

**ЗАКАВКАЗСКИЙ ИНСТИТУТ СООРУЖЕНИЙ**

---

ТРУДЫ – Выпуск восьмой

553.5

E - 86 /

**ЕСТЕСТВЕННЫЕ  
СТРОИТЕЛЬНЫЕ КАМНИ  
ЗАКАВКАЗЬЯ**



**ИЗДАТЕЛЬСТВО – НАРОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО ЗАКАВКАЗЬЯ**

Тифлис

1933



## СОДЕРЖАНИЕ

ОТ ДИРЕКЦИИ ЗАКАВКАЗСКОГО ИНСТИТУТА СООРУЖЕНИЙ

Ведение . . . . .	I
Н. А. Юдин.—Эффект повышения прочности горных пород при лабораторных испытаниях в насыщенном водой состоянии . . . . .	1
Н. А. Юдин.—О методологии испытания строительных камней на удар . . . . .	17
Г. М. Ломизе.—Испытание известняка — ракушечника на действие больших скоростей водяного потока . . . . .	40
Бурхарц и Зегнер.—Влияние на результаты испытания величины и формы перевода Шуляцкого испытываемых образцов . . . . .	60
С. Г. Даидбеков—Физико-механические свойства Апшеронских известняков . . . . .	75
В. Курочкин.—Результаты предварительного обследования месторождений строительного песчаника вблизи с. Дзегви Тифлисского района . . . . .	103
Г. Эристави.—Карьеры строительного камня района станции Мцхет	115

## ПРИЛОЖЕНИЯ:

1. Данные лабораторных испытаний строительных камней ЗСФСР.
    - 1) Лабораторные работы Зак. Института сооружений.
  2. Данные лабораторных испытаний строительных камней ЗСФСР.
    - 2) Лабораторные работы Зак. Института Автодорожного Транспорта.
  3. Образцы строительных камней (фотографии).
  4. Система записи результатов лабораторных испытаний образцов естественных камней.
  5. Формы таблиц;

### карточка испытания на сжатие

" " " изгиб

" " " истирание

" " " МОРОЗОСТОЙКОСТЬ

" " " восприятие влаги

## **сводный реестр испытаний**

## карточка выполнения заказов

"сведения о карьере и его месторождении.

#### 6. Карта месторождений строительных камней ЗСФСР.

## В В Е Д Е Н И Е

(От Дирекции Института).

Грандиозные задачи, поставленные во втором пятилетнем плане, в области капитального строительства в ЗСФСР—с особой остротой выдвигают проблему развития производства строительных материалов. При этом, в первую очередь, должен быть разрешен вопрос о местных материалах, использующих недефицитное сырье и не требующих топлива.

В числе материалов, производство которых должно получить широкое развитие, особое место в условиях Закавказья должен занять строительный камень.

Закавказье—страна камня, который в самом богатом разнообразии имеется почти повсеместно.

Камень этот один из древнейших строительных материалов, не утерял своей значимости и ценности для строительства и в нашу эпоху.

Камень в строительстве используется, как стеновой материал, на устройство лестниц, мостовых, тротуаров, в различных искусственных сооружениях, в кладке опор мостов, акведуков, сводов, подпорных стен, плотин, для облицовки частей сооружений, подверженных действию значительных скоростей воды в гидротехнических сооружениях, для отделки монументальных сооружений орнаментальным камнем и т. д.

Между тем, необходимо с полной определенностью констатировать, что, несмотря на обширную область применения каменных материалов, огромное распространение месторождений камня в ЗСФСР, весьма длительную практику использования камня—знание свойств наших каменных материалов стоит все еще на весьма низкой ступени.

Широкое применение строительного камня обязывает к серьезной постановке дела разведок новых месторождений и всестороннему исследованию каменных материалов.

Изыскательские и исследовательские работы имеют задачей на основе изучения свойств камня, дать возможность найти условия технически правильного применения материала в конструкциях, обеспечив сооружениям достаточную прочность, снизив одновременно коэффициенты запаса до разумных, экономически целесообразных, пределов.

Строительные камни Закавказья в отношении радиуса распространения в некоторых разновидностях выдерживают вывоз в СССР (например, артикский туф) и даже экспорт за границы Союза (орнаментальные камни).

Заменяя во многих случаях бетон, железобетон и даже металл, камень усиленным применением в строительстве снижает дефицитность, главным образом, цемента и металлов.

Пр этом, внедрение камня проводится в ЗСФСР сравнительно легко, так как этот местный строительный материал хорошо известен по обработке почти всему местному населению, что во многих районах Закавказья обеспечивает строительство подготовленными квалифицированными мастерами.

Значительные темпы роста строительства в ЗСФСР и, в связи с этим, некоторая напряженность баланса строительных материалов, требует повышенного внимания к строительному камню, так как этот материал должен занимать весьма значительное место в балансе стройматериалов в течение долгого периода времени.

К сожалению необходимо отметить, что в этом отношении темпы и масштабы разведочных и некоторых видов научно-исследовательских работ отстают от запросов, предъявляемых все растущим строительством.

Геолого-разведочный трест в общем ведет незначительную работу по разведкам на строительный камень; Институт Прикладной минералогии вследствие проведенного в центральных органах разграничения работ между исследовательскими институтами не ведет никаких работ по строительному камню.

Закавказский Институт Сооружений по той же причине свернул свои работы по строительному камню вообще и оставил в своей компетенции лишь разработку вопросов по изучению механических свойств строительных камней и по использованию той или иной разновидности строительного камня в сооруже-

ниях, т. е. занят разработкой конструктивного оформления камня в конструкции.

Закавказский Институт Строительных материалов, насколько известно, пока не развернул по камню работ в масштабах, необходимых для строительной промышленности ЗСФСР.

В период второй пятилетки необходимо самое широкое использование местных ресурсов стройматериалов; следовательно, назрела, жесткая необходимость учесть наши возможности в отношении строительного камня, поставив в широком масштабе поисковую исследовательскую работу по этому виду строительного материала.

Закавказский Институт Сооружений считает своевременным поделиться с работниками строительства результатами своих работ в области изучения камня.

Работу по камню вела группа строительных камней (ныне испытательная станция ЗИС'а), которая накопила некоторые данные в этой области. Деятельность группы строительных камней ЗИС'а развивалась по следующим направлениям:

1. Рекогносцировочное обследование районов, тяготеющих к строительным центрам, для выявления месторождений строительного камня; работы эти имели целью дать общее ориентировочное суждение о промышленных запасах месторождений. При этом, геологоразведочные работы большого масштаба по строительному камню, конечно, не входили в компетенцию ЗИС'а. Физико-механические свойства камня устанавливались лабораторным испытанием образцов камней. При обследовании устанавливались общие условия для разработки и транспорта камня.

На стоимость камня значительное влияние оказывает дальность и условия возки; поэтому по условиям задания поисковая работа должна была вестись вдоль оборудованных путей сообщения, главным образом, вдоль линии ж. д.

Таким образом, был обследован район Мцхета, район Дзегви и полоса вдоль южной линии Зак. ж. д. до ст. Айрум.

Кроме того, по заданиям отдельных трестов и строительных организаций были обследованы месторождения строительного камня у ст. Иора Кахетинской линии, Анийские месторождения туфа и месторождение камня близь Батума.

Результаты этих работ даются в сборнике в статьях т. т. Курочкина и Эристави по Дзегвинским месторождениям песчаника и по Мцхетским месторождениям строительного камня.

Материалы лабораторных исследований камней всех перечисленных выше месторождений помещаются в отчетных таблицах.

2. Исследовательская работа по разработке методов лабораторных испытаний механических свойств строительного камня. По этому разделу работ за прошлый период не удалось получить специальных ассигнований по бюджету, и вся работа велась за счет использования и обработки данных испытаний образцов по заказам строительств.

Результаты этого раздела работ дали материал для статей т. т. Юдина и Ломизе:

„Инж. Юдин. I. Эффект повышения прочности горных пород при лабораторных испытаниях в насыщенном водой растворе.

II.—О методологии испытания строительных камней на удар.

III.—Инж. Ломизе—испытание известняка—ракушечника на действие больших скоростей водяного потока.

К тому же разделу относится переводная статья (перевод инж. Шуляцкого). „Влияние на результат испытания величин и формы испытываемых образцов“.

Развитие методов лабораторных исследований свойств строительного камня позволит с большей уверенностью судить о качестве этого строительного материала; при этом внесение ясности и уверенности в вопросы прочности даст возможность уточнить расчеты и путем снижения коэффициентов запаса правильно и экономично использовать материал в сооружении, сокращая в отдельных случаях его расход.

В этом заключается существенность технико-экономического эффекта исследовательских работ по строительному камню.

Необходимо подчеркнуть, что в методологии испытаний, в особенности по некоторым их видам, нет полной ясности; между тем имеется возможность, в результате критического анализа принятых приемов, установить в отдельных испытаниях более совершенную методику лабораторных исследований.

3. Лабораторные испытания физико-механических свойств и заключения о пригодности строительного камня определенного месторождения для различных надобностей строительства. Этот раздел работ проводился (и ведется) главным образом, по заданиям трестов и отдельных строительств. Чтобы использовать ре-

зультаты отрывочных работ по заданиям отдельных строек, относящихся к самым различным образцам камней и из различных районов ЗСФСР, группой строительных камней был поставлен учет всего отчетного лабораторного материала, причем собирались, по возможности, полные сведения о месторождении.

Систематизация всего материала лабораторных работ дана в сборнике в виде таблиц и карты ЗСФСР с нанесением на последнюю всех обследованных месторождений. Чтобы обогатить этот материал, ЗИС обратился в Закдортранс с просьбой предоставить возможность использовать в этой работе для расширения карты месторождений строительного камня ценный отчетный материал быв. Зонади (ныне ЗакГИАТ). Эти материалы включены в таблицы и дали возможность значительно пополнить карту (на карте пункты, обследованные Зонади, отмечены особым знаком, (цифры с буквой „Л“).

Предполагалось по всем обследованным по заданиям строительств карьерам произвести рекогносцировочный об'езд; однако, свертывание широких работ по строительным камням по Закавказскому Институту Сооружений не позволило осуществить это намерение.

Таковы три основных вида работы ЗИС'а в области изучения строительных камней ЗСФСР, которые нашли отражение в издаваемом сборнике.

Институт считает необходимым привлечь внимание научных работников, строителей других исследовательских учреждений к этой важной области.

Несмотря на ограниченность материалов, Дирекция Института все же считает вполне своевременным издание этой книги, именно теперь, накануне широкого развертывания работ по производству стройматериалов для выполнения грандиозных заданий второй пятилетки.

Дирекция.

Инж. Н. А. Юдин

## Эффект повышения прочности горных пород при лабораторных испытаниях в насыщенном водой состоянии

Лабораторные испытания камней, предназначающихся для строительных целей, вошли в повседневную практику: ни одно сколько нибудь серьезное каменное сооружение не возводится без предварительного лабораторного изучения механических свойств каменных материалов. Вместе с тем, само собой понятно, что эти испытания имеют смысл лишь в том случае, если на основании их данных могут быть сделаны соответствующие выводы. Одним из обычных лабораторных испытаний является определение временного сопротивления камней в насыщенном водой состоянии. Испытание это имеет целью выявить, не понижается ли механическое свойство камня от насыщения водой; в случае если понижение прочности наблюдается, порода признается негодной для некоторых целей или коэффициенты запаса соответственно увеличиваются. Некоторые породы совершенно не изменяют своих механических качеств от насыщения. Большинство пород понижают прочность в большей или меньшей степени. Изредка наблюдается обратное явление—прочность горной породы повышается от насыщения. Здесь с выводами дело обстоит не так благополучно, как в двух предыдущих случаях. Некоторые просто принебрегают повышением прочности, ибо не желая вникать в сущность явления, приписывают повышение прочности сочетанию погрешностей в силу незначительной точности определения. Другие рекомендуют при выборе расчетных напряжений иметь ввиду именно повышенную прочность. Наконец некоторые—в том числе и Гиршвальд—рекомендуют в случае, если наблюдается повышение прочности породы от насыщения водой, брать особенно большие коэффициенты запаса, относясь к породе с особой осторожностью.

Прежде чем решать, который из этих взглядов более правилен необходимо подробнее ознакомиться с влиянием воды на прочность горных пород, в частности, выяснить, является ли повышение прочности постоянным явлением, или вслед за повышением прочность вновь понижается.

В настоящее время установлено, что прочность некоторых горных пород, в том числе некоторых вулканических туфов,— действительно повышается под влиянием воды, при чем со временем прочность продолжает расти вплоть до некоторого определенного предела. Повышение прочности в этом случае обясняется процессами цементации, аналогичными процессам, происходящим при повышении прочности—схватывании вяжущих веществ. Если такую породу, обнаружившую повышение прочности в насыщенном водой состоянии, вновь высушить—повышенная прочность сохраняется. Будучи употреблена в сооружении, такая порода упрочняется после каждого увлажнения вплоть до достижения некоторой предельной прочности—далее изменение прочности практически прекращается.

Вместе с тем существуют и другие горные породы, у которых вслед за повышением прочности, обычно весьма скоро, наступает понижение прочности, в результате которого прочность падает ниже первоначальной, продолжая уменьшаться в дальнейшем. Если такую породу в период, когда имеет место повышение ее прочности в насыщенном водой состоянии, высушить, прочность ее оказывается ниже той, которую имела порода в сухом состоянии до насыщения. Применение таких пород в сооружениях является не приемлемым.

Прежде чем приступить к обяснению этого явления, приведу сначала интересные результаты работ академика А.Ф. Иоффе по природе сил сцепления в кристаллах, проведенных в Гос. Физ. Техн. Институте в Ленинграде.

До сих пор пластические деформации в кристаллах исследовались методами и приборами сопротивления материалов. А.Ф. Иоффе применил для этой цели рентгеновские лучи; прикладывая к кристаллу различные нагрузки, он наблюдал изменения в рентгеновской дифракционной диаграмме кристалла. В результате изучения рентгенограмм с кристаллов, при постепенно возрастающих нагрузках был выяснен механизм пластических деформаций кристаллов, сводящийся к ряду сдвигов параллельных некоторым кристаллографическим плоскостям и вращению отдель-

ных элементов в плоскостях перпендикулярных некоторому направлению. В результате пластических деформаций кристалл перестает существовать как отдельный индивидуум, оказывается раздробленным на совокупность кусков, несмотря на то, что прозрачность и жесткость получившегося агрегата придают ему вид одиночного кристалла. Изменение в диаграммах Лауз, при достижении предела пластичности, дало возможность весьма точно изучить влияние различных факторов на изменение этого предела.

Опыты производились над кристаллами каменной соли.

В результате опытов обнаружилось, что при комнатной температуре каменная соль разрывалась без остаточных деформаций, в то время, как при высоких температурах она совершенно пластична. Временное сопротивление разрыву, в температурном интервале от  $-190^{\circ}\text{C}$  до  $+190^{\circ}\text{C}$  не изменялось, имея в среднем величину  $450 \text{ гр}/\text{мм}^2$ . При температуре  $+200^{\circ}\text{C}$  имеет место совпадение предела упругости и предела прочности; предел упругости равен  $450 \text{ гр}/\text{мм}^2$ , т. е. равен временному сопротивлению. Ниже  $+200^{\circ}\text{C}$  временное сопротивление достигается прежде, чем предел упругости; выше  $+200^{\circ}\text{C}$  сначала достигается предел упругости. Кристалл течет, прежде чем разорвется. Если разрыв производился при температуре выше  $+200^{\circ}\text{C}$ , при чем если нагрузка возрастала достаточно постепенно и кристалл имел возможность течь, то перед разрывом обычно имело место сильное сужение сечения; временное сопротивление при этом возрастало. Однако имеющее место повышение прочности не является прямым следствием повышения температуры. Кристалл, для которого предел упругости был превзойден при высокой температуре, будучи затем охлажден, так же показывает повышенную прочность, и наоборот, при высокой температуре, если нагрузка возрастала настолько быстро, что в момент, когда был достигнут предел прочности, течение едва началось; кристалл и при  $+620^{\circ}\text{C}$  разрывался при напряжении порядка  $450 \text{ гр}/\text{мм}^2$ .

Повышение прочности об'ясняется изменением структуры, т.к. когда уменьшение сечения достигалось не течением (за пред. упр.), а обработкой механического характера, то оно совершенно не влияло на прочность. Таким образом, об'яснение повышения прочности необходимо искать в изменениях структуры кристаллов. Лаузовская диаграмма указывала на двоякое изменение

структуры кристалла, после того как для него имели место необратимые деформации за пределом упругости; появление аморфных прослойков и приобретение многокристальной структуры.

Далее если предположить, что прочность 450 гр/мм<sup>2</sup> действительно является напряжением, при котором преодолевается сила сцепления между раздельными плоскостями, то имеющие место упрочнения являются трудно-об'яснимыми. Максимальная величина сопротивления одностороннему растяжению при комнатной температуре, теоретически выводимая из хорошо обоснованной электрической теории кристаллов для плоскостей (100), имеет величину около 200 кг/мм<sup>2</sup>, очень сильно отличающуюся от прочности 450 гр/мм<sup>2</sup>, полученной экспериментом. Возникает вопрос о причине такого расхождения. Еще в 80 годах XIX в. Фогт предполагал, что прочность каменной соли обусловлена поверхностью кристаллов; разрушение начинается с поверхности и распространяется в глубину. Griffiths увидел причину этого явления в образовании на поверхности кристаллов тонких острых трещин; на этом основании он построил новую теорию прочности.

По этой теории прочность 450 гр/мм<sup>2</sup> представляет собой лишь напряжение, при котором существующие на поверхности кристаллов тонкие трещины начинают рости в силу перенапряжений на концах.

Griffiths на примере стекла экспериментально показал, насколько сильно понижается прочность от присутствия этих трещин. Таким образом разрушение происходит при напряжениях своим значительно меньших, чем временное сопротивление.

В деформированном многокристальном теле (выражаясь языком металлургической техники—„наклепанном“—подвергнутом холодной обработке) каждая трещина может ити только до границы отдельного кристалла, и не влечет за собой разрушения всего образца.

Такое представление заставляет придать особое значение поверхности кристалла. Действительно Wood на с'езде в Ливерпуле обратил внимание на то, что каменная соль в горячей воде делается гибкой, тогда как в столь же горячем масле она остается хрупкой; теплая вода, растворяя поверхность, быстро уничтожает трещины, предохраняя кристалл от преждевременного разрушения.

А. Ф. Иоффе, сводя на нет влияние поверхности применением растворителя (а также некоторыми другими способами), получил временное сопротивление соли на разрыв около 150 кгр/мм<sup>2</sup>, т. е. числа, подходящие гораздо ближе к теоретической величине 200 кгр/мм<sup>2</sup>, чем к обычно наблюдаемой 450 гр/мм<sup>2</sup>.

Результаты этих работ, имеющие громадный интерес, открывают совершенно новые перспективы использования механических свойств материалов.

Таким образом, действие растворителя повышает временное сопротивление кристаллов на разрыв, а также и на сжатие, вследствие предохранения кристаллов от роста поверхностных трещин. Во всяком случае, если механизм процесса влияния растворителя еще не вполне ясен, то самый факт повышения прочности кристаллов под влиянием растворителя является эмпирическим фактом, против которого невозможно возразить.

Далее, для всех кристаллических веществ, прочность вычисленная на основании электрической теории кристаллов, значительно выше прочности наблюдаемой опытным путем. Отчасти это обясняется неравномерностью распределения напряжений, имеющей место даже при самых тщательных постановках опытов но, главную роль здесь играет влияние состояния поверхности.

Повышение прочности в результате механической обработки (холодной обработки), вызывающей многокристальную структуру—“Наклепки”, является общим для кристаллических веществ. В опытах Иоффе, производившего разрушение шариков под влиянием резких перемен температуры (шарики перемещались из жидкого воздуха в расплавленный металл), наблюдалась прочности более близкие к теоретическим, даваемым электрической теорией кристаллов, вследствии сведения на нет влияния поверхности кристаллов и т. д.

Таким образом, располагая рядом эмпирических фактов, вполне согласных с теорией, мы можем сделать следующее заключение: Повышение прочности кристаллов под влиянием растворителя, предохраняющего кристалл от преждевременного разрушения растворением трещин, существующих на поверхности, представляется общим явлением для растворимых кристаллических веществ.

Степень растворимости вещества, вернее скорость растворения, по всей вероятности играет существенную роль в отно-

шении влияния растворителя на прочность. Точно оценить это влияние в настоящее время мы не имеем возможности как из-за недостачи опытного материала, так и вследствии некоторых неясностей в самом механизме явления.

Действительно, не выяснено под влиянием каких причин на поверхности кристаллов возникают трещины; не выяснено также, сколько времени требуется для того, чтобы привести поверхность, лишенную трещин к нормальному состоянию, при котором поверхность покрыта ими.

Для выяснения последнего явления Иоффе испытывал каменную соль на изгиб. На воздухе каменная соль оказывалась хрупкой, так как вследствие влияния трещин разрушение происходило прежде, чем был достигнут предел упругости. Под водой каменная соль оказывалась гибкой, т. к. благодаря влиянию растворителя предел упругости мог быть достигнут. При этом, если удалить образцы из воды, то оказывается, что некоторые из них остаются гибкими в течении многих секунд, минут, иногда даже дней, в особенности если их поместить в вакуум. Образцы различного происхождения ведут себя различно (физика кристаллов А. Ф. Иоффе). С другой стороны, наибольшая прочность каменной соли наблюдалась при разрыве образцов в горячей воде, когда скорость растворения была наибольшей. Таким образом, мы видим, что в некоторых случаях скорость образования трещин на поверхности весьма не велика, и даже очень медленно действующий растворитель способен предохранить от них поверхность.

