические показатели (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Технологическая характеристика ярозитовых пигментов

| Образец, месторождение, лабор. № | Механический анализ | Цветовой анализ | Технологические показатели | |
|--|--|--|----------------------------|------------------------------|
| | | | маслоемность М | кроющая способность К = г/м² |
| Ярозитовая порода, рудник «Ачи-Сай», Турланский р-н, 621 | 18% частиц > 0.1 мм 82% частиц < 0.1 мм | λ — 585 м μ Н — 41 ⁰ / ₁₀₀ , R — 70 ⁰ / ₁₀₀ | 14.2 | 80 |
| То же, рудник «Каре-Кен-Сай», Турланский р-н, 302 | 23.8% частиц > 0.1 мм 76.2% частиц < 0.1 мм | λ — 585 м μ Н — 33.4 ⁰ / ₁₀₀ , R — 84 ⁰ / ₁₀₀ | 17 | 136 |
| То же, рудник «Каре-Кен-Сай», Турланский р-н, 289 | 17.2% частиц > 0.1 мм 82.8% частиц < 0.1 мм | λ — 580 м μ Н — 29.1 ⁰ / ₁₀₀ , R — 73 ⁰ / ₁₀₀ | 14.4 | 85 |

Цветовой тон характеризуется определенной длиной волны λ наиболее сходного с ним луча спектра.

Чистота цвета R — степень отличия данного цвета от серого цвета той же светлоты.

Светлота цвета H — количество белого в данном цвете.

Состав ярозитовых пород, подвергавшихся изучению, иллюстрируется следующими данными анализов (табл. 2).

По содержанию свинца ярозитовые породы с месторождения Ачи-Сай, особенно обр. 621, близки к плюмбо-ярозитам.

Т а б л и ц а 2

Химический состав ярозитовых пород, в %

| Компоненты | Образцы | | |
|--|---------|-------|--------|
| | 621 | 302 | 289 |
| SO ₃ | 26.10 | 28.67 | 25.10 |
| Fe ₂ O ₃ | 44.00 | 45.07 | 41.04 |
| PbO | 13.10 | 10.48 | 17.91 |
| K ₂ O | 3.20 | — | — |
| Na ₂ O | — | 6.52 | 3.81 |
| Al ₂ O ₃ | 0.77 | 2.10 | — |
| H ₂ O | 10.29 | 7.16 | 10.56 |
| Нераств. ост. | 2.40 | — | 0.80 |
| CaO | — | — | 0.30 |
| CO ₂ | — | — | 1.20 |
| Сумма | 99.56 | 100.0 | 100.72 |

Сера в них находится в сульфатной форме, она совершенно не извлекается водой и трудно извлекается кислотами. После непродолжительного прокаливания при 500° большая часть серы извлекается водой (Анисимов и Запевалова, 1939). Например, из ярозитовой породы обр. 302 при указанных условиях извлекается от 22.9 до 28.17% SO₃ от всей навески.

Путем правильного подбора температуры и времени прокаливания можно достигнуть полного количественного разрушения ярозитовой молекулы.

Для сравнения были изучены на содержание свинца ярозиты из Калужского месторождения Калужской области, Журавлинского месторождения Молотовской области, а также Халиловского месторождения Чкаловской области (табл. 3).

Т а б л и ц а 3

Химический состав ярозитов, в %

| Компоненты | Месторождение | | |
|--|--------------------------|------------------------|------------------------|
| | Журавлинское (25172I) | Калужское (25172II) | Халиловское (27887) |
| Fe ₂ O ₃ | 36.50 | 47.76 | 51.50 |
| SO ₃ | 25.89 | 33.40 | 34.15 |
| Al ₂ O ₃ | — | 0.94 | 0.75 |
| K ₂ O | 7.08 | 6.06 | 6.38 |
| Na ₂ O | — | — | — |
| H ₂ O при 105° | 11.47 | 11.84 | 6.55 |
| Нераств. ост. | 18.40 | — | 0.17 |
| CaO | — | — | 0.50 |

Из прокаленного при 500° ярозита Калужского месторождения извлекается водой 30% SO₃. Количество серы, переходящей в водные вытяжки без прокаливания и после прокаливания при различных температурах

(500—600° и 800—900°) для ярозитовых пород месторождения Ачи-Сай и ярозита Калужского месторождения иллюстрируется данными, приведенными в табл. 4.