В других случаях, когда скорость регенерации трещин велика, эффект влияния растворителя в сильной степени зависит от скорости хода процесса растворения: напр., при подогревании растворителя эффект повышается. Следовательно, эффект влияния растворителя зависит от двух факторов: скорости роста поверхностных трещинок и скорости растворения (растворимости) вещества кристалла в данном растворителе.

В то время, как в отношении растворимости для нас все ясно и мы можем влиять на этот процесс в желаемом направлении, процесс появления трещинок на поверхности кристаллов протекает вне нашего влияния: нам неизвестны факторы, от которых он зависит. Если бы мы могли регулировать этот процесс по своему желанию, то весьма замедлив—приостановив практи-

чески—рост поверхностных трещинок, мы произвели бы переворот в строительной технике, получив материалы небывалой прочности.

Возможно, что некоторые сведения относительно природы факторов, от которых зависит скорость образования поверхностных трещин, мы сможем получить в результате изучения механизма процесса растворения<sup>1)</sup>.

Нами были проделаны некоторые эксперименты с горными породами, при чем целью опытов было твердо установить, может ли растворитель вызвать эффект повышения прочности горных пород так же, как он вызывает повышение прочности отдельных кристаллов. В случае установления возможности такого влияния, мы получили бы возможность делать правильные выводы относительно некоторых данных лабораторных испытаний, которые в настоящее время обычно проходят без внимания.

Одновременно с изучением влияния растворителя на прочность горных пород, изучался также и самий механизм процесса растворения и проникания растворителя внутрь горной породы. Опыты велись с гипсом (алебастром) и мрамором. Ряд одинаковых кусков горной породы погружался в раствор metil violetta концентрации 0,01 и 1/20; через разные сроки куски вынимались и высушивались возможно быстрее на фильтровальной бумаге, а затем в сушильном шкафу (мрамор). Раствор metil violetta сменялся через известные сроки, чтобы растворение не прекратилось вследствии насыщения раствора. Из высущенных кусков горной породы приготавлялись шлифы, как для изучения в проходящем простом и поляризованном свете, так и для изучения в падающем свете.

В результате ряда опытов обнаружилось, что для большинства горных пород процесс в схеме одинаков: вначале вода протекает вглубь горной породы по капиллярным междукристальным щелям, а также по существующим волосным трещинам

<sup>1)</sup> В этом отношении интересно наблюдение Г. В. Вульфа, установившего, что растворимость разных граней кристаллов почти одинакова. Вульф объясняет это явление тем, что при растворении каждая грань покрывается мелкими фигурами травления, при чем эти фигуры оказываются ограниченными приблизительно одними и теми же гранями на разных гранях кристаллов, таким образом, после образования таких фигур, растворимость разных граней выравнивается (Болдырев, Кристаллография, стр. 318). По всей вероятности, также играют роль силы поверхностного натяжения.

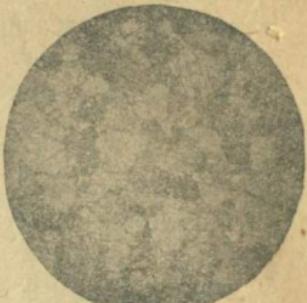
(иногда пересекающим кристаллы). Проникнув в горную породу, вода растворяет аморфное и мелко-кристаллическое вещество, находящееся между крупными кристаллами (в местах „мостовидного“ соединения кристаллов кальцита в мраморе см. микрофот. № 1 Мисханский мрамор). Растворение крупных кристаллов и мест плотного срастания зерен („зубчатого“ срастания в мраморах) идет значительно медленнее. Таким образом в результате проникания воды вглубь горной породы ослабляющей связь между зернами, прочность горной породы уменьшается. Уменьшается прочность также и за счет уменьшения сечения отдельных зерен вследствии растворения; с другой стороны, прочность зерен и всей породы увеличивается вследствии уничтожения растворителем поверхностных трещин.

В зависимости от различных соотношений этих процессов, эффект влияния растворителя может проявляться в разной степени. Таким образом, для горных пород эффект влияния растворителя значительно усложняется, благодаря разнообразию структур горных пород.

Далее растворитель вызывает эффект повышения прочности на разрыв; явления, имеющие место при разрушении от сжимающих усилий более сложны и, относительно них, влияние растворителя, уничтожающего поверхностные трещины, не выяснено.

Вместе с тем, горные породы в искусственных сооружениях работают, главным образом, на сжатие и изредка на изгиб, т. е. косвенным образом на разрыв. Сообразно с этим в лабораториях горные породы испытываются на сжатие, изредка на изгиб, и еще реже на разрыв, при чем последние испытания производятся так же для оценки работы горной породы на изгиб.

А так как эффект влияния растворителя должен обнаруживаться чаще всего при испытаниях на разрыв и изгиб, которые производятся сравнительно редко, то делается понятным, что явление повышения прочности под влиянием растворителя проходит незамеченным в лабораторной практике, а в тех случаях, когда обнаруживается, приписывается случайному сочетанию погрешностей и т. д. Такое обяснение часто напрашивается са-



Мисханский мрамор

мо-собой в силу, с одной стороны „непонятности“ явления, и с другой стороны малой точности испытания горных пород, в силу их неоднородности.

Малая точность, с которой производятся испытания, часто совершенно маскирует скрывает явление, т. к. отклонения, вызываемые действием растворителя, не превосходят отклонений от случайных погрешностей. Приводимые ниже данные частью взяты из материалов лаборатории группы строительных камней ЗИС'а, частью являются результатом опытов, проведенных, как в группе камней ЗИС'а, так и в ЗОНАДИ.

Данные испытаний на разрыв, имевшиеся в нашем распоряжении, весьма ограничены. Испытания камней на разрыв производятся вообще чрезвычайно редко, т. к. каменные конструкции работают на разрыв лишь при изгибе, а прочность на разрыв при изгибе отличается от прочности непосредственно на разрыв; поэтому в лабораториях каменные материалы испытываются обычно на изгиб, а не на разрыв.

Мною были произведены опыты с двумя породами: белым алебастром из Эривани и белым крупнозернистым мрамором Мисханского карьера.

Из этих пород были изготовлены восьмерки, по форме тождественные цементным. Восьмерки были испытаны на разрыв на приборе Михаэлиса для испытания цементных образцов. Две мраморные восьмерки были испытаны в сухом состоянии, а две предварительно были погружены в воду до достижения постоянного веса (насыщения). Данные получились следующие:

Временное сопротив. в воздуш. сухом состоянии . . . . . 24 кг/см<sup>2</sup>.

Временное сопротив. в насыщ. состоянии . . . . . 27 кг/см<sup>2</sup>.

Две гипсовых восьмерки были также испытаны в сухом состоянии, а две других предварительно погружались на шесть дней в спирт, а затем перед испытанием на пол часа в воду (о значении этой манипуляции скажу ниже). Было получено:

Временное сопротив. в воздуш. сухом состоянии . . . . . 23 кг/см<sup>2</sup>.

Временное сопротив. в насыщ. состоянии . . . . . 34 кг/см<sup>2</sup>.

Далее испытания на разрыв были мной оставлены, ввиду малой точности и трудности изготовления восьмерок и дальнейшие эксперименты производились с испытанием на изгиб.

Приведенные ниже данные получены в лаборатории группы строительных камней ЗИС'а. Испытания производились на 60 тонном прессе Амслера. Испытывались призмы размером 25×5×5 см.

Данные приведены в виде таблицы:

Название породы	К а р ь е р	Сред. вр. сопр. в воздуш. сух. состоян. кг/см <sup>2</sup> .	Вр. сопр. в насыщ. сост. кг/см <sup>2</sup> .	Сред. вр. сопр. в насыщ. сост. кг/см <sup>2</sup> .
Андезитовый туфо-брекчий	Карьер Самеба бл. Батума	34.7	11 22 10	14.3
Песчаник	Ст. Иора ЗКВ. карьер Наззвеви	120.3	55 45 45	48.3
Оlivиновый трапп (базальт)	Карьер на р. Дебеда- чай.	235	—	225
Оlivиновый трапп (базальт)	Карьер Чачкан бл. устыя ручья Чачкан.	270	—	214
Гранит	Шнохский	270	—	244
Гранит	Арчис	227	—	216
Туфит	Мцхет	109	—	74
Мрамор	Мисханский	27	—	33
Кристаллический известняк	Сел. Аккера	46	—	55

Таким образом, граниты, базальты, песчаники, туфы и туфобрекции имеют в сухом состоянии прочность большую, чем в насыщенном; повышение прочности в насыщенном состоянии показали лишь кристаллические известняки—мромора.

Чтобы убедиться, является ли повышение прочности в насыщенном состоянии у мроморов следствием влияния растворителя или имеет место упрочнение породы, вследствие процессов цементации, были проделаны следующие опыты:

Несколько призм из Мисханского мрамора были насыщены водой; часть призм была испытана в насыщенном состоянии, остальные были высушены (до постоянного веса), часть до воздушно-сухого состояния; часть же в сушильном шкафу при 60°С. И те и другие высушенные призмы показали прочность меньшую, чем призмы до насыщения; насыщенные же показали повышенную прочность.

Временное сопротивление на изгиб в сухом состоянии . . . 27 кг./см.

Временное сопротивление на изгиб в насыщенном водой состоянии . . . . . 33 кг./см.

Временное сопротивление на изгиб в сост. высушенном после насыщения (сушка 60°С) . . . . . 24 кг./см.

Временное сопротивление на изгиб в сост. высуш. после насыщения (сушка 18°С) . . . . . 23 кг./см.

Точность этих испытаний была такова, что наибольшее отклонение равнялось 4% от средней величины.

Приведенный ниже химический анализ тоже вряд ли дает возможность предполагать наличие процессов цементирования.

#### Анализ мрамора из Мисханского карьера:

CO<sub>2</sub> . . . . . 43,3%

CaO . . . . . 52,9%

SiO<sub>2</sub> . . . . . 0,62%

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> . . . . . 1,40%

Далее влияние воды на горную породу не ограничивается процессами цементирования и растворения. Для выяснения причины повышения прочности при насыщении водой, необходимо учитывать так же влияние капиллярных сил, возникающих при проникновении воды в горную породу.

Чтобы выяснить, каково соотношение между влиянием на прочность горной породы воды, как растворителя и капиллярными силами, были проделаны следующие опыты:

Одновременно уменьшалось влияние капиллярных сил и увеличивался эффект влияния растворителя. Опыт производился с белым гипсом (алебастром) из Эривани.

Была взята разность с преобладающими удлиненными кристаллами, вытянутыми в одном направлении (см. микрофотогр. № 2); удлинение призм соответствовало направлению удлинения кристаллов (оси призм перпендикулярны плоскости напластования породы). Первоначально призмы погружались на 10 дней в чистый спирт. За 30 минут перед испытанием часть призм погружалась в воду, а часть в раствор (насыщенный) хлористого аммония. Гипс, как известно, нерастворим в спирту, а в растворе хлористого аммония растворим приблизительно в 10 раз больше, чем в чистой воде.

Микрофотогр. № 2



В первом случае, когда насыщенный в спирту гипс погружался в воду,—спирт жадно диффундировал с водой и растворение гипса начиналось на большей в глубину зоне, чем в обычном случае. Обычно вода проникает в горную породу довольно медленно, захватывая одну концентрическую зону за другой. При этом в каждой зоне в начале имеет место упрочнение, вследствие растворения трещинок на поверхностях отдельных зерен, далее с ходом процесса растворения ослабляется связь между зернами, уменьшается сечение зерен и прочность вновь уменьшается.

Таким образом, повышение прочности имеет место для каждой зоны лишь в первом периоде насыщения; при обычном ходе насыщения, в то время как для одной зоны наблюдается повышение прочности, для пройденных зон прочность уже понижается.

Предварительным насыщением в спирте, насыщенная за несколько дней спиртом зона, вся одновременно оказывалась в „первом периоде“ и таким образом эффект влияния растворителя значительно увеличивался.

Во втором случае, когда насыщение в спирту призмы погружались в раствор хлористого аммония, достигалась этим, еще большая эффективность влияния растворителя (т. к. в хлористом аммонии гипс более растворим) и на ряду с этим уменьшались капиллярные силы применением, вместо воды, раствора хлористого аммония.

Результаты опытов приведены ниже:

Временное сопротивление гипса на изгиб в сух. состоянии,  
среднее из шести данных . . . . . 27 кг./см<sup>2</sup>.

Временное сопротивление гипса на изгиб насыщ. в спирту,  
а затем погруж. в воду . . . . . 32 кг./см<sup>2</sup>.

Временное сопротивление гипса, предв. насыщ. в спирту и  
затем погруженного в раствор хлорис. аммония . . . . . 51 кг./см<sup>2</sup>.

Таким образом, последние результаты определенно указывают, что повышение прочности вызывается влиянием растворителя, т. к. при уменьшении капиллярных сил и увеличении растворимости прочность повысилась с 27 кг./см<sup>2</sup> до 51 кг./см<sup>2</sup>.

Далее был проделан еще следующий опыт: насыщенные в спирту были погружены в проточную воду на 6 часов и затем испытаны на изгиб. Среднее временное сопротивление оказалось равным 19 кг./см<sup>2</sup>, т. е. ниже первоначального временного сопротивления в сухом состоянии. Следовательно, вслед за повышением с дальнейшим ходом процесса растворения, прочность понижалась.

Обычным в лабораторной практике является определение временного сопротивления горных пород на сжатие; в этом отношении мы располагали самым богатым материалом.

Наиболее интересные данные, полученные в лабораториях группы строительных камней ЗИС'а и ЗОНАДИ, приведены ниже в виде таблицы; (см. стр. 14-я).

Таким образом, мы видим, что граниты, диориты, габбро, андезиты, базальты, и песчаники понижают в насыщенном состоянии водой свою прочность в большей или меньшей степени. Некоторые туфы, туфолава и некоторые известняки (главным образом полно кристаллические) обнаруживают в насыщенном водой состоянии, повышение прочности, при чем в силу больших отклонений (среднее отклонение больше, чем разница между средним врем. сопротивлением в насыщенном и сухом состоянии за исключением породы № 22) нельзя быть уверенными, что превышение среднего временного сопротивления в насыщенном водой состоянии не является результатом сочетания погрешностей. Для выявления сущности явления породы № 17, 19 и 20 и были испытаны вторично, при чем было обращено внимание на повышение точности испытания. Испытания были произведены с кубиками размером 2-х 2 см. на 5-ти тонном прессе Гагарина.

№ по пор.	Название породы	Месторожд. породы назв. карьера	Средн. врем. сопр. в сухом сост.	Мак. врем. сопр. в сухом сост.	Мин. врем. сопр. в сух. сост.	Среднее от- клонение	Сред. врем. сопр. в насыщ. вод. сост.	Мак. врем. сопр. в насыщ. вод. сост.	Мин. врем. сопр. в насыщ. вод. сост.	Средн. откл.	Ср.врем.сопр. в насыщ. вод. сост. в % от ср.врем.сопр. в сух. состоян.	Примечание
1	Грано-диорит . . .	Бамбак . . .	1495	1700	1114	13%	925	1028	925	7%	61.8%	
2	Габбро . . . . .	Ю.-Осетия . . .	1240	1460	1070	9%	1110	1209	1046	7%	89.5%	
3	Тешенит . . . . .	Курсеби . . .	1472	1807	1063	14%	969	1212	841	16%	65.2%	
4	Лнд. базальт . . .	Айрум . . .	959	1513	538	32	905	1154	729	18%	94.2%	
5	Линдезит. туфо-лава	Нижн. Агдам	1448	1997	1080	24%	1408	1593	1093	14%	97.2%	
6	Песчаник . . . . .	Натахтари . . .	1829	2008	1659	4	1735	1851	1622	5%	94.9%	
7	" . . . . .	Борч. у. сел. Качаган . . .	795	950	680	15%	371	399	347	5%	46.6%	
8	Песчаник . . . . .	" . . . .	645	870	409	20%	559	659	457	12%	86.7%	
9	Кварцит . . . . .	Натахтари . . .	1829	2008	1659	4%	1735	1851	1622	5%	95%	
10	Туфит . . . . .	21 км. код. д. .	654	700	634	5%	476	514	461	7%	72.8%	
11	Туф . . . . .	Артик . . . .	98	113	84	14	71	15	66	5%	72.4%	
12	Туф . . . . .	Яни . . . .	99	114	79	—	88	100	74	12%	88.9%	
13	Туфолова . . . . .	Артик . . . .	113	143	83	17	124	139	110	7%	109.7%	
14	Ракушняк . . . . .	Карабала . . .	64	68	61	4	49	52	47	4%	76.4%	
15	Известн. непр. . .	Зестафони . . .	638	781	478	13	361	374	355	2%	56.6%	
16	Известн. туф . . .	" . . . .	23	25	14	20	13	18	6	38%	56.6%	
17	Известн. . . . .	Аккера . . . .	904	—	—	—	1028	1098	—	—	121.0%	
18	Мрамор . . . . .	Мисхан . . . .	510	598	445	4%	491	632	376	19%	96.2%	
19	Офи кальцит . . .	Сел. Цоп . . .	966	1724	377	62	1211	1715	919	15%	125.3%	
20	Мрамор . . . . .	Агамзалу . . .	943	1351	626	23	1100	1171	1007	6%	116.6%	
21	Известняк . . . . .	Яхал-Сенаки	583	656	469	15	613	705	484	14%	115.1%	
22	Мрам. Офи кальцит.	Эриванск. окр.	970	993	961	2%	1149	1180	1105	2%	118.4%	Воздуш. сухой

Кубики изготавливались из исключительно однородных участков породы.

При испытаниях кубики одинаково ориентировались (раздавливающая сила перпендикулярна плоскости напластования).

Результаты приведены ниже:

Название породы	Название карьера	Сред. врем. сопр. в сух. состоянии в кг/см <sup>2</sup>	% отклонение	Ср. вр. сопр. в насыщ. сост. в кг/см <sup>2</sup>	% отклонение	Времен. сопр. в насыщ. сост. в % от вр. сопр. в сухом сост.
Известн. полукристал.	Сел. Яккера .	1010	2%	1187	2%	117,5%
Офи кальцит . . . . .	Сел. Цоп . . .	1350	4%	1311	3%	97,1%
Мрамор . . . . .	Агамзала . . .	1297	2%	1482	3%	114,4%

Таким образом обнаружилось, что породы № 17 и 20 обнаруживают повышение прочности на сжатие в насыщенном водой состоянии.

Далее с породами, обнаружившими повышение прочности в насыщенном водой состоянии, был проделан следующий эксперимент: кубики были насыщены водой и оставлены в ней на 10 дней, затем вновь высушены и испытаны. При этом Артикский туф обнаружил прочность большую, чем он имел первоначально в сухом состоянии, оба мрамора Агамзала и Яккера—прочность меньшую, чем имели до насыщения.

Таким образом, в отношении мраморов как бы напрашивается обяснение повышения прочности эффектом влияния растворителя,

На первый взгляд однако это кажется странным, т. к. растворитель, уничтожая трещины на поверхности кристаллов, предохраняет их от преждевременного разрушения растягивающими, а не сжимающими усилиями.

К тому же из 23-х испытанных мраморов только два обнаружили повышение прочности. Это обстоятельство натолкнуло на мысль, что мраморы, повысившие прочность, обладают какой-то особенностью, химического состава или структуры.

1) Мрамора были испытаны при двух ориентировках раздавливающей силы II плоскости напластования и I к ней. Данные при обоих ориентировках получились одного порядка, с той разницей, что при давлении I плоскости напластования повышение прочности в насыщенном водой состоянии было немного больше, чем при ориентировке II плоскости напластования.

При изучении шлифов из этих мраморов обнаружилась характерная особенность структуры: наличие удлиненных кристаллов (см. микрофотографию № 3); мрамор Агамзалау.

В отношении химического и минералогического состава, мрамор ничем не отличался от других не обнаруживших повышения прочности.

На основании этих данных явление может быть об'яснено следующим образом:

Микроф № 3

Разрушение сжимаемых каменных кубиков происходит обычно по направлению главных скальвающих напряжений.

При чем при работе на скальвание неоднородного тела, каким являются горные породы,—возможна работа отдельных зерен на изгиб. Наличие удлиненных зерен делает особенно вероятной возможность их изгиба.

Поскольку же сжатие сводится к изгибу отдельных зерен, становится понятной возможность проявления эффекта влияния растворителя.

Во всяком случае, если даже механизм явления не таков, то самый эмпирический факт увеличения прочности на сжатие некоторых горных пород, состоящих из растворимых минералов в насыщенном водой состоянии, остается в силе.

Таким образом, в результате работ мы приходим к следующим выводам:

Несомненно установлена возможность проявления эффекта повышения прочности горных пород, состоящих из растворимых минералов на разрыв, изгиб и изредка—на сжатие, под влиянием растворителя, уничтожающего трещинки на поверхности кристаллов.

Повышение прочности горных пород в насыщенном водой состоянии может об'ясняться как действительным упрочнением в результате процессов цементирования, так и эффектом влияния растворителя.

В то время, как в первом случае при удовлетворительных остальных данных, горная порода может быть без опасений применена в строительстве, во втором случае—применение породы в частях сооружений, могущих подвергаться действию влаги—безусловно недопустимо, так как процесс растворения, вызывающий эффект временного повышения прочности, разрушает породу и со временем может привести к катастрофе.

Необходимо резко различать действительное повышение прочности от повышения прочности вследствие эффекта влияния растворителя.



Инж. Н. А. Юдин.

## О методологии испытания строительных камней на удар

Камень подвергается ударам (обычно в комбинации со сжатием и истиранием) в целом ряде конструкций и сооружений, таковы: брускатка, шашка, булыжник и щебень на дорогах и улицах, тротуарные плиты, лестничные марши, плиты для полов, штучные камни мостовых устоев, материал облицовки и наброски морских молов, дамб и пристаней, некоторые конструкции гидротехнических сооружений и т. д.

Уже из простого перечня видно, насколько большое значение, при выборе каменных строительных материалов, может иметь оценка их способности противостоять ударам. При этом удары, которым подвергаются камни в разного рода сооружениях, весьма различны: удар камней, приводящихся в движение морской волной, сильно отличается от ударов, которым подвергается каменный кубик в брускатке на улице и т. д. Поэтому, при рациональном выборе камня для разного рода сооружений, необходимы предварительные лабораторные испытания, которые должны давать определенные указания о его пригодности или непригодности, учитывая все особенности работы на удар камня в данном сооружении.

Итак, для подбора каменных строительных материалов и размеров отдельных каменных конструкций таким образом, чтобы сооружение было обеспечено необходимой прочностью и вместе с тем не было допущено чрезмерного запаса, строительство стоит перед необходимостью, путем предварительных испытаний, определять для камней характеристики их работы на удар.

При этом является совершенно понятным, что различные испытания имеют смысл лишь в том случае, если на основании их данных могут быть сделаны определенные выводы.

Ввиду недостаточного освещения в русской литературе методологии испытания камней на удар, группе строительных кам-

ней Закавказского Института Сооружений, пришлось поставить ряд экспериментов для того, чтобы наладить в своей лаборатории испытания на удар, в результате чего появилась возможность сделать некоторые выводы относительно существующей методики испытания камней на удар. В настоящее время работа продолжается, однако, так как некоторые выводы сами по себе представляются интересными, ЗИС счел необходимым опубликовать их до окончания всех экспериментов.

В этой статье схематически освещены существующие методы испытания камней на удар и на основе выводов, полученных в результате произведенных экспериментов, дан их анализ.

Основные требования в отношении методов испытаний сводятся к следующему:

1) Во-первых, данные, получаемые в результате испытаний должны быть между собой сравнимы. Это требование обязательно, т. к. при несоблюдении его вообще, не может существовать никакого определенного критерия.

2) Во-вторых, результаты испытаний должны быть таковы, чтобы по ним было возможно ясно ответить на вопрос: насколько пригоден испытуемый материал для данной цели и подбирать размеры сооружений без чрезмерного запаса. Для этого необходимо, чтобы на основании получаемых при испытаниях характеристик, можно было вычислить реальную сопротивляемость данного материала в сооружении. Того же можно достигнуть и не прибегая к вычислению реальной сопротивляемости материала в сооружении, путем сравнения эмпирических характеристик, получаемых при лабораторных испытаниях, с такими же характеристиками горных пород зарекомендовавших себя определенным образом службой в сооружениях.

3) В третьих, необходимо, чтобы методы испытаний были возможно более простыми и чтобы они, удовлетворяя двум первым требованиям, имели возможно меньшую стоимость.

Насколько же удовлетворяют этим требованиям существующие методы испытания на удар.

Наиболее распространены в настоящее время следующие методы:

испытание на копре Мартенса, его видоизменения;

испытание на копре Пэджа и

несколько схожий с ним немецкий метод.

а) Испытание на копре Мартенса.

У Ваврциньон'а насчет методов испытания на удар на копре Мартенса даны указания не освещают, однако, вопрос в достаточной степени. Указания сводятся к следующему:

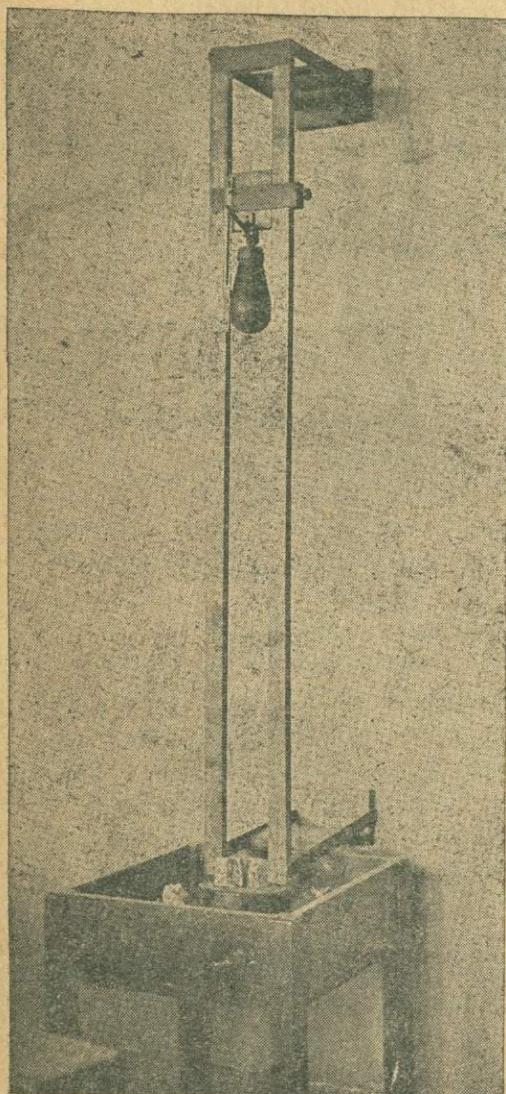
Копер Мартенса состоит из деревянного ящика на ножках и пары направляющих со шкалой, вдоль которых может двигаться приспособление для сбрасывания грушевидных гирь.

Ящик заполняется песком, в который погружаются испытываемые образцы.

Испытания производятся комплектом грушевидных гирь, нижняя часть которых, производящая удар, очерчена на части сферы; гири весом 5 кг. с радиусом сферы 45 м/м.; 2 кг. с радиусом 32 м/м.; 1 кг. с радиусом 26 м/м. и  $\frac{1}{2}$  кг. с радиусом 20 м/м. (конструкция копра и механизма для сбрасывания гирь, ясны из приложенной фотографии).

Насчет формы и размеров испытуемых образцов определенных указаний нет. Относительно того в каких случаях применяются гири того или другого веса указано, что гири меньшего веса следует брать для более слабых горных пород.

Мерилом сопротивляемости образца разрушению от ударов



считается „удельная работа разрушения“, т. е. работа произведенная для разрушения образца, деленная на об'ем образца, с размерностью  $\frac{\text{кгр} \times \text{см.}}{\text{см}^3} = \frac{\text{кгр.}}{\text{см}^2}$ .

Указано также, что „желателен“ подбор высоты падения гири таким образом, чтобы разрушение образцов происходило с одного удара.

Некоторые дефекты этого метода были настолько явно заметны, что в настоящее время уже подверглись изменению. Например, явно, что для сравнимости результатов испытаний необходимо, чтобы упругость опоры, для испытуемых образцов, была постоянной. Вместе с тем, деревянный ящик заполненный песком представляет собой систему значительной и вместе с тем неопределенной упругости. Далее, чем более упруго основание, тем меньшая часть удара воспринимается испытуемым образцом. А т. к. деревянный ящик с песком представляет систему весьма упругую, могло потребоваться значительное количество работы для разрушения образца. Так например, однажды лаборант Группы строительных камней ЗИС-а, производя испытания на упругом основании, весь служебный день производил удары испытуемого образца, не добившись его разрушения, а добиться разрушения образца с одного удара путем увеличения высоты падения гири просто не представлялось возможным.

Таким образом, ясно, что для сравнимости результатов и для того, чтобы разрушение происходило при наименьшей затрате работы и времени (в случае если работа камня в сооружении предполагается на упругом основании, это может быть учтено снижением допускаемых норм) необходимо испытание производить на жестком основании. Поэтому, в настоящее время, наиболее принята следующая конструкция постамента для копра Мартенса: ящик деревянного постамента заполняется на 15—20 см. бетоном, поверх бетона укладывается слой 1,5—2,0 см. песчаного асфальта, на который укладывается железный лист толщиной 12—15 мм. На железный лист насыпается слой 1—0,5 см. чистого кварцевого песка для создания равномерности распределения напряжений по нижней поверхности испытуемого образца.

Существуют многочисленные вариации описанного способа испытания, ниже приводим некоторые из них. Например, во Франции нормальным является следующее испытание: образцы

размером  $5 \times 5 \times 5$  см. устанавливаются на жестком основании и разбиваются рядом ударов гирей весом 6 кг., падающей с высоты 1 м.. Характеристикой является число ударов до появления первой трещины.

В СССР в Лаборатории имени Проф. Белелюбского, при испытании бетона для дорожной одежды, был применен следующий метод испытаний на удар. Образцы размером  $40 \times 40 \times 10$  см. устанавливались на жестком основании и подвергались ряду последовательных ударов гирей весом 5 кг. с высоты 5 см., 10 см., 15 см., 20 см. и т. д.  $n \times 5$  см. При чем за характеристику принималась полная работа, затраченная на разрушение образца, деленная на об'ем образца.

Механическая Лаборатория ЦИАТ-а, при испытании клинкеров разных заводов СССР в 1930 г., производила испытания образцов размером  $220 \times 100 \times 65$  мм. гирей весом 5 кг., с высотой падения 10 см., 20 см., 30 см. и т. д.  $n \times 10$  см. Характеристики вычислялись также как и в предыдущем случае и были получены от  $7 \text{ кг}/\text{см}^2$  до  $14 \text{ кг}/\text{см}^2$ .

При испытаниях в Группе строительных камней ЗИС-а, а также в Харькове, применялись следующие методы испытания на удар.

Образцы размером  $5 \times 5 \times 5$  см. на жестком основании разбивались гирей весом 5 кг. с одного удара при минимальной, достаточной для разрушения, высоте падения. Удельная работа этого удара является механической характеристикой прочности на удар испытуемой породы. При этом испытании минимальная высота падения определялась пробным разрушением одного или нескольких образцов, подвергая их ряду ударов с постепенным возрастанием высоты через каждые 5 см.

#### Испытание на копре Пэджа.

Методология испытаний на удар на копре Пэджа сводится к следующему:

Испытываются образцы цилиндрической формы, с диаметром и высотой равными 2,5 см., выпиливаемыми на специальном станке. Удары наносятся бабой весом 2 кг. и передаются испытываемым образцам через подбабок весом 1 кг. нижняя поверхность которого ограничена по полусфере радиуса 1 см.

Образцы устанавливаются на жестком основании (наковальне весом 50 кг.) так, чтобы подбабок касался центра их верхнего основания. Удары наносятся последовательно с высоты 1 см.,

2 см., 3 см. и т.д. пsm. причем изменение высоты падения бабы после каждого удара, обратный под'ем и спуск, производятся автоматически. Наибольшая высота поднятия гири 90 см.

Характеристикой является порядковый номер удара, при котором происходит разрушение. Камень считается хорошо сопротивляющимся ударам при показателе выше 16, и плохо сопротивляющимся при показателе ниже 8.

Испытание на копре Пэджа принято как нормальное в Америке и Англии при испытании материалов для дорожной одежды.

В Германии, в настоящее время, принятая следующая нормальная методология испытания на удар, разработанная д-ром Фепплем (в дословном переводе называемая испытанием „на выносливость“).

Испытание производится над образцами кубической формы об'емом 25 см<sup>3</sup>, и более. Удары наносятся бабой весом 50 кг. падающей для кубика об'емом 25 см<sup>3</sup>. при первом ударе с высоты 1 см., далее с удвоенной высоты, утроенной и т. д. до разрушения. Для кубиков другого об'ема высота падения изменяется пропорционально об'ему.

Суммарная работа, затраченная на разрушение, деленная на об'ем образца (удельная работа), носит название — „качественного числа“.

Д-р Феппль дает следующие характерные качественные числа для разных горных пород:

гранит . . . . .	217
базальт . . . . .	263 — 819
гроувакковый конгломерат . . .	537
песчаники . . . . .	15—20.

Мерой хрупкости горных пород Феппль считает величину представляющую частное от деления „качественного числа“ на временное сопротивление на сжатие, то есть имеющую размерность кг.

$$\frac{\text{кв. см.}}{\text{кг.}} = 1$$
$$\frac{\text{кв. см.}}{\text{кг.}}$$

Прежде чем перейти к анализу существующих методов испытания на удар, необходимо предварительно остановиться на самом явлении разрушения горных пород ударами.

В теории упругости рассматривается случай удара изотропного бруска в виде прямоугольной призмы с квадратным осно-

ванием, гирей падающей по направлению оси бруска и наносящей удар плоскостью строго параллельной верхней плоскости бруска. Правильные пути к анализу явлений, имеющих место в этом случае, наметились после того, как было формулировано положение Joung'a. Это положение сводится к следующему: при ударе остаточные деформации бруска могут иметь место в случае, если отношение скорости ударяющей гири к скорости распространения упругих колебаний (звука) в бруске, больше относительной деформации при пределе упругости.

Действительно, если обозначить через  $v$  скорость падающего груза и через  $v_1$  скорость распространения в бруске упругих колебаний, рассматривая все явления в достаточно малый промежуток времени  $t$ , за который скорость  $v$  можно считать постоянной, мы будем иметь следующее: путь гири равный деформации бруска равен  $v \times t$ . За то же время длина части бруска, подвергшаяся деформации, равна  $v_1 \times t$ . Таким образом относительная деформация бруска равна  $\frac{v \times t}{v_1 \times t} = \frac{v}{v_1}$ , а т. к. остающиеся деформации появляются после того как относительные деформации превосходят величину соответствующую пределу упругости, эта формула является доказательством положения Joung'a.

При этом, как видно из положения Joung'a, эффект, который может быть произведен ударяющей гирей, весьма существенно зависит от соотношения масс ударяющей гири и ударяемого бруска. Действительно, чем больше масса гири, тем меньше влияет на ее движение противодействие упругой силы деформирующегося бруска.

Что касается величины массы ударяемого бруска, то при условии жесткости основания, на котором установлен ударяемый брускок, эта масса непосредственно не играет роли и, таким образом, существенным является отношение между массой гири и величиной воспринимающей удар площади бруска.

В теории упругости рассмотрены случаи удара бруска при значении  $\frac{v}{v_1}$  меньше соответствующего предела упругости, и на основании изучения уравнений колебаний бруска, определены наибольшие напряжения. Например, для бруска заделанного в нижнем конце, даны следующие значения величины наибольших напряжений, возникающих в месте заделки бруска.

При  $m > 24$  наибольшее напряж.  $P = E \times \frac{v}{a} \times (\sqrt{m+1})$

При  $24 > m > 5$  наибол. напряж.  $P = E \times \frac{v}{a} \times (\sqrt{m+1,1})$ .

При  $m < 5$  наибольшее напряж.  $P = E \times \frac{v}{a} \times (1 + e - \frac{2}{m})$  st. Venant)  
где  $m$  есть отношение массы ударяющей гири к массе ударяемого бруска,

Таким образом, в момент удара у воспринявшей удар плоскости возникает плоская волна сжатия, распространяющаяся далее по бруски. При этом, при известном соотношении величин  $v$  и  $v_1$ , относительная деформация достигает такой величины, что силы взаимодействия между элементарными комплексами, составляющими данное вещество, получают необратимые изменения, и происходит разрушение вещества. А так как величина потенциальной энергии связи между ионами или молекулами, входящими в состав вещества, весьма велика, то и работа для полного разрушения вещества на элементарные составляющие должна быть значительной.

В действительности обычно происходит неполное разрушение; в случае бруска, вырезанного из кристалла, разрушение сводится к ряду сдвигов—скольжений, вращению отдельных агрегатов вдоль некоторых плоскостей и разрушению части элементарных слагающих пространственной решетки кристалла. При этом, в предельном случае полного разрушения всех элементарных слагающих, кинетическая энергия удара оказывается равна полной потенциальной энергии пространственной решетки кристалла. Однако, при реальном эксперименте добиться полного разрушения пространственной решетки не представляется возможным, а имеет место лишь частичное разрушение, степень которого может существенно изменяться. Поэтому установить строго определенное соотношение между энергией удара и происходящим разрушением вещества—представляется весьма затруднительным.

Итак, при значении  $\frac{v}{v_1}$  большем относительной деформации, соответствующей временному сопротивлению и достаточно большой величине массы гири, явление, имеющее место при ударе бруска, представляется в следующем виде. Непосредственно близь плоскости, воспринявшей удар, возникает волна сжатия и происходит разрушение материала, на которое расходуется главная

часть кинетической энергии удара; далее, остальная часть кинетической энергии удара передается неразрушившейся части бруска в виде энергии упругих колебаний. Таким образом, разрушение бруска ударом может быть различно, как в отношении распространения разрушения, так и его полноты. Поэтому, наиболее характерной может являться величина кинетической энергии (работа), необходимая, чтобы произвести первое заметное разрушение.

При этом, энергия, необходимая для этого разрушения, оказывается зависящей от величины  $\frac{v}{v_1}$ , величины площади воспринимающей удар, и от соотношения лишь гири и бруска, но не находится в простой пропорциональной зависимости от масс, и следовательно и об'емам бруска.

Переходя от рассмотренных теоретических случаев к рассмотрению разрушения ударами реальных горных пород, необходимо учесть следующий ряд усложнений основного явления.

Во-первых, реальные горные породы, за весьма редкими исключениями, не являются телами изотропными, а представляют сложные неоднородные тела. Действительно, обычно горные породы состоят из ряда анизотропных агрегатов — различно ориентированных кристаллов породообразующих минералов; частично из изотропного аморфного вещества и, лишь весьма редко, целиком из аморфного вещества. Далее, в силу условий генезиса, свойства горных пород обычно бывают различны по разным направлениям (сланцеватость, слоистость, трещины отдельности и т. д.) Кроме того имеют место как обще-фациальные, так и местные изменения свойств горных пород.

Во-вторых, в отличие от рассмотренного случая в действительности удар наносится не плоской поверхностью параллельной плоской же поверхности камня воспринимающей удар, а телами различной формы. Например, при испытаниях удар наносится гилями, с ударяющей частью, очерченной по части сферы, и воспринимается частью поверхности верхней грани кубика. В момент удара кубик деформируется, при этом гиля как бы вдавливается в кубик на некоторую глубину  $\lambda$  равную наибольшей деформации. Точка с наибольшей деформацией оказывается окруженней рядом концентрических окружностей лежащих на поверхности сферы. При этом на каждой окружности деформации оказываются равны между собой, но изменяются от одной окружности к другой в пределах от 0 до  $\lambda$ . Поэтому зависи-

мость, между кинетической энергией ударяющей гири и размерами испытывающихся образцов, формой гири и механическими характеристиками камня, оказывается весьма сложной и до сих пор не выражена аналитически.

Приведенные сведения теоретического характера в связи с недостаточной изученностью явления удара не дают ответа на ряд практических вопросов возникающих при испытаниях на удар.

Для опытно-эмпирического разрешения наиболее основных из этих вопросов, группой камней был поставлен ряд экспериментов, к описанию которых мы и переходим.

Испытания камней на удар производились ЗИС-ом на копре Мартенса следующим образом:

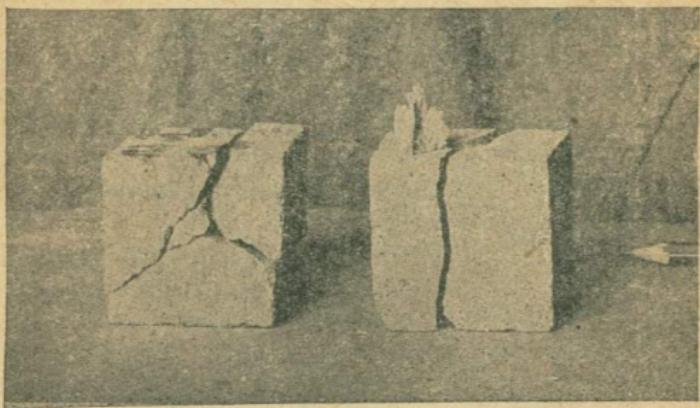
Кубик устанавливался на чугунной плите, поверх которой насыпался слой кварцевого песка 0,5 см., служащий для равномерного распределения напряжений по нижней поверхности кубика. Далее наносился ряд ударов гирей весом 5 кг. С каждым ударом высота падения увеличивалась на 5 см. После нескольких ударов кубик разрушался. Далее устанавливался следующий кубик, которому наносился удар с той же высоты, с которой падала гиря, вызвав разрушение предыдущего кубика. В случае если кубик не разбивался, высота несколько увеличивалась.

Таким образом, подбиралась та наименьшая необходимая для разрушения кубика высота падения гири, при которой кубик разрушался с одного удара. При этом, обычно, 2—3 кубика шло на подбор высоты падения и минимум 3 испытывались с установленной высоты для контроля. Точность подбора, несмотря на некоторую субъективность, оказывалась для горных пород средней однородности вполне удовлетворительной, т. к. при уменьшении высоты падения гири изменяющей общую работу разрушения на 3—5%, кубик уже не разрушался.

Такой способ испытания был применен, исходя из того положения, что величина работы разрушения, при разрушении рядом ударов, может весьма существенно изменяться в зависимости от силы наносимых ударов, в то время как величина работы при разрушении одним ударом, гирей падающей с наименьшей достаточной высоты, является для каждого камня характерной постоянной. По полученным данным вычислялись удельные работы.