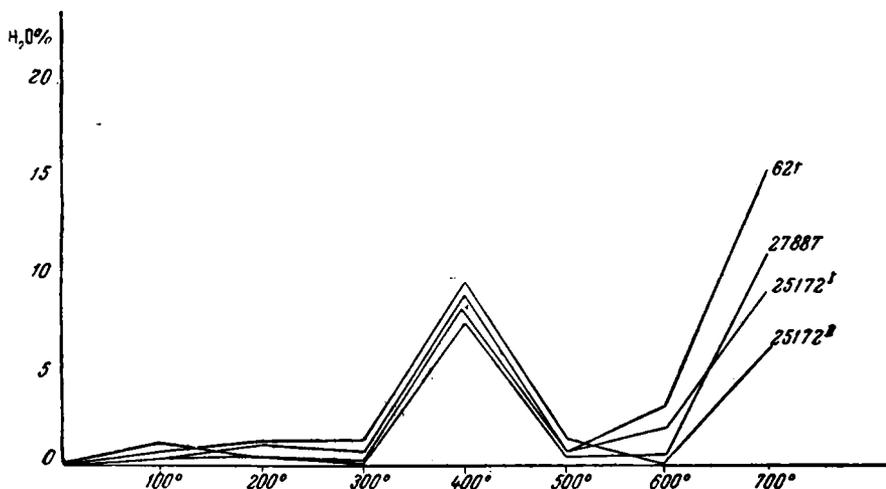
Таблица 4

Количество серы, переходящей в водные вытяжки до и после прокаливании

| № ш. п. | Образец и месторождение | Содержание SO ₂ в % от первоначальной навески | | |
|---------|--|--|---------------------------------|---------------------------------|
| | | до прокаливания | после прокаливания при 500—600° | после прокаливания при 800—900° |
| 1 | Ярозит, Калужское . . . | — | 30.0 | 6.1 |
| 2 | Ярозитовая порода, рудник «Ачи-Сай», 302 . . . | 0.06 | 28.9 | 5.1 |
| 3 | То же, рудник «Ачи-Сай», 289 | 0.31 | 19.0 | 1.5 |
| 4 | То же, рудник «Ачи-Сай», 621 | 0.28 | — | 1.5 |

При нагревании до 800—900° происходит диссоциация сульфатов щелочных металлов, свинца и железа, в связи с чем сера в значительной части улетучивается в виде серного ангидрида.

Изученные ярозиты были подвергнуты термическому анализу (обезвоживанию пород) по статическому прерывному методу (Курнаков, 1934).



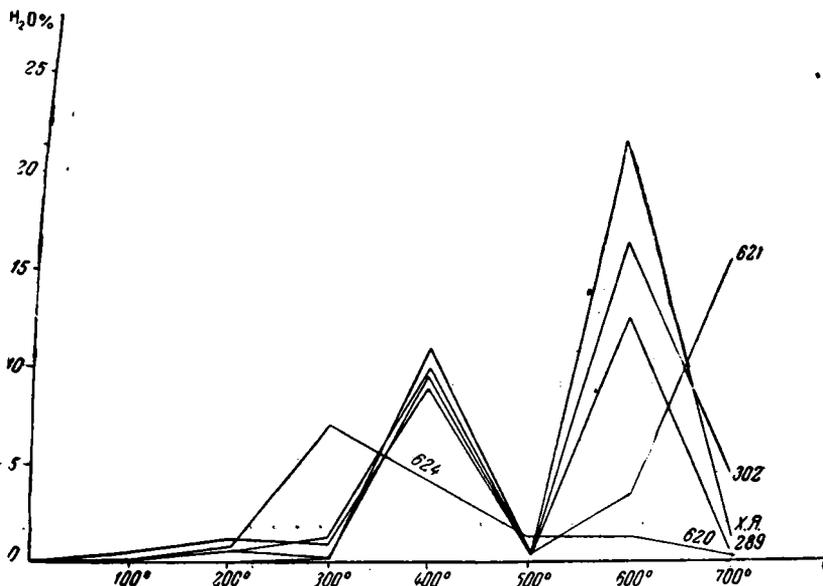
Фиг. 1. Кривые обезвоживания ярозитов

Полученные результаты представлены на графиках фиг. 1 и 2. Для сравнения на тех же графиках нанесены данные, полученные, аналогичным путем для ярозита Журавлинского месторождения и калиевого ярозита Халиловского месторождения.

На графиках обращают на себя внимание значительная общность в ходе кривых для разных образцов ярозита и ярозитовых пород и наличие двух максимумов в отдаче воды.

Проведенные опыты позволяют сделать следующее заключение.

Если сера и свинец находятся в породе в виде стойких комплексных соединений типа минерала ярозита, то содержание их в железистоокисных пигментах может быть допущено в значительно более широких пределах.



Фиг. 2. Кривые обезвоживания ярозитовых пород.

чем это предусмотрено стандартом. Чтобы установить присутствие в породе минерала ярозита, необходимо изучение минералогического состава природных пигментов (Чухров, 1939).

ЛИТЕРАТУРА

- А н и с и м о в С. М. и З а п е в а л о в а Г. Л. Рациональный анализ свинцовых окисленных и полисульфидных руд. Цвет. мет., 1939, № 10.
- К у р н а к о в Н. С. Химические и термические анализы Тихвинских бокситовых пород. Журн. прикл. химии, 1934, вып. 1—2.
- Ч у х р о в Ф. В. О выветривании ярозитов. Докл. Акад. Наук СССР, 1939, 28, № 3, 255.
- W a g n e r H. Zur Kenntnis der Terra di Siena. Cbl. Min., A, 1932, 2247.
- W a g n e r H. Mikroskopische Untersuchung an Eisenoxydfarben. Zeitschr. angew. Chemie, 1932, 861.