В результате ряда произведенных испытаний была подмечена характерная форма разрушения кубиков, испытывающихся на удар, сводящаяся к следующему:

Непосредственно под тем местом куда пришелся удар, минералы, слагающие горную породу раздробляются, образуя своего рода конус, обращенный вершиной по направлению удара. Этот конус, вдавливаемый гирей, действует как клин, раскалывая кубик чаще всего на три, реже на два или четыре куска по плоскостям  $\perp$  к воспринимающей удар плоскости (см. фотографии характерной формы разрушения).



Таким образом, мы имеем в этом случае не только элементарное разрушение ударом—раздробление (конус), но так же вызванное этим разрушением раскалывание горной породы.

В условиях реальной работы горных пород можно выделить два основных типа разрушения ударом.

В одном случае—при разрушении горной породы рядом ударов небольшой силы, при распространении по камню волн

жжения, в силу обычно имеющей место неоднородности горной породы (разные минеральные агрегаты, разно ориентированные кристаллы и т. д.), происходит отрыв отдельных кристаллических индивидуумов друг от друга, рост существующих волосных трещин, в результате чего происходит разрушение горной породы. Разрушение этого типа происходит без непосредственного разрушения ударом (раздробления) отдельных минералов.

Другим основным типом можно считать тот случай, когда происходит разрушение (раскалывание) горной породы в результате одного удара большой силы. Этот тип изучен нами на описанном частном случае разрушения кубиков, причем характерной особенностью его является комбинированное разрушение; раздробление горной породы непосредственно под местом воспринявшим удар, и раскалывание горной породы, вследствие действия раздробленной породы на подобие клина.

Таким образом, в отношении силы ударов могут быть подмечены два характерных предела:

Первым пределом является сила удара (величина скорости ударящего предмета) начиная с которой он приобретает способность раздроблять минералы, слагающие горную породу, при этом образовывается описанный выше конус.

Вторым пределом является сила удара достаточная для раскалывания горной породы с одного удара.

Описанный случай комбинированного разрушения можно наблюдать в повседневной практике: при колке сахара, льда и т. д. непосредственно под тем местом куда пришелся удар (например молотком) материал раздробляется и далее действуя как клин вызывает раскалывание.

Так как при этом для раздробления материала требуется весьма большая работа, для облегчения раскалывания применяются следующие приемы, как например: для колки льда не ударяют по глыбе молотком, а прикладывают гвоздь острием вниз и ударяют по нему; гвоздь внедряется в глыбу льда и, действуя как клин, вызывает раскалывание. Для раскалывания глыбы, таким образом, требуется во много раз меньшая работа, чем при раскалывании ударами молотка.

В виду отсутствия определенных указаний насчет того, какую из гирь следует применять в каком случае, а также относительно размеров испытуемых образцов, перед Группой Камней при производстве испытаний возникли следующие вопросы: как

изменяется удельная работа, необходимая для разрушения образцов одинакового размера из одной и той же горной породы при испытании различными гирами, и как изменяется удельная работа при испытании одной и той же гиры с изменением размеров образцов.

Из сказанного выше ясно, что эффект удара при равных скоростях ударяющих гирь зависит от соотношения их масс и формы ударяющей части. Согласно положению Юнга разрушение может начаться с того момента, когда величина  $\frac{v}{v^1}$  превзойдет величину соответствующую временному сопротивлению. Вместе с тем, так как при ударе гири испытывает сопротивление со стороны кубика, на преодоление которого расходуется живая сила  $mv^2$ , ясно, что при величине таковой равной  $mv^2 = mgh = Ph = K$ . (где  $P$ —вес гири и  $K$ —работа) гири с большей массой может произвести большее разрушение.

Вместе с тем при равных кинетических энергиях ударяющих гирь, разрушение может быть произведено тем легче, чем меньше величина площади, воспринимающей удар.

Указанные положения учтены в методологии Мартенса следующим образом.

Для получения равных удельных работ, при испытании одинаковых образцов, гирами разного веса (что необходимо для сравнимости результатов) ударяющие части гирь меньшего веса очерчены по сферам меньших радиусов.

Для выяснения того, получаются ли в действительности равные удельные работы при испытании одинаковых образцов различными гирами из набора Мартенса, нами был произведен ряд испытаний, результаты которых приведены в виде таблицы (см. таблицу № 1).

Таблица № 1

Название горных пород	Гири вес 5 кг. рад. 45 мм.		Гири вес 2 кг. рад. 32 мм.		Гири вес 1 кг. рад. 26 мм.	
	Рабо- та	Уд. рабо- ты	Рабо- та	Уд. рабо- ты	Рабо- та	Уд. рабо- ты
Туфогенный песчаник, туфит из карьера на 21 км. Коджорского шоссе . . . . .	285 кг./см.	2,28 кг. кв. см.	210 кг./см.	1,66 кг./кв. см.	188 кг./см.	1,51 кг./кв. см.
Андинито-базальт, карьер близ ст. Айрум . . . . .	485 кг./см.	3,87 кг. кв. см.	316 кг./см.	2,52 кг./кв. см.	—	—

Как видно из таблицы, результаты испытаний кубиков из одной и той же породы гириями разного веса получаются неодинаковыми, при этом существует определенная закономерность; с уменьшением веса гири, удельная работа разрушения уменьшается. Таким образом, в наборе Мартенса радиусы сфер удаляющих частей гирь уменьшены больше, чем это необходимо для равенства работ.

На первый взгляд может показаться, что указанный недостаток может быть исправлен путем более удачного подбора формы гирь.

Однако, в силу весьма сильного колебания модулей упругости и других физических свойств разных горных пород, является сомнительным, можно ли вообще подобрать формы и веса гирь таким образом, чтобы при испытании гириями разного веса одинаковых образцов (по размеру и форме) для различных пород представлялось бы возможность получить одинаковые разрушающие работы.

Далее переходим ко второму вопросу о зависимости между работой, необходимой для разрушения, и размерами испытывающихся образцов. Этот вопрос имеет весьма существенное значение, т. к. с ним связана, вообще, возможность пользоваться удельной работой как характеристикой для получения сравнимых результатов, при испытании образцов различных размеров.

Теоретическое установление математической зависимости между работой необходимой для разрушения образца, его размерами и свойствами камня, представляет весьма сложную задачу, не разрешенную до настоящего времени. Однако, уже из простого рассмотрения явления, кажется мало вероятным, чтобы работа, необходимая для разрушения образца, была прямо пропорциональна об'ему этого образца. Для эмпирического выяснения характера существующей зависимости между работой разрушения и размерами и формой испытывающихся образцов, Группой Камней ЗИСа был произведен ряд испытаний образцов различных размеров и форм из одной и той же горной породы. Испытания производились одной и той же гирей. Результаты испытаний приведены в виде таблицы (см. таблицу № 2 31 стр.).

Как видно из таблицы, в отношении зависимости между удельной работой разрушения и размерами и формой образцов могут быть подмечены две основных закономерности.

Таблица № 2.

Название породы	Количество испытанных образцов											
	Сторона а см.	Площадь м см. <sup>2</sup>		Высота образца п см.		Об'ем образца в см. <sup>3</sup>		Вес гири Р кг.	Высота падения гири S см.	Работа РХS кг. см.	Удельная работа РХS в кг. см. <sup>2</sup>	Работа вычислена, исходя из удельной работы для размера 5×5×5
Известковый песчаник ст. Дзегам ЗКВ ж. д.	5 5 7 7 5	5 25 49 49 100	25 7 5 7 10	5 125 175 245 1000	2 2 2 2 2	2 44 70 95 198	41 88 140 190 396	82 0,66 0,51 0,57 0,40	— 82 115,5 162 227 660	— 31 16 227 19,5 67		
Туфит 21 км. Коджорского шоссе	5 5 5	5 7,5 10	25 56,25 100	5 125 422,5 1000	5 55 115 155	5 275 575 750	2,2 1,36 0,75	— 930 2200	— 61 194			
Андезитобазальт . . .	3	5	25	5	125	5	64	320	2,56	—	—	
Андезитобазальт . . .	3	7	49	7	343	5	132	660	1,92	—	—	

Во-первых, с увеличением об'ема испытуемых образцов удельная работа разрушения уменьшается.

Во-вторых, при равных об'емах, для разрушения образца в виде параллелипипеда, приближающегося по форме к плите, необходима большая работа, чем для разрушения образца в виде призмы с высотой превосходящей сторону квадрата основания; то есть сопротивляемость образца раскалыванию сильнее возрастает с увеличением площади сечения, перпендикулярной к направлению нанесения удара, а с увеличением размера образца в направлении, параллельном направлению нанесения удара, увеличивается значительно меньше. Указанное положение ясно выявлено в 1, 2, 3 и 4 строках таблицы 2.

В виду большого значения первого положения, было проделано несколько контрольных испытаний, однако, во всех случаях была обнаружена одна и та же закономерность.

Таким образом, выражая характеристику сопротивляемости камня разрушению ударом при помощи удельной работы, мы получаем несравнимые результаты, так как на основании подтвержденных закономерностей удельная работа оказывается различной не только для образцов разного об'ема из одной и той же горной

породы, но даже может существенно отличаться для образцов одинакового об'ема различной формы.

Вместе с тем, так как непосредственно разрушается не весь об'ем кубика, а лишь часть его в пределах конуса раздробления, то самое понятие „удельной работы“, как не выражающее сущность явления и не дающее сравнимых характеристик, вообще теряет смысл.

Прежде чам перейти к анализу и сравнительной оценке существующих методологий, необходимо еще остановиться на следующем. Как уже было сказано, условно можно выделить два основных типа разрушения камней ударом; один случай когда разрушение производится рядом ударов небольшой силы без раздробления отдельных кристаллов и образования конуса, и другой случай, когда разрушение производится одним ударом большой силы с образованием „конуса раздробления“ и раскалыванием породы. В случае, если сила ударов меньше, чем необходимая для разрушения с одного удара, но каждый удар разрушает отдельные кристаллы минералов, разрушение является результатом комбинирования двух основных типов с постепенным образованием конуса раздробления и раскалыванием породы, облегченным предварительным действием ударов. При этом количества работы необходимые для разрушения камней ударами по этим двум крайним типам настолько сильно разнятся между собой, что являются почти несопоставимыми. Максимальной является работа, необходимая для разрушения по первому типу, и минимальной—по второму, работа необходимая для разрушения по комбинированному типу в зависимости от силы ударов колеблется между этими двумя пределами.

Для иллюстрации того, насколько сильно изменяется количество работы, необходимое для разрушения камня в зависимости от силы ударов, могут служить две последние строки таблицы № 3, где приведены количества работы, полученные в результате испытания кубиков из одной и той же породы ударами разной силы. Испытания производились над полу-кристаллическим известняком, гирей весом 5 кг.

(См. табл. на стр. 33).

Таким образом, работа необходимая для того, чтобы вызвать разрушение одного и того же камня ударами разной силы, весьма различна и, следовательно, в случае испытания ударами разной силы, но постоянной для одного и того же испытания, получа-

Таблица № 3.

№ по порядку	Наименование породы	Способ разрушения	Начальная высота падения, см.	Порядк. № разр. удара	Высота падения послед. удара, см.	Работа разрушения кг. см.	Примечание.
1	Песчаник с известк. гл. цементом.	Последоват. ряд ударов с высоты $2,5+5+7,5+\dots+n \times 2,5$ см.	2,5	9	22,5	562,5	
2	"	Последоват. ряд ударов с высоты возр. по закону $5+10+15+\dots+n \times 5$ см.	5	5	25	375	
3	"	1 удар с высоты 24 см.	24	1	24	120	
4	Известняк полу-кри-сталлич.	Последоват. ряд ударов с высоты $2,5+5+7,5+\dots+n \times 2,5$ см.	2,5	16	40	1700	
5	"	Последоват. ряд ударов с высоты $5+10+15+\dots+n \times 5$ см.	5	9	45	1125	
6	Цементн. раствор 1 : 4	Последоват. ряд ударов с высоты $2,5+5+7,5+\dots+n \times 2,5$ см.	2,5	10	25	687,5	
7	"	Последоват. ряд ударов с высоты $5+10+15+\dots+n \times 5$ см.	5	5	25	375	
8	Андезито-базальт.	Последоват. ряд ударов с высоты $5+10+15+\dots+n \times 5$ см.	5	13	65	2225	
9	"	Последоват. ряд ударов с высоты $10+20+30+\dots+n \times 10$ см.	10	6	60	1050	
10	Диобаз	Последоват. ряд ударов с высоты $2,5+5+7,5+\dots+n \times 2,5$ см.	2,5	21	52,5	2887,5	
11	"	Последоват. ряд ударов с высоты $5+10+15+\dots+n \times 5$ см.	5	12	60	1900	
12	Полукри-сталл. изве-стняк	Ряд ударов с высоты 30 см.	30	372	30	55800	к стр. 32
13	"	Один удар с высоты 62 см.	62	1	62	310	"

емые работы, как характеристики, являются между собой несравнимыми. Кроме того, естественно возникает вопрос—по какому типу, ударами какой силы, должно производиться разрушение камней при испытании. Чтобы разрешить этот вопрос, необходимо установить, как происходит разрушение пород в условиях реальной службы в сооружениях. При этом можно уверенно сказать, что за исключением катастрофических случаев, разрушение не происходит с одного удара.

Далее, если при имеющей место силе ударов может происходить раздробление отдельных кристаллов, то тем самым, с первым же ударом, начинаются неизменяемые изменения размеров и прочности конструкции или сооружения.

Поэтому при условии требования монументальности (или даже определенной долговечности) или неизменяемости размеров и формы сооружения, разрушение отдельных кристаллов не должно иметь места, даже вне связи с угрозой раскалывания камня.

Таким образом, для рационального подбора камня необходимо его выбирать так, чтобы при имеющей место силе ударов (за исключением весьма редких случаев), разрушение могло происходить лишь по первому типу и чтобы сопротивляемость камня разрушению по этому типу была достаточно велика.

Резюмируя все сказанное, мы приходим к следующим основным положениям:

1) При испытаниях удар обычно наносится предметом с кривой поверхностью и воспринимается частью поверхности удаемого образца. При этом зависимость между кинетической энергией удара достаточной для разрушения образца, величинами являющимися характеристиками свойств камня, и размерами камня—весьма сложна. На практике явление еще значительно усложняется тем, что при службе камня в сооружении наносится разное количество ударов разной силы. Поэтому теоретически установить характеристику, выражющую сущность явления и дающую возможность производить расчет камней, работающих на удар, в настоящее время не представляется возможным.

В связи с изложенным, для выражения прочности камней на удар, нам представляется наиболее правильным пользоваться эмпирическими характеристиками, установив при выборе камней, для разного типа конструкций, допустимые пределы этих характеристик, назначенные на основании испытаний камней, зареко-

мендовавших себя определенным образом службой на практике. Метод же производства испытаний должен позволять сравнивать получаемые результаты.

2) При испытании кубиков разных размеров из одной и той же горной породы, получается неодинаковая „удельная работа“, при этом с увеличением об‘ема кубиков (в пределах обычно испытываемых размеров) удельная работа стремится к уменьшению; при испытании образцов в форме прямых призм с квадратным основанием (удар наносится по верхнему основанию призмы), удельная работа быстрее уменьшается с увеличением высоты призмы  $h$ , чем с увеличением площади перпендикулярной к направлению удара.

Таким образом понятие „удельная работа“, как характеристика эмпирическая и не дающая сравнимых результатов, вообще теряет смысл.

Следовательно, в связи с изложенным, наиболее рациональным является испытание на удар образцов одного установленного размера, с принятием за характеристику наиболее простой, непосредственно получаемой при испытаниях, величины, напр. порядкового номера удара вызвавшего разрушение.

3) При испытании кубиков одинакового размера из одной и той же горной породы гирами, ударяющая часть которых очерчена по сферам разных радиусов, получаются разные результаты, при этом с уменьшением радиусов, кинетическая энергия удара, необходимая для разрушения образца, стремится к уменьшению.

Таким образом, для получения сравнимых результатов, наиболее рациональным является испытание на удар одним определенным форматом предмета наносящего удар (подбабок, ударяющая часть гири и т. д.).

4) Так как на практике разрушение камней обычно происходит не с одного удара, а в результате большого количества ударов не одинаковой силы, для приближения результатов лабораторных испытаний к характеристикам реальной службы камней, желательно производить при испытаниях разрушение камней рядом ударов.

5) Испытания на удар необходимо производить на жестком основании.

На основании высказанных положений существующие методы испытания на удар могут быть сгруппированы следующим образом:

По способу выражения характеристик можно наметить две основных группы: одну—где за характеристику принята „удельная работа“ и другую—где за характеристику приняты величины, получаемые непосредственно опытным путем, например: порядковый номер разрушающего удара в методологии Пэдж‘а, количество ударов до разрушения кубика гирей, падающей с высоты 1 метра—во французской методологии и т. д.

В методологии Феппля характеристикой является удельная работа, но учтено то обстоятельство, что с увеличением об'ема испытуемых образцов, удельная работа уменьшается и сопротивляемость кубиков возрастает не прямо пропорционально их об'ему.

Действительно, хотя Феппль и считает характеристикой „удельную работу“, но качество этой работы для кубиков разного об'ема в его методике не одинаково. Высота падения, с которой наносятся удары, по методике Феппля, возрастает по следующему закону:  $a, 2a, 3a, \dots, n \times a$ , где  $a$ —есть некоторая высота падения первого удара, а—коэффициенты 1, 2, 3, ...,  $n$  последовательные числа натурального ряда. Таким образом работа разрушения является произведением веса гири на некоторую высоту, являющейся суммой определенного числа членов арифметической прогрессии. Величина  $a$ —высота, с которой наносится первый удар для кубиков разного об'ема берется неодинаковой: для кубика об'ема 25 см.<sup>3</sup> (стсрона 2,82 см.) первый удар наносится с высоты 1 см. Для кубиков другого об'ема высота падения изменяется пропорционально об'ему, например: для кубика об'емом 50 см.<sup>3</sup> первый удар наносится с высоты 2 см. и т.д.

Вместе с тем, так как главную роль играет последний удар разрушающий образец, высота последнего разрушающего удара мало изменяется от того, каким образом подойти к разрушающей высоте: путем ли прогрессии  $a, 2a, 3a, \dots, n \times a$ , или прогрессии  $ka, 2ka, 3ka, \dots, tka$  при  $tka=na$ , где „ $k$ “ некоторый коэффициент больший единицы. При этом совершенно понятно, что  $a+2a+3a+\dots+na > ka+2ka+3ka+\dots+tka$ , так как последний ряд получается из первого при целых значениях „ $k$ “ путем отбрасывания ряда членов. То же самое имеет место и для дробных значений  $k$ .

Указанное положение иллюстрируется таблицей № 3. Как видно из таблицы при различных способах подхода к разрушающей высоте, величина последней мало изменяется, что подтверждает высказанное положение.

Следовательно, при испытании по методу Феппля работа разрушения для кубиков об'ема большего 25 см<sup>3</sup>, оказывается меньше, чем в случае, если бы для всех кубиков был принят один закон возрастания высот падения.

Вместе с тем, на основании экспериментальных данных обнаружилось, что сопротивляемость кубиков раскалыванию возрастает менее, чем пропорционально об'ему кубиков. Таким образом, при испытании, по методу Феппля, кубиков разного размера из одной и той же породы, расхождения в результатах выражаемых „удельной работой“ оказываются больше чем при испытании с одним и тем же законом возрастания (см. табл. 3). Следовательно, испытание по методу Феппля так же не дает сравнимых результатов.

В отношении наносящих удар предметов, в большинстве заграничных методологий принято, что удар наносится одной и той же гирей, подбаком и т. д., таковы методологии Пэдж'а Феппля, французская и др. Исключением является метод испытания на копре Мартенса и некоторые его видоизменения.

В отношении размеров испытуемых образцов, в методологии Пэдж'а и во французской этот размер принят постоянным, а в остальных—испытываются образцы разных размеров.

По характеру ударов во всех методологиях, за исключением методологии испытания на копре Мартенса и ее видоизменений, разрушение производится не одним ударом, а рядом ударов, при этом во французской методологии наносятся удары одной силы при постоянной высоте, а в методологиях Пэдж'а, Феппля и др. ряд ударов прогрессирующей силы.

При этом, французский метод нам кажется менее удачным, так как при нем средне—прочные породы могут разрушаться при высоте падения менее 1 м., а породы высокой прочности могут выдерживать весьма большое количество ударов.

Кроме того, при таком способе испытаний результаты, а следовательно, и характеристики пород, могут отличаться минимум на один удар, которому соответствует работа равная  $6 \times 100 = 600$  кг. см. Таким образом, относительная точность испытаний для пород средней и малой прочности может оказаться незначительной.

Таким образом мы видим, что из существующих методов испытания на удар, высказанным выше положениям, удовлетворяет только метод испытания на копре Пэдж'а. Действительно на

копре Пэдж'а испытываются образцы одинакового размера, на жестком основании, удар передается постоянным подбаком, т. е. радиус кривизны ударяющей части постоянен и разрушение производится рядом ударов прогрессирующей силы, что дает возможность получать однородные данные для горных пород разной прочности. Далее, характеристикой является эмпирическая величина, (порядковый номер разрушающего удара), — дающая сравнимые результаты. Нормированные пределы для камней хорошего, среднего и низкого качества назначены, на основании результатов однотипных испытаний камней, зарекомендовавших себя определенным образом службой на практике.

Однако, нам кажется, что одна деталь этой методологии все же нуждается в изучении могущем послужить к ее водоизменению. Этой деталью является размер испытуемых образцов, который кажется нам несколько малым (диаметр цилиндров = 2 см.), что может повлечь к весьма большим отклонениям при испытании крупнозернистых горных пород, состоящих из нескольких минералов разной прочности. Кроме того, испытание на копре Пэдж'а применяется только для камней предназначенных для службы в дорожной одежде и пределы 8 и 16 назначены, исходя из работы камней именно в дорожном покрытии. В действительности же камень работает на удар в целом ряде сооружений и конструкций, при этом изменяется как сила и характер ударов, которым подвергается камень, так и размеры и формы камней, характер основания и т. д. Поэтому при распространении метода Пэдж'а на испытания камней, предназначенных для различных целей строительства, необходимо проработать путем экспериментирования соответствующие нормы, так как предлагаемые Пэдж'ем относятся только к испытаниям камня, используемого для дорожной одежды.

Этим мы подчеркиваем необходимость установления различных норм для оценки результатов испытания камней на удар в зависимости от назначения их в сооружениях, чего до настоящего времени не практиковалось.

Методы испытаний строительных камней имеют существенное значение в разрешении вопроса о пределах использования данного материала в сооружении. Чем больше уверенности в сравнимости лабораторных испытаний с действительной работой в сооружении, тем меньшие коэффициенты запаса могут быть

допущены. Отсюда ясен экономический эффект разработки методологии испытаний.

Кроме того, важно единство методологии, их стандартизация. Последняя сделает сравнимой оценку результатов испытаний, производимых в различных лабораториях, и не допустит отклонений от возможного максимального использования испытуемого материала в отдельных частных случаях.

Цель настоящей статьи дать выход небольшим исследованиям ЗИС-а в этом направлении с тем, чтобы затронутый вопрос получил бы толчек к своему окончательному разрешению.

Под последним мы подразумеваем разработку единого стандартного метода производства испытаний на удар, и установление норм, применительно к форме использования камня в сооружении.

Ценность и необходимость подобной работы в особенности подчеркивается развернутым строительством нашего Союза, ведущимся на базе последних достижений строительной техники.

---

Г. М. Ломизе.

## Испытание известняка-ракушечника на действие больших скоростей водяного потока.

В связи со строительством Карабалинского совхоза, Закводхоз обратился к Закавказскому Институту Сооружений с просьбой произвести опыты и испытания известняка-ракушечника Карабалинских карьеров с целью выяснения насколько этот ракушечник прочен в отношении воздействия на него скоростей водяного потока.

Порода представляет собой известняк, сложенный из отдельных раковин, скрепленных известковым цементом. Различные разновидности отличны по твердости, структуре и окраске. Структура ясна из фотографий, приведенных ниже.

Химический анализ, произведенный физико-химической лабораторией ЗИСа дан для трех разновидностей:

Наименование соединений	№ № Г Л Ы Б		
	№ 206	№ 209	№ 207
Нераствор. в HCl . . . . .	1,96%	2,04%	2,69%
Оксись железа ( $Fe_2O_3$ ) . . . . .	0,52%	0,30%	0,72%
Глинозем ( $Al_2O_3$ ) . . . . .	0,43%	0,36%	0,54%
Оксись кальция (CaO) . . . . .	53,2%	51,99%	51,82%
Оксись магния (MgO) . . . . .	0,67%	1,21%	0,84%
Серной кислоты ( $SO_3$ ) . . . . .	0,428%	0,35%	0,4%
Углекислоты ( $CO_2$ ) . . . . .	41,91%	42,34%	41,54%
Потеря при прокаливании ( $CO_2$ ) . . . . .	0,42%	1,25%	0,55%
Сумма . . . . .	99,54%	99,84%	99,1%

Обычная методика лабораторных исследований свойств строительного камня не могла дать ответа по существу затронутого вопроса. Испытание на истирание на круге Бэмэ отвечает

на вопрос об интенсивности механического износа камня и дает ответ в случае использования его в качестве лестничных или тротуарных плит.

Вода же на известняк-ракушечник может действовать прежде всего как растворитель, а также большими скоростями, разрушая поверхность кладки. При этом были опасения отслоения отдельных ракушек, находящихся близ поверхности, благодаря воздействию больших скоростей движения.

Отсюда возникла необходимость дать специально для данного случая разработанную методологию испытания на механическое воздействие воды.

Действие воды на сооружение длительно, испытания же в короткий срок должны дать показатели на основе которых можно было бы судить о длительности службы испытуемой породы. Поэтому, прежде всего было решено создать при испытании условия работы, аналогичные предполагаемым в сооружении, однако количественно изменения явление с таким расчетом, чтобы кратковременное интенсивное воздействие дало бы измеримые величины изменений испытуемых образцов.

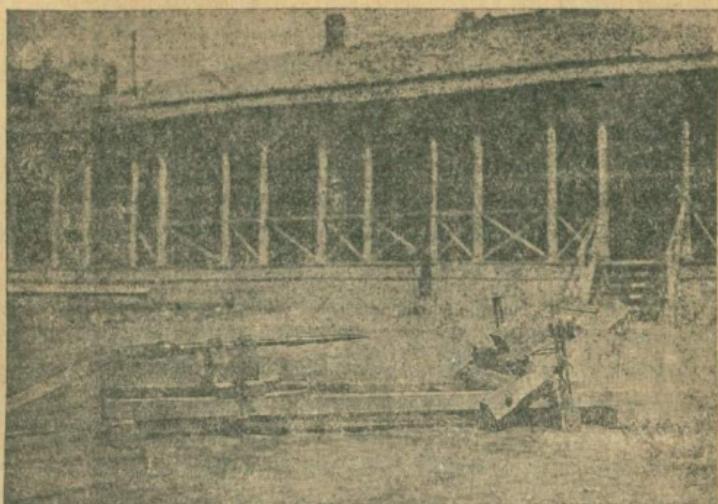
Кроме того, нужно было создать возможность по результатам испытаний оценить действительную службу камня в сооружении, т. е. перейти к реальным условиям его работы в сооружении.

Было решено ставить в одинаковых условиях испытания известняка-ракушечника и образцов других пород камня, а также бетонных, определенных составов, известных своей работой в быстротоках или же в качестве облицовки опор мостов или плотин. Последние образцы, таким образом, должны были служить эталоном сравнения. На основании такого сравнения становилось возможным дать оценку действительной службе испытуемой породы в сооружении.

Результаты наших испытаний дали удовлетворительное разрешение поставленной задачи. Поэтому ЗИС считает необходимым поделиться своим опытом и дать описание разработанной методики испытания строительных материалов на действие больших скоростей водяного потока.

Испытуемые образцы камня были изготовлены в форме правильно отесанных прямоугольных четырехгранных призм. Размеры призм  $15 \times 15 \times 25$  см.

Призмы испытуемых образцов закреплялись в специальном станке (фот. 1).



Фот. 1. Установка для испытания

Станок позволял устанавливать различные углы наклона верхней испытуемой поверхности образца к горизонту. Угол замерялся помошью прикрепленного к подвижной площади станка транспортира и отвеса.

В передней части станка закреплялась специальная насадка (брэнсбайт) пенькового прорезиненного рукава. Рукав соединял станок с пожарным гидрантом водопроводной сети, обеспеченным напором порядка 50 м.

Выход из насадки был выполнен в форме плоской щели, чтобы дать плоскую же форму вытекающей струе. Размеры щели—100 мм.  $\times$  2 мм. В пределах насадки осуществлен постепенный переход от круглого сечения рукава к плоскому сечению выходной щели.

Плоская форма выходного отверстия создавала плоскую струю, которая одинаково должна была действовать на всю поверхность испытуемого образца, избежание получения сосредоточения разрушительного преимущественного воздействия на части испытуемой поверхности.

Возможность же менять угол наклона площадки закрепляющей образец, позволила различно ориентировать испытуемую поверхность по отношению к направлению струи, всегда горизонтальной.

Значительный напор пожарного гидранта обеспечивал большие скорости при испытании.

Напор в гидранте замерялся монометром.

Потери напора в рукаве и насадке определялись по формуле проф. Ясюковича\*).

Последняя записывается так:

$$i = K \frac{Q^{1.9}}{D^{0.26}}, \text{ где}$$

$i$ —гидравлический уклон (потеря на единице длины рукава);

$Q$ —расход воды в литрах.

$D$ —диаметр рукава в миллиметрах.

$K$ —коэффициент, численные значения которого зависят от сорта рукава.

Для использованного в испытаниях пенькового прорезиненного рукава  $K=3000$ .

Сопротивления в брансбайте (насадке) учитывались увеличением длины рукава на 4 длины брансбайта. Таким образом получали приведенную длину рукава.

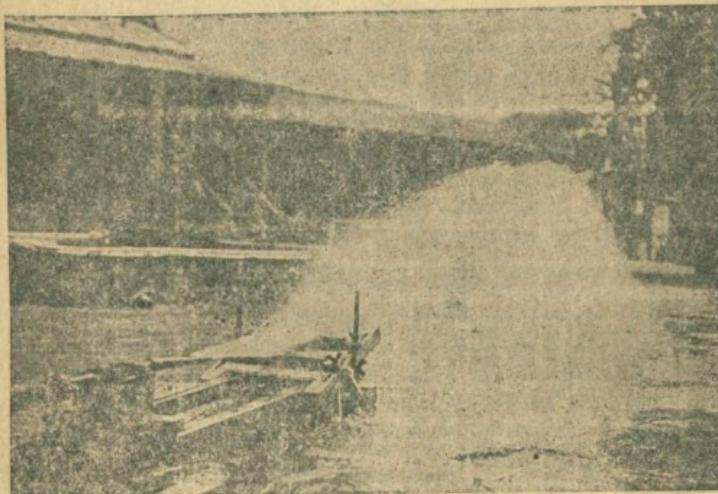
Расход  $Q$  замерялся водомером.

По расходу  $Q$  определялись потери в рукаве.

По монометру определялся напор  $h$  brutto установки, из которого вычитали потери и определялся напор нетто. По напору нетто скорость водяной струи расчитывалась по формуле:

$$V = \sqrt{2gh}$$

Приведенная длина рукава для проведенных опытов равна 25 метрам (см. фот. № 2 и 3).



Фот. 2. Станок во время действия. Струя под углом в 10° к испытуемой поверхности.

\* Проф. Гениев. „Водоснабжение железнодорожных станций“—издание транспечати НКПС 1929 г., стр. 268.



Фот. 3. Станок во время действия. Струя под углом в  $30^{\circ}$  к испытуемой поверхности

В результате воздействия струи поверхности испытуемых образцов дали износ, который устанавливался измерением потерь об'ёма. Об'ём до и после испытания устанавливался погружением образца в воду и взвешиванием вытесненного им об'ёма воды.

Эталонами для сравнения служили образцы бетонов III марки и облицовочного бетона для Дзорагэс'a.

Характер износа устанавливался фотографированием поверхности образцов до и после испытания.

Эти фотографии дали весьма четкую картину износа поверхностей водяной струей.

Результаты испытаний обработаны в форме таблиц, помещаемых ниже.

Испытывались четыре разновидности известняка, которым присвоены порядковые номера лаборатории группы строительных камней 206, 207, 208, 209. Эта нумерация показана во всех таблицах испытаний.

Для установления влияния времени результаты испытаний фиксировались после часового и двухчасового испытания.

Для установления влияния направления струи потока по отношению к поверхности, подвергающейся износу—на степень износа, образцы устанавливались под углом  $10^{\circ}$  и  $30^{\circ}$  к горизонту.

Отчетные данные полулабораторных испытаний следующие:\*)  
Образцы глыбы № 206.

Таблица 1.

№ № глыбы	№ № образца	Угол между испыт. поверх. и горизонтом.	Ориентация испыт. поверхн. относит. слоистости образца	Продолжительность испытания	Скорость м/сек.	Износ камня в граммах	Средняя высота снятого слоя в м/м
206/III	51	10°	перпенд.	60'	32	0	0
"	"	30°	"	60'	32,5	3	0,08
"	"	30°	"	60'	31,8	6	0,16
"	"	10°	парал.	60'	32,4	7	0,19
"	"	10°	"	60'	30	13	0,35
"	"	30°	"	60'	31,4	20	0,53
"	"	30°	"	60'	30,2	17	0,45

Таблица 2.

№ № глыбы	№ № образца	Угол между испыт. поверх. и горизонтом.	Ориентация испыт. поверхн. относительно слоистости образца	Продолжительность испытания	Скорость м/сек.	Износ камня в граммах	Средняя высота снятого слоя в м/м
206/III	55	10°	перпенд.	60'	28,2	3	0,08
"	"	10°	"	60'	28,1	1	0,03
"	"	30°	"	60'	28,1	6	0,16
"	"	30°	"	60'	28,1	2	0,05
"	"	10°	парал.	60'	28,2	15	0,40
"	"	10°	"	60'	27,4	8	0,22
"	"	30°	"	60'	29,9	26	0,69
"	"	30°	"	60'	29,6	29	0,77

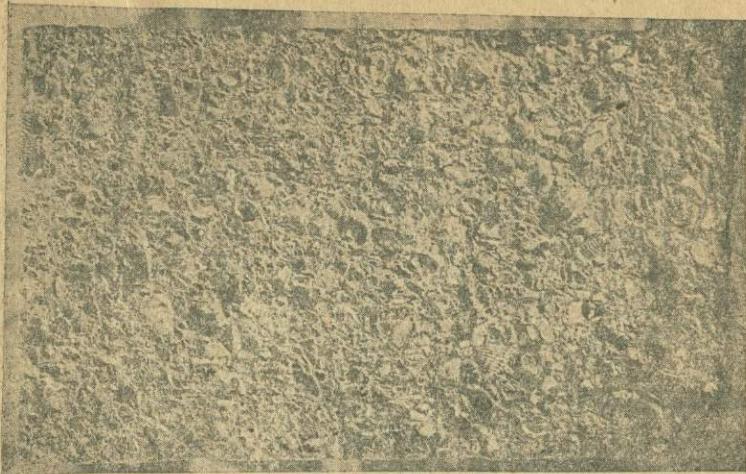
\*) Таблицы обработаны Инж. В. Пинаджяном.

Таблица 3.

№ № глыб	№ № образца	Угол между испыт. поверхн. и горизонтом	Ориентация испыт. поверхн. относит. слоистости образца	Продолжительность испытания	Скорость м/сек.	Износ камня в граммах	Средняя высота снятого слоя в м/м
206/III	58	10°	перпендиц.	60'	29,8	0	0
"	"	10°	"	60'	29,1	4	0,11
"	"	30°	"	60'	29,4	6	0,16
"	"	30°	"	60'	30,1	4	0,11
"	"	10°	парал.	60'	29,4	8	0,21
"	"	10°	"	60'	28,5	14	0,37
"	"	30°	"	60'	29,05	29	0,77
"	"	30°	"	60'	29,85	34	0,91



Фот. 4. Глыба № 206. Поверхность параллельна слоистости (до испытания)



Фот. 5. Глыбы 206. Поверхность параллельна слоистости. (после испытания)

Образцы глыбы № 207.

Таблица 4.

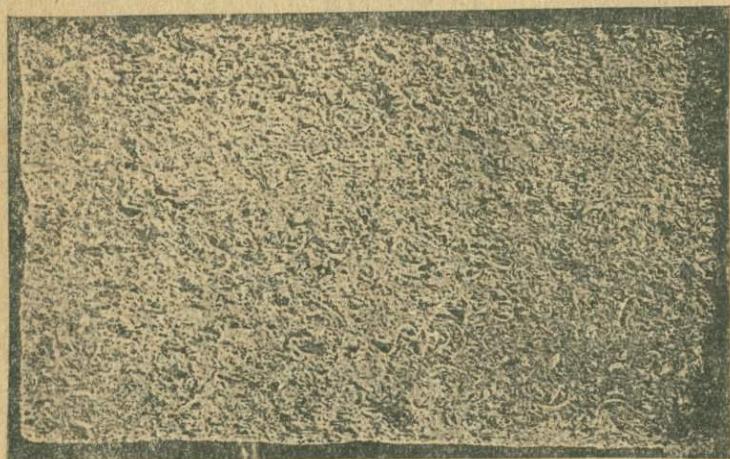
№№ глыб	№№ образца	Угол между ис- пыт. поверхн. и горизонтом.	Ориентация ис- пыт. поверхн. от- носит. слоисто- сти образца	Продолжитель- ность испытания	Скорость м/сек.	Износ камня в граммах	Средняя высота снятого слоя в м/м
207/1	65	10°	перпендиц.	60'	29,4	0	0
"	"	10°	"	60'	29,1	10	0,02
"	"	30°	"	60'	28,8	0	0
"	"	30°	"	60'	29,1	2	0,05
"	"	10°	парал.	60'	29,4	8	0,21
"	"	10°	"	60'	30,4	5	0,13
"	"	30°	"	60'	29,9	16	0,43
"	"	30°	"	60'	29,1	20	0,53

Таблица 5.

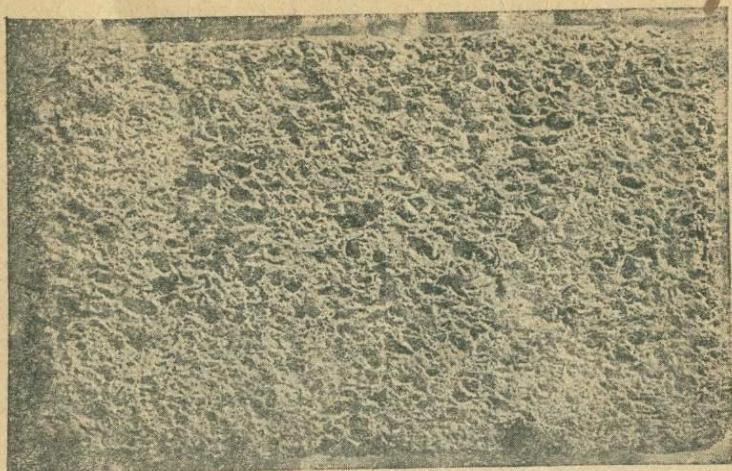
№№ глыб	№№ образца	Угол между испыт. поверхн. и горизонтом.	Ориентация испыт. поверхн. относит. слоистости образца	Продолжительность испытания	Скорость м/сек.	Износ камня в граммах	Средняя высота снятого слоя в м/м
207/I	66	10°	перпенд.	60'	28,2	0	0
"	"	10°	"	60'	29,0	0	0
"	"	30°	"	60'	27,9	3	0,08
"	"	30°	"	60'	29,9	5	0,13
"	"	10°	парал.	60'	28,2	8	0,21
"	"	10°	"	60'	30,8	8	0,21
"	"	30°	"	60'	28,2	21	0,56
"	"	30°	"	60'	28,2	17	0,45

Таблица 6.

207/I	69	10°	перпенд.	60'	27,4	0	0
"	"	10°	"	60'	31,0	0	0
"	"	30°	"	60'	27,4	3	0,08
"	"	30°	"	60'	29,8	1	0,03
"	"	10°	парал.	60'	28,2	10	0,27
"	"	10°	"	60'	30,8	5	0,13
"	"	30°	"	60'	31,6	14	0,38
"	"	30°	"	60'	27,4	17	0,45



Фот. 6. Глыба № 207. Поверхность перпендикулярна слоистости. (до испытания)



Фот. 7. Глыба 207. Поверхность перпендикулярна слоистости. (после испытания)

Таблица 7.

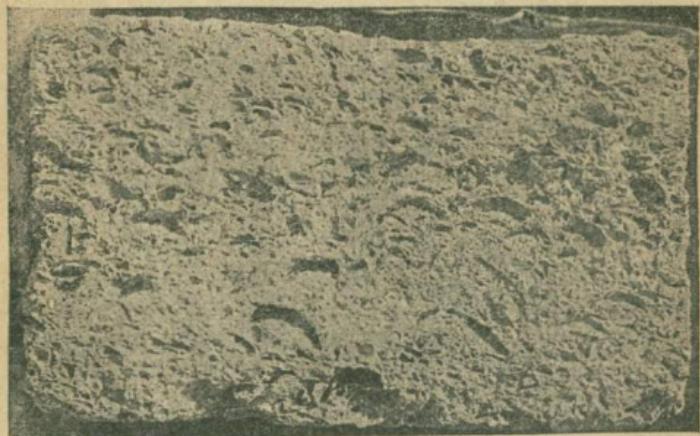
№ глыб	№ образца	Угол между испыт. поверхн. и горизонтом.	Ориентация испыт. поверхн. относит. слоистости образца	Продолжительность испытания	Скорость м/сек.	Износ камня в граммах	Средняя высота снятого слоя в м/м
208/II	40	10°	перпенд.	60'	31,6	4	0,11
"	"	10°	"	60'	29,1	6	0,16
"	"	30°	"	60'	23	8	0,22
"	"	30°	"	60'	28,5	7	0,18
"	"	10°	парал.	60'	29,4	7	0,18
"	"	10°	"	60'	30,8	10	0,26
"	"	30°	"	60'	29,9	20	0,53
"	"	30°	"	60'	30,8	25	0,67

Таблица 8.

208/II	47	10°	перпенд.	60'	31,8	3	0,08
"	"	30°	"	60'	30,9	4	0,11
"	"	10°	парал.	60'	31,6	10	0,27
"	"	30°	"	60'	34,2	22	0,58
"	"	30°	"	60'	30,4	19	0,51



Фот. 8. Глыба № 208. Поверхность параллельна слоистости (после испытания)



Фот. 9. Глыба № 208. Поверхность перпендикулярна слоистости (после испытания)

Таблица 9.