СО Д Е Р Ж А Н И Е

| | |
|---|-----|
| Акад. Д. С. Б е л я н к и н, Б. В. З а л е с с к и й и Б. П. Б е л и к о в. О работах Академии Наук в области изучения строительного и облицовочного камня. | 1 |
| Б. В. З а л е с с к и й. Вопросы физико-механической и петрографической характеристики горных пород в связи с оценкой их буримости | 13 |
| Б. П. Б е л и к о в. Геолого-петрографическое и физико-механическое исследование уллу-камского гранита (Сев. Кавказ) | 20 |
| В. П. Е р е м е е в. Дополнительные данные к изучению неоинтрузий Аджарии | 62 |
| Б. В. З а л е с с к и й и Б. П. Б е л и к о в. Физико-механические исследования и опыт определения долговечности главнейших типов облицовочных камней из месторождений СССР | 78 |
| Б. В. З а л е с с к и й, Ю. А. Р о з а н о в, А. Е. П е р в у х и н а и К. И. Т о л с т и х и н а. Месторождения естественных минеральных пигментов в Московской и Рязанской областях | 127 |
| К. И. Т о л с т и х и н а. Связь цвета железистоокисных и глинистых природных пигментов с их химическим составом | 150 |
| К. И. Т о л с т и х и н а. Ярозитовые пигменты | 160 |

Печатается по постановлению Редакционно-издательского совета Академии Наук СССР

Редактор издательства С. Т. Попова

Корректор Н. Н. Морозов

РИСО АН СССР № 2592. А-02602 Издат. № 1083 Тип. заказ № 2906. Подп. к печ. 8/III 1948 г.
Формат бум. 70×108¹/₁₆. Печ. л. 10¹/₂. Уч.-издат. 16,25 л. + 3 вклейки. Тираж 1500

2-я тип. Издательства Академии Наук СССР, Москва, Шубинский пер., д. 10

ТРУДЫ ИНСТИТУТА ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАУК

ПЕТРОГРАФИЧЕСКАЯ СЕРИЯ

Вып. 2 (№ 1). 1938. Стр. 42. Ц. 2 р. 50 к.
Н. И. Соустов и Б. М. Куплетский. Материалы по петрографии Кольского полуострова.

Вып. 3. (№ 2). 1938. Стр. 34. Ц. 2 р. 50 к.
Ф. И. Рукавишников. Геолого-петрографический очерк района Айдырлинских золото-вольфрамовых месторождений на Южном Урале.

Вып. 4 (№ 3). 1938. Стр. 30. Ц. 1 р. 50 к.
Д. С. Белянкин, В. П. Еремеев и В. П. Петров. Новые данные по неинтрузиям в бассейне реки Уруха.

Вып. 5 (№ 4). 1938. Стр. 40. Ц. 2 р.
И. В. Борисевич. Продукты разложения базальтов реки Мокрой Волновахи. А. П. Лебедев. Плагноклазы четвертичных лав Алагеа. Л. М. Куприянова. О сферолитовой микроструктуре в шамоте. А. А. Леонтьева. Исследование физических свойств обсидианов в связи с вопросом пемзообразования.

Вып. 12 (№ 5). 1940. Стр. 99. Ц. 8 р.
Д. С. Коржинский. Факторы минеральных равновесий и минералогические фации глубинности.

Вып. 20 (№ 6). 1939. Стр. 60. Ц. 3 р.
В. В. Лапин. Петрографическое исследование мартеновских шлаков по ходу плавки металла. В. В. Лапин. К минералогии томасовских шлаков. М. П. Волярович, А. А. Леонтьева, Л. И. Корчемкин и Р. С. Фридман. О влиянии плавикового шпата на плотность и вязкость расплавленного диорита. К. А. Торопов. Кристаллизация кварца при низких температурах.

Вып. 21 (№ 7). 1940. Стр. 73. Ц. 5 р.
И. А. Преображенский. О формах зерен. А. А. Турцев. Магнитные свойства бурых железняков Керченского полуострова. А. И. Волженков. Реакционные взаимоотношения, сопровождающие кристаллизацию гранитной магмы. Д. С. Белянкин и В. П. Петров. Тешенито-кампонито-мончикитовые интрузии окрестностей г. Ахалциха.

Вып. 25 (№ 8). 1940. Стр. 83. Ц. 7 р. 50 к.
И. Е. Сморгачев. Характерные особенности оловоносных гранитов Зеренского района. Б. М. Куплетский. Палагонитовые базальты Тимана. И. А. Преображенский. Автигенные полевые шпаты в девонских песчаниках Тимана. И. А. Островский. Использование вариационных диаграмм при изучении сложных минералов. В. В. Лапин. О некоторых явлениях выветривания гранита и мрамора в сооружениях. М. П. Волярович и Л. И. Корчемкин. О влиянии газов на кристаллизацию расплавов горных пород. С. Л. Вольфсон и В. В. Лапин. К вопросу о составе «выполняющего вещества» в структуре портландского цементного клинкера. Б. В. Иванов. К петрографии зонального динаса из свода отражательной печи Кировоградского медеплавильного завода.

Цена 13 руб.