209/IV	34	10°	перпенд.	60'	24,8	0	0
"	"	10°	"	60'	30,5	10	0,02
"	"	30°	"	60'	29,05	6	0,26
"	"	30°	"	60'	29,1	10	0,16
"	"	10°	парал.	60'	29,85	6	0,26
"	"	30°	"	60'	31,0	24	0,16
"	"	30°	"	60'	24,8	15	0,64
"	"	30°	"	60'	29,1		0,40

Таблица 10.

209/IV	35	10°	перпенд.	60'	29,05	3	0,08
"	"	10°	"	60'	29,8	2	0,05
"	"	30°	"	60'	30,8	8	0,21
"	"	30°	"	60'	30,8	5	0,13
"	"	10°	парал.	60'	29,4	9	0,24
"	"	10°	"	60'	24,8	9	0,24
"	"	30°	"	60'	29,6	17	0,45
"	"	30°	"	60'	25,2	15	0,40



Фот. 10. Глыба № 209. Поверхность параллельна слоистости (после испытания)

**Образцы бетонов.**

Таблица 11.

№№ марки	№№ образца	Возраст бетона в днях	Угол между исп. поверх. и горизонтом	Продолжительность испыт. в минутах	Скорость в м/сек.	Разность между средним весом до и после испытан. гр.	Средняя высота снятого слоя в м/м.
" "	III						
" "	436	13	30°	60'	30,8	16	0,40
" "	436	13	10°	60'	29,9	7	0,17
" "	436	15	30°	60'	31,2	14	0,35
" "	436	16	10°	60'	32,4	9	0,22

Таблица 12.

№№ марки	№№ образца	Возраст бетона в днях	Угол между исп. поверх. и горизонтом	Продолжительность испыт. в минутах	Скорость в м/сек.	Разность между средним весом до и после испытан. гр.	Средняя высота снятого слоя в м/м.
" "	III						
" "	435	13	30°	60'	30,9	15	0,37
" "	435	15	10°	60'	29,9	8	0,20
" "	435	15	30°	60'	30,9	9	0,23
" "	435	16	10°	60'	29,9	6	0,15

Таблица 13.

Образец облицовоч. бетона Дзорагэсса	№№ образца	Образец облицовоч. бетона Дзорагэсса	№№ марки	№№ образца
	1/a	Более 45 дней	Более 48 дней	Более 48 в днях
	1/a	Угол между исп. поверх. и горизонтом	Угол между исп. поверх. и горизонтом	Угол между исп. поверх. и горизонтом

Таблица 14.

Образец облицовоч. бетона Дзорагэсса	№№ марки	Образец облицовоч. бетона Дзорагэсса	№№ марки	№№ образца
Более 28 дней	II	Более 45 дней	Более 48 в днях	Более 48 в днях
		Угол между исп. поверх. и горизонтом	Угол между исп. поверх. и горизонтом	Угол между исп. поверх. и горизонтом
		10°	10°	10°
		30°	30°	30°

Таблица 15.

Образец облицовоч. бетона Дзорагэсса	№№ марки	Образец облицовоч. бетона Дзорагэсса	№№ марки	Образец облицовоч. бетона Дзорагэсса	№№ марки	Образец облицовоч. бетона Дзорагэсса	№№ марки	Образец облицовоч. бетона Дзорагэсса	№№ марки
Более 28 дней	II	Более 45 дней	Более 48 в днях						
		Угол между исп. поверх. и горизонтом							
		10°	10°	10°	10°	10°	10°	10°	10°
		30°	30°	30°	30°	30°	30°	30°	30°

Выводы из приведенных данных следующие: как правило, все образцы ракушечника дали значительно лучшие результаты при испытании их перпендикулярно слоистости. Таблицы 16 и 17 иллюстрируют это положение. В таблицах износ при действии струи параллельно слоистости принят за 100%.

Угол наклона испытуемой поверхности к горизонту  $10^{\circ}$

Таблица 16.

И з н о с в		% %
№№ глыб	Испытуемая поверхность параллельна слоистости	Испытуемая поверхность перпендикулярна слоист.
206	100	15
207	100	6,7
208	100	59
209	100	17

Угол наклона испытуемой поверхности к горизонту  $30^{\circ}$

Таблица 17.

И з н о с в		% %
№№ глыб	Испытуемая поверхность параллельна слоистости	Испытуемая поверхность перпендикулярна слоист.
206	100	17
207	100	16
208	100	35
209	100	40

С увеличением угла наклона испытуемой поверхности к горизонту (струя горизонтальна), т. е. с увеличением нормальной составляющей воздействия струи относительно испытуемой поверхности износ увеличивался. Это видно из таблицы 18.

Таблица 18.

Р а к у ш е ч н и к					П р и м е ч а н и я	
№№ глыб	Параллельно слоистости		Перпендикулярно слоистости			
	$10^{\circ}$	$30^{\circ}$	$10^{\circ}$	$30^{\circ}$		
206	22	52	3	9	1. Износ показан в куб. см.	
207	15	35	1	5	2. Данные взяты до и после двухчасовых испытаний	
208	17	43	10	15		
209	17	35.	3	14		

Сравнительная характеристика ракушечника видна из таблицы 19

Таблица 19.

Углы наклона	Ориентация слоистости	№ № г л ы б			
		207	208	206	209
10°	параллельно	1	1,13	1,47	1,13
10°	перпендикулярно	1	10,0	3,0	3,0
30°	параллельно	1	1,22	1,49	1,0
30°	перпендикулярно	1	3	1,8	2,8

Для характеристики физико-механических свойств известняков-ракушечников были произведены лабораторные испытания; результаты их приводятся в таблице 20. Все цифры, показанные в таблице, получены как средние из испытаний минимум трех образцов.

Ввиду крупности отдельных раковин, создающих некоторую неоднородность структуры были испытаны также кубики больших размеров, а именно  $15 \times 15 \times 15$  см., против обычно принятых в лаборатории ЗИС'а  $7 \times 7 \times 7$  см. Однако результаты испытаний на сжатие не стали более однородными, давая ту же степень отклонений временных сопротивлений при испытании отдельных образцов.

(См. таблицу 20 на стр. 56).

Все четыре разновидности отличаются между собой по плотности, следовательно и по об'емному весу. По уменьшающемуся об'емному весу они располагаются в следующем порядке 206, 208, 209 и 207. Последние два близки друг к другу. В соответствии с об'емным весом изменяется временное сопротивление сжатию.

Увлажнение образцов до предельного насыщения водой значительно снизило временное сопротивление на сжатие. Снижение колеблется от 10 до 40%, в среднем равно 25%.

Как правило, все образцы карьеров 206, 207, 208 дали значительно лучшие результаты при испытании их на сжатие параллельно слоистости образца, т. е. когда действующее усилие было параллельно слоистости образца.

В процентах снижение временного сопротивления на сжатие в зависимости от ориентации слоистости по отношению к действующему усилию—выражается следующими цифрами:

Таблица 20.

## С В О Д Н Й Р Е Е С Т Р И С П Т А Н И Й

№ глыб	Ориентир. дейст. силы по отношению к слойности образца	Средний об'емный вес в состоянии			Ср. степень восприятия влаги в %/%		Ср. времен. сопрот. на сжат. в кг. на см. <sup>2</sup> в сост.		Колич. замораж. выдержаных образцом		Отношение образца к сносу эталона	Примечание	
		Сухом	Насыщ. водой	Естествен. влажн.	По весу	По объему	Сухом	Насыщ. водой	Врем. сопротив. на сжатие после замораж. кг./кв. см.	По весу	По объему		
206	перпенд. параллельн.	1,81	1,92	1,81	7,34	13,02	82 177	49 166	25	47 104	1,98 2,83	2,86 4,19	Разм. обр. 7×7×7
"	перпенд. параллельн.						93 190	80 115	25				" " 15×15×15
"	перпенд. параллельн.												" "
207	перпенд. параллельн.	1,43	1,65	1,44	15,69	22,33	38 56 36 54	31 46 23 42	25 25	23 29	1,58 2,04	3,00 3,83	" " 7×7×7
"	перпенд. параллельн.												" " 15×15×15
"	перпенд. параллельн.												" "
208	перпенд. параллельн.	1,65	1,73	1,65	5,52	9,07	64 99 56 100	49 66 34 89	25 25	38 62	1,52 2,31	2,44 3,65	" " 7×7×7
"	перпенд. параллельн.												" " 15×15×15
"	перпенд. параллельн.												" "
209	перпенд. параллельн.	1,48	1,67	1,49	12,34	18,31	41 45	26 33	25 25	27 34	1,66 1,26	3,50 2,15	" " 7×7×7
"	перпенд. параллельн.												" "

За эталон при испытании на истирание принят Курсебский тешенит.

№ 206—52%

№ 207—36%

№ 208—44%

№ 209—9%

Приведенные цифры ясно показывают значительное влияние ориентации слоистости по отношению к действующему усилию на сопротивляемость камня. Поэтому, если ориентироваться на прочности камня сжимающим усилиям, то следует известняк — ракушечник так класть в кладку, чтобы слои породы шли бы перпендикулярно слоям кладки.

В результате испытания на истирание на круге Бэмэ следует отметить то же влияние ориентации слоистости на сопротивляемость камня истирающему усилию.

Истирание по поверхностям, параллельным слоистости дало сопротивление кругло в 2 раза больше, чем для поверхностей перпендикулярных слоистости породы.

В отношении воздействия струй движущейся со значительными скоростями воды на износ поверхностей известняков ракушечников необходимо отметить следующее:

Все образцы дали значительно большую сопротивляемость разрушающему воздействию быстро протекающей струи при действии ея перпендикулярно слоистости. Данные-же механических испытаний также показали различную сопротивляемость в зависимости от ориентации образца относительно слоистости.

Как указывалось выше, на скатие камень лучше работает (получена большая величина временного сопротивления) при действии усилия параллельно слоистости породы. На истирание при испытании на круге Бэмэ все образцы показали лучшую сопротивляемость истирающему усилию действующему на плоскости параллельные слоистости.

Таким образом, данные испытания на разрушение струей воды противоположны показаниям испытания на круге Бэмэ.

Указанное противоречие легко об'яснимо, если ознакомиться с характером разрушения образцов при действии струи.

Под влиянием больших скоростей и удара, отдельные ракушки, преимущественно при действии струи параллельно слоистости, отслаиваются от камня. То-же явление при испытании перпендикулярно слоистости или вовсе не наблюдается, или же имеет место в значительно меньшей степени. Последнее обстоятельство зависит от характера строения ракушечника.

Ракушечник образцов 208 и 209 дает отслаивание отдельных ракушек и при испытании перпендикулярно слоистости. Это положение зафиксировано наблюдениями и может быть обнаружено сопоставлением фотографий.

Ракушечник образцов 206 и 207 не дает вовсе отслаивания при испытании перпендикулярно слоистости.

Такое положение подтверждается таблицей 18, где сравнивается сопротивляемость породы струе при различных ориентациях ея в отношении слоистости. Образцы 208 и 209 дали меньшую разницу в сопротивляемости при действии струи перпендикулярно и параллельно слоистости.

Таким образом, приходим к выводу, что потеря в весе при испытании струей воды происходит не только от процесса истирания, но также от отслаивания ракушек.

Последнее обстоятельство оказывается решающим в отношении сопротивления ракушняка протекающей струе и поэтому он дает лучшие показатели при действии струи перпендикулярно слоистости.

При испытании же на круге Бэмэ результаты определялись только процессом механического истирания, т. к. по самой постановке испытания не могло иметь место отслаивание отдельных ракушек.

Степень механической прочности в отношении быстрых скоростей может быть установлена сравнением результатов испытаний ракушечника с такими же по Дзорагэсскому бетону, представляющему собой обычный тип бетона, применяемый для облицовки гидротехнических сооружений.

Данные испытаний показали значительную сопротивляемость известняка-ракушечника действию водяных потоков значительных скоростей в особенности при действии их на поверхности перпендикулярные напластованию породы. Противопоказателем применения этой породы в гидротехнических сооружениях подверженных постоянному или же длительному воздействию воды, следует признать значительное снижение временного сопротивления сжатию при действии воды на /породу,— явление обычное для известняков.

Однако приведенные выводы относятся только к данной породе.

Из опыта изложенного в настоящей статье возможно сделать также и общие выводы в отношении методологии лабораторных исследований:

1.—Действие значительных скоростей водяного потока может быть охарактеризовано полулабораторным испытанием подобным изложенному.

Обычные виды лабораторных испытаний строительных камней, как видно из приведенных в настоящей статье данных, не характеризуют сопротивляемости породы износу от скоростей водяного потока.

2.—Предложенная методика при сравнительно кратковременных испытаниях позволяет получить для пород средних прочностей, характеристику их сопротивляемости действию скорости водяного потока и дать им сравнительную оценку, выбрав за эталон испытанные в сооружениях породы естественного камня или же бетона.

Подробный анализ таблиц приведенных в настоящей статье указывает на некоторые отрицательные стороны проведенного опыта.

Так например, точность измерения износа путем взвешивания вытесненной воды при некоторой грубости оборудования несколько мала по сравнению с абсолютными значениями износа за время испытания.

Однако все же следует признать этот материал вполне достаточным, чтобы обосновать выводы, сделанные нами на основании проделанного опыта.

В связи с развернутым гидротехническим строительством уточненная методология полулабораторных испытаний может дать критерий для суждения о прочности естественных и искусственных камней, подверженных действию водяного потока значительных скоростей. А это в свою очередь позволит смелее решать соответствующие задачи гидротехники, тем самым снизить излишние коэффициенты прочности и дать экономию средств и расходования строительных материалов.

---

Проф. БУРХАРД и ЗЕГНЕР  
Перевод с немецкого инж. Шуляцкого<sup>1)</sup>.

## Влияние на результаты испытания величины и формы испытываемых образцов.

### А. Цель произведенных опытов.

При обсуждении норм испытания естественных камней предметом больших споров—явился вопрос о форме испытываемых образцов.

В „Берлин-Даглемской“ государственной лаборатории испытание естественных камней на сжатие до 1927 г. производилось с кубиками со сторонами размером в 4 см.

По данным этой лаборатории такая форма и размеры образцов давали хорошие результаты. Поэтому этой лабораторией было предложено ввести в нормы кубики со сторонами в 4 см. Большинство однако признало такие размеры образцов, для испытания на сжатие—недостаточными, т.к. многие каменные породы имеют неоднородную крупно-зернистую структуру, а при данном размере недостаточно учитывается неравномерное распределение составляющих минералов.

После ряда совещаний было решено в нормы DIN 2105 включить следующие размеры: для кубиков из естественного камня мелко-зернистых структур принять минимальный размер стороны кубика в 4 см., для неоднородных и крупно-зернистых структур принять тот же размер в 6 см.

Для подтверждения правильности изменений размеров кубиков, в сторону их увеличения при крупно-зернистых или же вообще неоднородных породах, сочли необходимым поставить ряд испытаний. Эти испытания преследовали также цель выяснить насколько прочность камней, характеризуемая лабораторными испытаниями, соответствует прочности естественных

<sup>1)</sup> Steinbruch и Sandgrube 15 и 25 июля 1931 г.

камней при размерах последних, применяемых на практике. Таким образом, намеченные исследования должны были ответить на вопрос о влиянии размеров естественного камня на его сопротивляемость сжимающему усилию.

Параллельно возник вопрос о переходе при испытаниях к форме образцов в виде цилиндров, т. к. изготовление последних обходится гораздо дешевле. А потому было решено проделать попутно ряд испытаний также с образцами цилиндрической формы при различных диаметрах последних.

Эти опыты были осуществлены, начиная с 10/X—27 г. по программе составленной проф. Бурхарцем.

#### В. Опыты других исследователей.

Уже в 1744 году Суфлэ и Рондолэ производили определения зависимости результатов испытаний на сжатие от формы испытуемого образца<sup>1)</sup>. Позже Рондолэ и Вика провели сравнительные результаты над цилиндрами и призмами, изготовленными из естественного камня. Они считали, что результаты испытаний на сжатие зависят от формы поперечной площади и высоты призмы. Рондоле и Вика, а потом и Баушингер провели, кроме того, ряд, опытов с кубиками с различными размерами сторон.

Вика при этих опытах употреблял прокладки из картона для создания равномерности передачи давления.

Подробных же сведений об опытах Рондолэ нет, но нужно ожидать, что последний также прибегал к тому же способу выравнивания давления. Баушингер отказался в своих опытах от подобных прокладок, так как заметил вредное влияние их на результаты испытаний. Результаты опытов перечисленных исследователей даны в таблице 1. Они показывают, если исходить из результатов 4-го столбца, что в противоположность результатам наших исследований, данных ниже, размеры кубиков на величину результатов не влияют, т. к. при различных размерах были получены достаточно близкие результаты (табл. 1).

(См. таблицу на 62 стр.).

Результаты испытаний Рондолэ и Вика дают основание предполагать что поверхности давления перекрывались мягкими прокладками. Последние же в силу уменьшения трения между

<sup>1)</sup> Баушингер „Экспериментальное исследование сопротивляемости сжатию“.

Табл. 1. Результаты испытаний на сжатие чужих исследователей

Имена исследователей	№ испытаний	Испытываемый материал	Средняя длина сторон испытываемых кубиков в см.	Временное сопротивление на сжатие в кг/см <sup>2</sup>
Рондолэ	1	Естественный камень	3,0	269
			4,0	266
			5,0	266
			6,0	271
	2	Естественный камень	3,0	117
			4,0	114
			5,0	125
			6,0	123
	3	Естественный камень	3,0	55
			4,0	55
			5,0	55
			6,0	56
Вика	4	Г и п с	1,0	42,2
			1,2	40,6
			2,2	34,5
	5	Г и п с	2,0	74,0
			3,0	73,9
	6	Воздушно сухой клинкет	1,0	33,5
			2,0	33,4
	7	Мелкозернистый песчаник	1,0	53,1
			1,5	52,0
	8	Известковый раствор	1,0	17,6
			2,0	17,7
Баушингер	9	Известковый раствор	1,0	18,0
			2,0	17,0
		Известковый раствор	1,0	21,3
			2,0	21,1
		Известковый раствор	1,0	15,5
			2,0	15,6
		Очень мелкозернистый песчаник	5,2	690
			5,9	670
			6,7	680
			8,4	710
			8,6	708
			9,8	680
			9,9	685

поверхностями соприкасания, сильно ограничивают влияние величины образцов на результаты испытания. Это предположение нуждается, разумеется в подтверждении. Башингер проводил свои опыты без прокладок. Полученные им, примерно одинаковые, результаты для кубиков разной величины можно пожалуй, об'яснить за счет неоднородности употребленного им для этих опытов песчаника.

Основываясь на опытах французских ученых и своих, Башингер находит для призм подобных форм закономерность, которая впоследствии была сформулирована Мартенсом следующим положением „Геометрически подобные тела из одинакового материала в одинаковых условиях при одинаковых напряжениях имеют одинаковое временное сопротивление.

Эта теорема подобия имеет место только тогда, когда трение между поверхностями соприкасания образцов с прессом, или полностью уничтожено, или сокращено до минимума.

На основании своих опытов Гелер сделал следующие выводы: „Надо полагать, что каждый камень, испытываемый на сжатие, имеет какую-то „основную прочность“ (выраж. в кг/см<sup>2</sup>), независимую от величины кубиков“, затем он же говорит; „трение на поверхностях соприкасания является почти единственной причиной сильного влияния величины кубика на результат испытания“.

Суфлэ, Перонэ и Рондолэ провели ряд сравнительных испытаний на сжатие с цилиндрами и призмами при равных высотах и площадях поверхностей, воспринимающих давление. При этом результаты испытания цилиндров на сжатие получились от 7% до 13% выше соответствующих результатов испытания кубиков.

Вика, Гелер и Шлитер проделали сравнительные испытания на сжатие с цилиндрическими образцами; диаметр цилиндров при этом равнялся длине сторон сравниваемых кубиков. Вика, который применял в этих опытах между поверхностями образцов воспринимающей давление и прессом мягкие прокладки, получил приблизительно одинаковые результаты для образцов обоих форм. Испытания же произведенные без всяких прокладок дали прочности цилиндров от 6-ти до 26% ниже прочности кубиков.

Незадолго до этого, Габером была опубликована работа: „Зависимость прочности естественных камней на сжатие от ве-

личины испытываемых кубиков". („Abhängigkeit der Druckfestigkeit bei Naturgesteinen von der kantenlänge der Steinwürfel“). Необходимо с этой статьей познакомиться поближе, т. к. она может, к сожалению, привести к большим недоразумениям.

В своей статье Габер выясняет насколько надежны результаты испытания кубиков при длине стороны равной 4 см. Для этой цели он берет гранит, с временным сопротивлением сжатию равным в среднем 1200 кг/см.<sup>2</sup> и проделывает ряд испытаний с кубиками при длине сторон испытуемых образцов в 3,5,7,10, 12 и 20 см. Испытание всех этих образцов на сжатие производилось на 500 тонном прессе. Для раздавливания кубиков с длиною сторон равной 3,5 см. нужна была в среднем сила равная 15 тоннам. Однако, известно, что на прессах без вспомогательных приспособлений не следует производить испытания с результатами ниже 1/10 максимальных показаний пресса. Т. е. на 500 тонн. прессе не следует производить испытания при величине усилия производящего разрушение ниже 50 т. При испытаниях же Габера разрушающее усилие (17 т.) было в 3 раза меньше допускаемого.

Кроме того Габер произвел сравнительные испытания кубиков из песчаника и ракушечника.

При этих испытаниях кубики с длиной стороны менее 7 см. не брались. Вообще, вопрос о надежности результатов испытаний произведенных с кубиками при длине стороны в 4 см., Габер разрешает на основании результатов опытных испытаний, всего лишь трех гранитных образцов при длине сторон в 3,5 см.

Результаты этих опытов даны в таблице 2-ой. Под результатами средних временных сопротивлений на сжатие в скобках стоят, выраженные в процентах, средние отклонения.

(См. таблицу на 65 стр.).

Все результаты испытаний без исключения, в том числе и крайние, Габером используются для суждения о надежности испытаний при том или другом размере испытуемого образца. Метод этот совершенно неоснователен; он не дает ясного представления о фактических отклонениях результатов от среднего значения (исключая случайные). Мартенс много работавший над источниками ошибок при испытаниях на прочность, указывает на недопустимость этого метода. В своем, хорошо обоснованном труде „Über den Sicherheitsgrad und die Beurteilung der Festigkeits Versuche nach den Normen für Steinenprüfung“ он говорит следующее:

Табл. 2. Результаты испытаний на сжатие полученные Габером

Сорт камня	Размеры сторон испытуемых образцов							
	3,5	7	10	12	15	18	20	
	Средние временные сопротивления на сжатие в кг/см. <sup>2</sup>							
Гранит	1390 (+15)	1150 (+4)	980 (+7)	1230 (+5)	—	—	1280 (+3)	—
Пестрый песчаник	—	787 (+7)	581 (+12)	—	—	915 (+5)	875 (+5)	857 (+3)
Ракушечный известняк	—	783 (+11)	—	—	687 (+14)	—	655	628 (+5)

„Как мера оценки результатов опытов для научных выводов, часто используется разница между наибольшими и наименьшими результатами, или их отклонение от среднего значения. Я привожу в своих таблицах, данные практически показывающие на малую пригодность этого метода“.

„Из теоретических выводов в начале и из кривых отклонений, ясно, что крайние значения результатов находятся под большим влиянием случайности и не дают никакого надежного критерия“.

В своей другой статье о степени надежности испытаний на прочность („Über den Zuverlässigkeitgrad von Festigkeitversuchen“ он говорит следующее: „Я не могу не отметить, безобразный факт извлечения или выбрасывания отдельных результатов из опытных данных. Недопустимо также результаты ряда опытов оценивать по двум крайним значениям. Также недопустима односторонняя оценка по наименьшим результатам. Последнее я не могу рассматривать иначе как заблуждение“.

Результаты опытов Габера с гранитными кубиками при длине сторон в 3,5 см., как и следовало ожидать показывают между собой (таблица 2) довольно большие отклонения от среднего значения ( $\pm 15\%$ ). Отклонения же результатов испытания гранитных кубиков прочих размеров от среднего значения получены в допустимых пределах. Данные Габером отклонения от  $\pm 3\%$  до  $\pm 7\%$ , полученные при испытании на сжатие кубиков при длине сторон в 7 см. получились в результате арифметической

ошибки. Несмотря на это, Габер на основании своих опытов рекомендует для гранитов вообще испытывать кубики с длиной сторон не менее 12 см. Как пишет сам Габер, (тоже видно и по данным испытаний), гранитные кубики со сторонами от 12 до 20 см. взяты не из той глыбы, из которой были заготовлены образцы остальных размеров. Эмпирически доказано уменьшение прочности на сжатие пропорциональное увеличению испытуемых кубиков. Изложенные ниже результаты опытов автора подтверждают то же положение.

В испытаниях же Габера сопротивляемость кубиков при стороне равной 12 см. получилась большая чем для кубиков со стороной равной 7 и 10 см. ( $1150$  и  $980$  кг/см $^2$ ). Кубики со стороной равной 20 см. дали наибольшие результаты ( $1280$  кг/см $^2$ ). При тщательной оценке результатов опытов, результаты испытания кубиков от 12 до 20-ти см. не должны были вообще приниматься во внимание.

Результаты произведенных Габером испытаний песчаника показывают неоднородную прочность взятого им образца данной породы; средние значение результатов испытания на сжатие с возрастанием величины кубиков частично возрастают, частично же падают. Средние отклонения результатов от среднего значения получились у кубиков с длиною сторон в 7 см. равными  $\pm 7\%$ , т. е. значительно меньшими, чем у кубиков с длиною сторон в 10 см. ( $\pm 12\%$ ).

Отсюда можно сделать вывод, что взятый Габером для своих опытов неоднородный песчаник не соответствовал своему назначению.

Не взирая на это, Габер, не исследуя другие сорта песчаника решает, что испытание песчаника надо производить с образцами, изготовленными в форме кубиков со стороной не менее 20 см., хотя вопреки неблагоприятным обстоятельствам только один результат испытания кубиков со стороной в 10 см. дал отклонения частных значений от среднего больше допустимых для естественных камней. Прочность известняка в силу генезиса последнего вообще значительно колеблется, поэтому среднее отклонение от среднего значения равное у Габера  $11\%$  для кубиков со стороной в 7 см. находится еще в допустимых пределах (для известняка). Тем не менее, основываясь на своих опытах Габер предлагает производить испытания известняка с образцами в форме кубиков со стороной равной 20 см. Между

тем сам он из кубиков этой величины испытал только один образец и, следовательно, об отклонениях результатов при испытании этой величины кубиков ничего сказать не может. Мы не останавливаемся на прочих моментах этой работы, хотя они и достойны внимания.

### С. Исследования автора.

#### 1. Об'ем опытов.

Опыты включали определение средних значений временных сопротивлений на сжатие для:

1. Кубиков с длиною сторон в 2, 4, 6 и 8 см.
2. Цилиндров с диаметром в 4,5 и 6,8 см. с соответственной высотой в 4 и 6 см.

#### II. Испытываемые материалы.

Для опытов применялись следующие камни:

1. Базальт из Гессен Нассау.
2. " " Саксонии.
3. " " окрестностей Геттингена.
4. Диабаз окрестностей Арисберга.
5. " Бидемского округа.
6. Песчаник района Гановера.
7. " " Мюнстера.
8. Гранит из Саксонии,
9. " " Мильтенбергской местности на Майне.
10. " " Саксонии.

В дальнейшем испытываемые материалы обозначены номерами от 1 до 11 согласно приведенному перечню.

По макроскопическому исследованию:

Базальт 1—темно-зеленый, блестящий, мелко-кристаллический камень с неровным изломом без больших вкрапинок.

Базальт 2—темно-зеленый камень с неровным изломом с кажущейся плотной основной массой с многочисленными зеленоватыми и блестящими, как стекло, свежими оливинными вкраплениками величиной от 0,5 до 2 м.м.

Базальт 3—темно-зеленый камень с неровным изломом; в своей кажущейся плотной основной массе содержит многочислен-

ные зеленовато-коричневые, сильно разложившиеся вкраплинки оливина величиной до 10 м.м.

Диабаз—4, зеленовато-серый камень средней зернистости от 2 до 3 м.м. с неровным шероховатым изломом. Форма зерен основных минералов выражена неясно.

Диабаз—5, грязновато-серо-зеленый камень, довольно мелкозернист (до 2 мм.) с неровным изломом. Форма зерен минералов также неясно выражена.

Песчаник 7, темно-серый камень с плоскораковистым шероховатым изломом, состоящий из кварцевых зерен величиной от 0,5 до 1 мм.

Гранит 8.—Камень имеющий цвет мяса, с неровной поверхностью излома, состоящий главным образом из красного полевого шпата, дымчато-серого кварца с жирным блеском и небольшого количества биотита. Составные минералы средне и крупнозернистые с величиной зерен от 0,5 до 2,5 мм.

Гранит 9—Светло-серый камень с неровным изломом, состоит из светло-серого полевого шпата, дымчато-серого кварца и биотита. Средняя величина зерен в породе около 2 мм., одиночные большие вкрапления доходят до 30 мм.

Гранит 10—красновато-серый камень с неровным изломом состоящий из серого известково-натрового полевого шпата, кварца с жирным блеском и темного биотита. Структура мелкозернистая (величина зерен до 1 мм.).

Гранит 11—Серый камень с неровным изломом, состоит из белого полевого шпата, дымчато-серого, с жирным блеском, кварца и из большого количества биотита. Структура равномерная и довольно крупно-зернистая.

### III. Изготовление образцов и производство опытов.

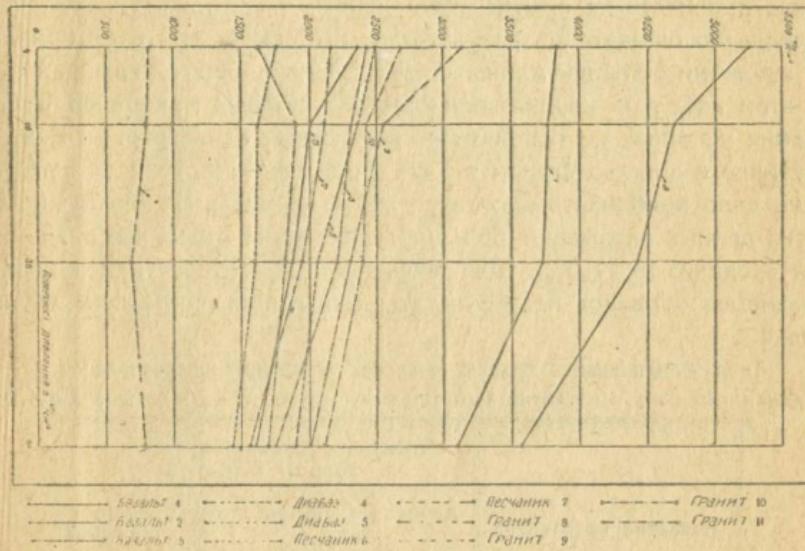
Кубики для испытаний выпиливались из каменных глыб пилой для пилки камня. Цилиндры вытачивались алмазным буром. Поверхности образцов выравнивались шлифовкой. Образцы испытывались на сжатие в высушеннном состоянии, причем скорость возрастания давления соответствовала требованиям норм (DIN DVM 2105) и равнялась от 12 до 15 кг/см<sup>2</sup> в секунду.

#### IV. Данные испытаний.

На ряду со значениями сопротивлений на сжатие в приведенной ниже таблице даны также и отклонения отдельных значений от среднего и вычислена средняя величина этих отклонений (черт. 1).

Ось ординат

Ось абсцисс



На черт. 1 изображены результаты испытания кубиков на сжатие. Результаты испытания на сжатие цилиндров на чертеж не нанесены, чтобы не уменьшить наглядности последнего. Вдоль оси абсцисс отложены величины площадей поверхности давления кубиков каждого ряда опытов; вдоль ординат средние значения временных сопротивлений на сжатие.

а) Зависимость результатов испытания на сжатие от величины образцов.

1) Кубики.

Из таблицы 3 и черт. 1 видно, что прочность на сжатие тем меньше, чем больше испытываемые образцы. Впрочем, это понижение прочности не является постоянным. Некоторое отклонение результатов имеется в ряде опытов с кубиками из песчаника с длиною стороной равной 8 см., давшими большую прочность ( $790 \text{ кг}/\text{см}^2$ ) чем ряд испытаний кубиков со стороной в 6 см. ( $690 \text{ кг}/\text{см}^2$ ).

Испытание кубиков с длиною сторон в 8 см. было повторено, при этом полученный результат был равен в среднем 840 кг/см<sup>2</sup>), т. е. дал еще большую прочность чем в первых опытах.

Отдельные глыбы песчаника подобно испытанному имеют зачастую колебания прочности; этим обстоятельством и об'ясняется отклонение этого ряда опытов от общего закона. У гранитов 11 ряд опытов с кубиками со стороной в 2 см. дал среднюю прочность на сжатие 1640 кг/см<sup>2</sup>, т. е. более низкую чем следовало ожидать по результатам испытания этого материала, с кубиками большей длины сторон. Однако ничего неожиданного в этом нет, т. к. крупно-зернистость составных минералов этого камня не могла не повлиять на результаты испытания на сжатие кубиков с длиною сторон в 2 см. Повторение этого ряда испытаний дало приблизительно такие же результаты. На ненадежность этих данных указывают большие отклонения отдельных значений от среднего ( $\pm 11,2\%$ ). Для численной характеристики влияния размеров образцов на результаты испытания составлена таблица 4.

Табл. 4. Отношение средних значений временных сопротивлений к временному сопр. на сжатие куб. с длиною сторон в 4 см. приравненой 100.

Название материалов	Отношение средних временных сопротивлений к временному сопр. на сжатие куб. с длиною сторон в 4 см. приравненой 100.						
	Кубиков с длиною сторон в				Цилиндров диаметром		
	2 см.	4 см.	6 см.	8 см.	4,5 см.	6,8 см.	
Базальт	1	103	100	100	82	106	115
	2	112	100	95	76	110	84
	3	116	100	96	81	102	96
Диабаз	4	109	100	98	88	118	108
	5	106	100	87	81	102	90
Песчаник	6	101	100	86	99	105	90
	7	103	100	94	75	109	102
Гранит	8	108	100	96	77	106	100
	9	125	100	91	79	96	98
	10	111	100	98	87	104	97
	11	85	100	96	90	100	99

Табл. 3. Результаты испытаний

Название материала	№ № испытаний	КУБИКИ С ДЛИНОЮ СТОРОН												ЦИЛИНДРЫ					
		2 см.			4 см.			6 см.			8 см.			4,5 см. диаметром			6 см. диаметром		
		кг/см <sup>2</sup>	v1	±Δ <sup>2</sup> %	кг/см <sup>2</sup>	v1	±Δ <sup>2</sup> %	кг/см <sup>2</sup>	v1	±Δ <sup>2</sup> %	кг/см <sup>2</sup>	v1	±Δ <sup>2</sup> %	кг/см <sup>2</sup>	v1	±Δ <sup>2</sup> %	кг/см <sup>2</sup>	v1	±Δ <sup>2</sup> %
Баумаль	1	3510	91	-9	3770	101	+1	3220	86	-14	3360	110	+10	3800	95	-5	3810	89	-11
	2	4240	110	+10	3760	101	+1	2990	80	-20	3030	99	-1	4040	102	+2	3960	92	-8
	3	3310	87	-13	3520	94	-6	4640	124	+24	3140	103	+3	4260	107	+7	4230	99	-1
	4	3230	84	-16	3910	105	+5	4150	111	+11	2820	92	-8	4010	101	+1	4580	107	+7
	5	4650	121	+21	3620	97	-3	3590	95	-4	3260	107	+7	3800	95	-5	4310	100	0
	6	4160	108	+8	3860	103	+3	3850	103	+3	2690	88	-12	3950	99	-1	4850	113	+13
	Сумма	-	-	+39	-	-	+10	-	-	+38	-	-	+20	-	-	+10	-	-	+20
	Среднее	3850	-	+12,8	3740	-	+3,2	3740	-	+12,7	3050	-	+6,8	3980	-	+3,5	4290	-	+6,7
	1	5210	100	0	4420	95	-5	4240	96	-4	3790	107	+7	5130	100	0	3810	97	-3
	2	5790	111	+11	4480	96	-4	4690	107	+7	3630	102	+2	5510	108	+8	4410	113	+13
Базальт	3	4630	89	-11	4940	106	+6	3980	90	-10	3370	95	-5	5260	103	+3	3500	93	-10
	4	4820	92	-8	4760	102	+2	4430	101	+1	3560	100	0	4920	96	-4	3960	101	+1
	5	5600	107	+7	4790	103	+3	4880	111	+11	3190	90	-10	5040	98	-2	3730	95	-5
	6	5290	101	+1	4480	96	-4	4200	95	-5	3730	105	+5	4880	95	-5	4030	103	+3
	Сумма	-	-	+19	-	-	+11	-	-	+19	-	-	+14	-	-	+11	-	-	+17
	Среднее	5220	-	+6,3	4650	-	+4,0	4400	-	+6,3	3550	-	+4,8	5120	-	+3,7	3910	-	+5,8
	1	2440	106	+6	1750	82	-12	1850	96	-4	1420	88	-12	1890	92	-8	1870	98	
	2	2050	89	-11	1430	72	-28	1900	99	-1	1710	106	+6	1920	95	-5	1750	92	
	3	2640	114	+14	2060	104	+4	2100	109	+9	1610	99	-1	2170	107	+7	2060	108	
	4	2170	94	-6	2200	111	+11	1830	95	-5	1840	114	+14	2020	100	0	1980	104	
	5	1810	78	-22	2350	118	+18	-	-	-	1460	90	-10	2110	104	+4	1900	99	
	6	2720	118	+18	2140	108	+8	-	-	-	1690	104	+4	2020	100	0	1800	99	
	Сумма	-	-	+38	-	-	+41	-	-	+9	-	-	+24	-	-	+11	-	-	+12
	Среднее	2310	-	+12,8	1990	-	+13,5	1920	-	+4,8	1620	-	+7,8	2020	-	+4,0	1910	-	+4,0
Диабаз	1	1940	110	+10	1440	88	-12	1500	94	-6	1370	96	-4	1820	94	-6	1810	103	+3
	2	1460	82	-18	1640	101	+1	1690	106	+6	1650	115	+15	1940	101	+1	2030	115	-15
	3	2100	119	+19	1820	112	+12	1550	97	-3	1350	94	-6	2150	111	+11	1770	101	+1
	4	1900	107	+7	1440	88	-12	1560	98	-2	1350	94	-6	1880	97	-3	1690	96	-4
	5	1780	101	+1	1850	113	+13	1490	93	-7	1420	99	-1	2030	105	+5	1600	91	-9
	6	1420	80	-20	1590	98	-2	1830	114	+14	-	-	-	1760	91	-9	1670	95	-5
	Сумма	-	-	+3,7	-	-	+25	-	-	+20	-	-	+15	-	-	+17	-	-	+19
	Среднее	1770	-	+12,5	1630	-	+8,7	1600	-	+6,8	1430	-	+6,4	1930	-	+5,8	-	-	+6,2
	1	2710	111	+11	2450	106	+6	2100	104	-14	1760	94	-6	2280	97	-3	2570	124	+24
	2	2520	103	+3	2000	87	-13	2300	114	+14	1630	87	-13	2310	98	-2	2340	113	+13
Песчаник	3	2370	97	-3	2450	106	+6	1900	95	-5	2100	112	+12	2590	110	+10	1520	73	-27
	4	2640	108	+8	2450	106	+6	1940	96	-4	1760	94	-6	2370	101	+1	2030	98	-2
	5	2220	91	-9	2270	98	-2	1830	91	-9	2100	112	+12	2220	94	-6	2460	119	+19
	6	2260	92	-8	2210	96	-4	-	-	-	1950	104	+4	2310	98	-2	1520	73	-27
	Сумма	-	-	+22	-	-	+18	-	-	+18	-	-	+28	-	-	+11	-	-	+56
	Среднее	2450	-	+7,0	2310	-	+62	2010	-	+7,2	1880	-	+8,8	2350	-	+4,0	2070	-	+18,7
	1	850	105	+5	780	98	-2	630	91	-9	850	108	+8	810	96	-4	760	106	+6
	2	770	95	-5	800	100	0	660	96	-4	870	110	+10	880	105	+5	680	94	-4
	3	790	98	-2	750	94	-6	730	106	+6	620	78	-22	900	107	+7	610	85	-15
	4	840	104	+4	870	109	+9	770	112	+12	800	101	+1	880	99	-1	790	110	+10
	5	760	94	-6	830	104	+4	600	87	-13	780	99	-1	780	93	-7	750	104	+4
	6	830	102	+2	780	98	-2	730	106	+6	820	104	+4	820	98	-2	710	99	-1
	Сумма	-	-	+11	-	-	+13	-	-	+24	-	-	+23	-	-	+12	-	-	+21
	Среднее	810	-	+4,0	800	-	+3,8	690	-	+8,3	790	-	+7,7	840	-	+4,3	720	-	+7,2
Гравий	1	2080	96	-4	2170	103	+3	2120	87	-13	151	96	-4	2160	94	-6	2110	99	-1
	2	2340	108	-8	1990	95	-5	2590											

В ней средние результаты испытания кубиков с длиною сторон в 4 см. приравнены 100. Средние же значения остальных испытаний соответственно отнесены к ним. Из этой таблицы видно, что значения временных сопротивлений при испытаниях кубиков со стороной в 2 см. дали почти всюду более высокие результаты по сравнению с таковыми же для кубиков со стороной 4 см. Колебания результатов этих испытаний довольно большие от 1 до 25%. У одного сорта камня (гранита 11), как было сказано выше, обнаруживается сравнительно с результатом испытания кубиков со стороной в 4 см., понижение прочности (на 15%).

Отсюда можно сделать вывод, (который в дальнейшем изложении будет еще обоснован) о ненадежности результатов испытаний, произведенных с образцами в форме кубиков с измерением сторон в 2 см. Это следовало ожидать т. к. кубики с длиною сторон в 2 см. для испытания естественных камней на сжатие слишком малы.

Этот размер образцов был включен в план работ только для получения большего числа данных о временных сопротивлениях кубиков при различном размере сторон последних.

Результаты испытания кубиков со стороной в 6 см. только на несколько процентов ниже результатов испытания кубиков со стороной в 4 см. Правда этому правилу не подчиняются результаты испытаний диабаза 6 и песчаника 6. У этих материалов прочности кубиков со стороной 6 см. соответственно на 13 и 14% ниже чем у кубиков из тех же материалов со стороной в 4 см. Однако эти отклонения следует отнести за счет неоднородности этих пород.

Полученные данные при испытании кубиков из естественных камней с длиною сторон равной 6 см. можно считать в общем на 50% меньшими таковых же, полученных для кубиков со стороной в 4 см.

Данные испытания кубиков со стороной в 8 см., если отбросить результаты испытания песчаников, как ненадежные, лежат ниже на 10—25%, соответствующих средних результатов испытаний кубиков со стороной в 4 см. Следовательно, разница в результатах у кубиков со стороной в 8 см. по сравнению с кубиками при стороне их в 4 см. колеблется для разных естественных камней в довольно больших пределах.

## 2) Цилиндры.

Испытание цилиндров с диаметром 6,7 см. и высотой 6 см. за исключением двух материалов (базальт 1 и гранит 9) дало для всех камней более низкие данные, чем испытание цилиндров с диаметром 4,5 см. и высотой 4 см. Т. к. отклонения для двух материалов можно приписать свойствам этих горных пород, то и в этом случае, как и следовало ожидать мы находим ту же зависимость, что и у кубиков между времененным сопротивлением на сжатие и величиной образца.

в) Отклонение отдельных результатов испытаний на сжатие от средних значений.

Средние отклонения результатов испытания на сжатие кубиков с длиною сторон в 2 см. довольно велики, особенно у приготовленных из материалов с большими вкраплинками и при неравномерном распределении образующих породу минералов. Эти отклонения в среднем доходят до  $(\pm 12,8\%)$ . Отклонения же отдельных результатов от среднего достигают гораздо больших размеров. Например, базальт 3 имеющий особенно большие вкрапления (до 10 мм. величиной), дает отклонения до  $22\%$ . Такие отклонения для кубиков со стороной в 2 см. следовало ожидать; они лишний раз доказывают, что этот размер для испытания на сжатие не приемлем. У образцов прочих размеров, (кубиков и цилиндров), средние отклонения результатов от среднего лежат в пределах принятых при испытаниях естественных камней. Большие средние отклонения от среднего при испытании дали только кубики с длиною сторон в 4 см. из базальта 3  $(\pm 13,5\%)$ , кубики с длиною сторон в 6 см. из базальта 1  $(\pm 12,7\%)$  и цилиндры с диаметром 6,8 см. из диабаза 5  $(\pm 18,7\%)$ . Причиной этих явлений также является неоднородность испытанных пород. Если не учитывать этот ряд испытаний, то средние отклонения от среднего значения у испытанных пород равны для кубиков со стороной в 4 см. от 2,2 до  $8,7\%$ , для кубиков со стороной в 6 см. от 2,2 до  $9\%$ , для кубиков со стороной в 8 см. от 2 до  $8,8\%$ , для цилиндров с диаметром в 6,8 см. от 2,3 до  $7,2\%$ .

В среднем для всех данных всех испытываемых пород, отклонения результатов испытания получились для кубиков со стороной в 4 см. равные  $4,2\%$ , со стороной в 6 см.— $6,1\%$ , со стороной в 8 см.— $6,6\%$ . Для цилиндров с диаметром 4,5 см.— $4,4\%$  и для цилиндров с диаметром 6,8— $5,2\%$ .

Если в силу неоднородности испытываемых естественных камней, на основании результатов испытания нельзя сделать уверенных заключений, то все же можно сказать, что испытание кубиков с длиною сторон в 4 и 6 см. дали самые надежные результаты. Преимущества испытания на сжатие кубиков из естественных камней со стороной в 4 см. становятся очевидными, если учесть большую легкость изготовления малых кубиков из трещиноватых пород.

Таким образом возражения, выдвинутые большинством из членов комитета при обсуждении норм (DINDVM 2105) на испытание естественных камней на сжатие, против испытания употребляемых в строительстве естественных камней, в форме кубиков со стороной в 4 см., не подтвердились опытами, т. к. даже камни с неоднородной крупно-зернистой структурой, с большими вкраплениями, дали вполне удовлетворительные и надежные результаты при испытании кубиков со стороной в 4 см.

На основании результатов проделанных опытов, следует задуматься над утвержденными нормами (DINDVM 2105), которые предписывают не определенный, а минимальный размер образца (см. начало прил. перевода). Между тем, с возрастанием величины образца данные испытаний значительно уменьшаются; о размере этого уменьшения и точности определения последнего, в силу неоднородности структуры естественных камней, судить трудно. Получить надежное сравнение средних результатов испытаний кубиков разной величины для естественных камней не представляется возможным, почему соответствующее решение норм следует изменить и кубики с длиною сторон в 4 см. предписать, как обязательную форму образцов при испытании естественных камней всех пород на сжатие. Остальные данные, полученные при испытании на сжатие цилиндров, дают отклонения отдельных результатов от среднего в допустимых пределах для естественных камней.

Как видно, по полученным результатам, образцы в форме цилиндров вполне пригодны для испытания естественных камней.

с) Зависимость результатов испытания на сжатие от формы образца.

При сравнении средних результатов испытаний кубиков со стороной в 4 см. и цилиндров диаметром 4,5 см. и соответственно испытания кубиков со стороной в 6 см. и цилиндров диаметром 6,8 см., т. е. сравнивая результаты испытания кубиков и цилиндров имеющих одинаковую высоту и поверхность, воспри-

нимашую давление, мы видим, что результаты полученные при испытании цилиндров всегда выше чем соответствующие результаты испытания кубиков.

Разница в результатах испытания, если пренебречь результатами из ряда вон выходящими (Цилиндры с диаметром 4,5 см. из диабаза—5 и из гранита 9 и цилиндры с диаметром 6,8 см. из базальта 1 и 2 и гранита 10) равна в среднем для обоих сравниваемых размеров приблизительно 5%, что вполне соответствует изложенным ранее результатам исследований Суфлэ, Пэронэ и Рондолэ. Они также нашли большую прочность цилиндров по сравнению с кубиками.

#### д) Выводы.

Итак нами был проделан ряд сравнительных испытаний кубиков со сторонами в 2, 4, 6 и 8 см. и цилиндров диаметром 4,5 и 6,8 см., причем испытывалось 3 базальта, 2 диабаза, 2 сорта песчаника и 4 сорта гранита. Опыты дали следующее:

1. На кубиках и цилиндрах из естественного камня была подтверждена известная зависимость результатов испытаний от размеров образца: результаты испытания уменьшаются с увеличением образца.

2. Испытание на сжатие кубиков из естественных камней со стороной в 2 см. не дает надежных результатов.

Следовательно, для испытания естественных камней на сжатие кубиков со стороной в 2 см. непригоден.

3. Испытание на сжатие кубиков со стороной в 4 и 6 см. дает для всех камней надежные результаты.

4. Прочность на сжатие для кубиков со стороной в 6 см. лежит в среднем на 5% ниже чем для кубиков со стороной в 4 см.

5. На основании полученных результатов целесообразно предписать в нормах (DINDVM 2105) испытание на сжатие всех естественных камней производить над образцами в форме кубиков при длине стороны в 4 см.

6. Результат испытания кубиков на 5% ниже цилиндров, если последние имеют равную сравниваемому кубику высоту и поверхность давления.

7. Цилиндрическая форма образцов для испытания естественных камней на сжатие также пригодна, как и форма куба.

## Физико-механические свойства Апшеронских известняков.

### I.

Пятилетним планом развития нашей промышленности предусмотрено огромное снижение строительного индекса; к концу пятилетки—на 47%. Осуществление этого сложного и ответственного задания возможно лишь на основе учета всех многообразных факторов, влияющих на стоимость строительного об'екта. Сюда должны быть отнесены искания новых материалов, новых конструкций, новых методов и приемов работ. Доля участия в строительном процессе каждого из перечисленных факторов весьма различна; грубо, удельный вес их мог быть определен так: стоимость материалов составляет  $\frac{2}{3}$  стоимости всей строительной единицы; рабсила— $\frac{1}{3}$ . Эти специфические для нас условия и ставят во весь рост проблему строительных материалов, которая, разумеется, не должна быть понимаема, как искание только новых строительных материалов, но как и одновременное выяснение возможно целесообразного использования старых—на основе их подробного научного исследования.

Бакинское строительство не только не составляет исключения из этого общего положения, но является как бы его иллюстрацией. Судьба этого строительства будет всецело зависеть от того, в какой мере разумно и экономно будет использован материал, находящийся в изобилии на Апшероне, что особенно важно при новых форсированных темпах, предъявляющих повышенный спрос на стройматериалы и, главным образом, на материалы стеновые, с изучения каковых и должен быть начат цикл исследований.

Исключительным стеновым материалом для Баку с незапамятных времен является ракушечник (раковистый известняк). Обладая достаточной средней прочностью и положительными теплоизоляционными свойствами, он завоевал себе исключительное положение в строительном мире, вызвав интерес к себе и далеко за пределами Баку. Огромные его за-

пасы, сулящие перспективу длительного пользования этим природным материалом, усугубляют необходимость его детального и строго-научного исследования, тем более, что современные приемы разработки карьеров и способы кладки стен являются исключительно примитивными и оставляют желать большей рационализации.

---

Тот парадокс, что в Баку при более благоприятных климатических условиях мы имеем гораздо большую толщину стен, нежели в средних широтах Западной Европы, мог бы при нашем многомиллионном строительстве превратиться в источник постоянных огромных и неоправданных расходов, и Азербайджанская Научно-исследовательская Станция не могла, разумеется, пройти мимо этой проблемы. Работа эта проводилась авторами настоящей статьи.

Считать эту работу к данному моменту законченной нельзя по следующим причинам:

1. В ниже приводимом перечне пород известняка отсутствует их геологическая характеристика; подразделение пород в перечне носит скорее характер территориальный, приуроченный к местным разработкам, вследствие чего значащиеся в перечне под разными наименованиями породы могут оказаться принадлежащими к одной и той же геологической формации.

2. Приводимые данные охватывают только эксплуатируемые карьеры, но, кроме них, в районе города Баку (а тем более на Апшероне) имеется ряд других месторождений, подробное исследование коих весьма необходимо.

Тем не менее и в таком незаконченном виде эти материалы должны представлять интерес для местного строителя, поскольку они являются новостью и представляют собою первую попытку систематического обзора главнейших свойств известняка. Вследствие этого мы и решили опубликовать эти данные в печати.

## II.

Намеченные работы по исследованию камня нами были разбиты на следующие отделы:

1. Испытание на механическую прочность в сухом и насыщенном состоянии;
2. Определение пористости, влагоемкости и об'емного веса;

3. Определение теплопроводности;
4. Испытание на морозоупорность;
5. Испытание на воздухопроницаемость;
6. Испытание на звукоупорность \*).

В исследование вошли следующие карьеры:

1. Алатава I,
2. Алатава III,
3. Бинагадинский,
4. Улугъярский,
5. Кишининский,
6. Беюк-Шор,
7. Пиленые.

Считаясь с тем, что в каждом из перечисленных карьеров, камни видоизменяются в своей структуре как по пластам, так и по участкам, мы решили охватить наиболее характерные виды камней, в результате чего получили следующее распределение камней по карьерам:

- 1) Карьеры пиленных камней:
  - а) белый камень (ближних карьеров),
  - б) серый " (дальних карьеров),
2. Алатава I:
  - а) верхний пласт,
  - б) средний "
  - в) нижний "
3. Алатава III:
  - а) верхний серый мягкий,
  - б) " белый
  - в) " серый крепкий,
  - г) нижний красный.
4. Кишининские карьеры:
  - а) 1-й участок с пластами верхним, средним и нижним,
  - б) 2-й " " " " " "
  - в) 3-й " " " " " "
5. Беюк-Шор:
6. Бинагадинский
7. Улугъярский } без подразделения.

\*) Испытания по §§ 5 и 6 в настоящий труд не вошли и будут опубликованы в дальнейшем.

Все испытания были произведены в лаборатории строительных материалов АзНИИ.

Результаты испытаний сведены в нижепомещаемые таблицы:

ТАБЛИЦА № 1  
результаты испытаний камней в сухом состоянии

Наименование карьеров		№ кубиков	Площадь раздавлив. см <sup>2</sup>	Разруш. груз кг.	Времен. сопротивл. кг/см <sup>2</sup>	Высота см.	Объем см <sup>3</sup>	Вес кубика гр.	Объемн. вес кг/см <sup>3</sup>
П и л е н ы е к а р ь е р ы	Б е л ы е с б л и ж и х к а р ь е р о в	1	410	6750	16,5	20,25	8302,5	10,600	1, 28
		2	400	4810	12,0	20,50	8200	10,500	1, 28
		3	408	6170	15,0	21,0	8568	11,500	1, 35
		4	420	6750	16,0	20,6	8652	12,100	1,400
		5	424	4620	11,0	20,5	8692	11,300	1,300
		6	423	5590	13,0	20,7	8756	12,100	1,380
		7	408	3650	9,0	20,5	8304	11,400	1,360
		8	416	3650	9,0	20,5	8528	11,500	1,350
		9	418	3840	9,0	20,4	8427	11,950	1,420
		10	406	4620	11,0	19,7	7998	10,950	1,370
		11	402	5590	14,0	19,0	7638	10,700	1,400
		12	402	5780	14,0	19,8	7960	11,250	1,410
		13	398	6170	16,0	19,7	7841	11,200	1,430
		14	408	3260	8,0	20,0	8160	10,900	1,340
		15	406	3260	8,0	20,2	8201	10,850	1,320
		16	410	2680	7,0	19,5	7995	11,100	1,390
		17	412	3260	8,0	19,7	8116	11,250	1,380
		18	422	6360	15,0	20,7	8735	11,500	1,320
		19	416	4620	11,0	20,4	8486	11,000	1,290
		20	418	5000	12,0	20,5	8569	11,300	1,320
		21	420	5780	14,0	20,6	8652	11,400	1,320
		22	408	6940	17,0	19,6	7997	11,350	1,420
		23	420	5200	12,0	20,0	8400	11,050	1,320
		24	410	5590	14,0	20,5	8405	11,500	1,380
		25	410	7140	17,0	19,1	7831	12,250	1,560
		26	425	3660	15,0	20,1	8453	11,950	1,400
С р е д н е е				12,0	С р е д н е е				1,360

А Л А Т А В А И.		П и л е н ы е к а р ь е р ы		Наименование карьеров							
		С е р ы е с д а л ь н и х к а р ь е р о в									
		Верхний пласт									
Нижний пласт		Средний пласт									
		С р е д н и й пласт		№№ куби-ков	Площадь раздавлив-см <sup>2</sup>	Разруш. груз. кг.	Времен. сопротивл. кг/см <sup>2</sup>	Высота см.	Об'ем см <sup>3</sup>	Вес кубика гр.	Об'емн. вес кг/см <sup>3</sup>
		Верхний пласт		1 400	11620	29,0	20,2	8080	12,800	1,58	
		С р е д н и й пласт		2 404	13600	33,5	20,2	8161	13,800	1,69	
		С р е д н и й пласт		3 408	8500	21,0	20,3	8282	12,150	1,40	
		С р е д н и й пласт		С р е д н и й пласт	27,5	С р е д н и й пласт	С р е д н и й пласт	С р е д н и й пласт	С р е д н и й пласт	С р е д н и й пласт	1,56
		С р е д н и й пласт		1 404	15600	38,5	20,1	8120	12,500	1,50	
		С р е д н и й пласт		2 404	17600	43,5	19,6	7918	12,000	1,60	
		С р е д н и й пласт		3 402	15600	38,5	19,9	8000	11,800	1,50	
		С р е д н и й пласт		С р е д н и й пласт	40,0	С р е д н и й пласт	С р е д н и й пласт	С р е д н и й пласт	С р е д н и й пласт	С р е д н и й пласт	1,50
		С р е д н и й пласт		1 410	13010	31,5	20,1	8241	12,900	1,50	
		С р е д н и й пласт		2 408	11690	28,5	20,1	8200	12,400	1,50	
		С р е д н и й пласт		3 406	12210	30,0	20,4	8282	12,400	1,50	
		С р е д н и й пласт		С р е д н и й пласт	30,0	С р е д н и й пласт	С р е д н и й пласт	С р е д н и й пласт	С р е д н и й пласт	С р е д н и й пласт	1,50

Бинагадинский										Алатат А в А III.										Наименование шарьеров																																																																																																																																																																							
Нижний красный				Верхний серый мягкий				Верхний белый				Верхний серый крепкий				Мкб-куби- ков		Площадь разделки, см <sup>2</sup>		Разруш. груз кг.		Времен. сопротивл. кг/см <sup>2</sup>		Высота см.		Объем см <sup>3</sup>		Вес кубика гр.		Объемн. вес кг/см <sup>3</sup>																																																																																																																																																													
С р	1	402	17600	43,5	20,0	8040	13,550	1,68	С р	1	406	9660	23,5	20,2	8201	12,760	1,55	С р	1	404	33150	82,0	20,3	8201	14,200	1,73	С р	1	408	25700	63,0	20,2	8242	13,900	1,69	С р	1	400	19200	48,0	20,2	8080	13,870	1,71	С р	1	400	28150	69,0	20,2	8201	14,300	1,74	С р	1	394	12410	31,5	20,0	7888	12,330	1,56	С р	1	396	13600	34,0	20,2	7999	12,680	1,51	С р	1	400	14600	36,5	20,0	8000	12,690	1,59	С р	1	402	8690	21,5	19,8	8960	12,650	1,59	С р	1	406	17200	42,0	20,5	8323	13,150	1,58	С р	1	400	17600	44,0	20,2	8080	13,250	1,64	С р	1	402	21050	52,5	19,9	7960	13,400	1,69	С р	1	406	39700	97,5	20,2	8201	14,470	1,76	С р	1	404	23300	57,5	20,2	8161	13,850	1,69	С р	1	410	25700	62,5	20,2	8282	14,910	1,80	С р	1	400	58100	145,0	20,2	8080	14,400	1,78	С р	1	404	34950	86,5	20,1	8120	14,100	1,73	С р	1	402	31100	77,0	20,0	8040	13,800	1,71	С р	1	372	29150	78,0	20,2	7514	12,500	1,67	С р	1	372	76,5	С р	ед	н е е	1,73
	2	402	25700	64,0	19,8	7960	13,750	1,72		2	406	17200	42,0	20,5	8323	13,150	1,58		2	404	21650	54,0	20,1	8080	14,000	1,73		2	402	21050	52,5	19,9	7960	13,400	1,69		2	406	39700	97,5	20,2	8201	14,470	1,76		2	404	23300	57,5	20,2	8161	13,850	1,69		2	410	25700	62,5	20,2	8282	14,910	1,80		2	400	58100	145,0	20,2	8080	14,400	1,78		2	404	34950	86,5	20,1	8120	14,100	1,73		2	402	31100	77,0	20,0	8040	13,800	1,71		2	372	29150	78,0	20,2	7514	12,500	1,67		2	372	76,5	С р	ед	н е е	1,73																																																																																	
	3	402	21650	54,0	20,1	8080	14,000	1,73		3	406	17600	44,0	20,2	8323	13,250	1,64		3	404	21050	52,5	19,9	7960	13,400	1,69		3	402	39700	97,5	20,2	8201	14,470	1,76		3	406	23300	57,5	20,2	8161	13,850	1,69		3	410	25700	62,5	20,2	8282	14,910	1,80		3	400	58100	145,0	20,2	8080	14,400	1,78		3	404	34950	86,5	20,1	8120	14,100	1,73		3	402	31100	77,0	20,0	8040	13,800	1,71		3	372	29150	78,0	20,2	7514	12,500	1,67		3	372	76,5	С р	ед	н е е	1,73																																																																																										
	4	400	21050	52,5	19,9	7960	13,400	1,69		4	406	17600	42,0	20,5	8323	13,250	1,64		4	404	21650	54,0	20,1	8120	14,100	1,73		4	402	39700	97,5	20,2	8201	14,470	1,76		4	406	23300	57,5	20,2	8161	13,850	1,69		4	410	25700	62,5	20,2	8282	14,910	1,80		4	400	58100	145,0	20,2	8080	14,400	1,78		4	404	34950	86,5	20,1	8120	14,100	1,73		4	402	31100	77,0	20,0	8040	13,800	1,71		4	372	29150	78,0	20,2	7514	12,500	1,67		4	372	76,5	С р	ед	н е е	1,73																																																																																										
	5	400	21650	54,0	20,1	8120	14,100	1,73		5	406	17600	44,0	20,2	8323	13,250	1,64		5	404	21050	52,5	19,9	7960	13,400	1,69		5	402	39700	97,5	20,2	8201	14,470	1,76		5	406	23300	57,5	20,2	8161	13,850	1,69		5	410	25700	62,5	20,2	8282	14,910	1,80		5	400	58100	145,0	20,2	8080	14,400	1,78		5	404	34950	86,5	20,1	8120	14,100	1,73		5	402	31100	77,0	20,0	8040	13,800	1,71		5	372	29150	78,0	20,2	7514	12,500	1,67		5	372	76,5	С р	ед	н е е	1,73																																																																																										
	6	400	21050	52,5	19,9	7960	13,400	1,69		6	406	17600	42,0	20,5	8323	13,250	1,64		6	404	21650	54,0	20,1	8120	14,100	1,73		6	402	39700	97,5	20,2	8201	14,470	1,76		6	406	23300	57,5	20,2	8161	13,850	1,69		6	410	25700	62,5	20,2	8282	14,910	1,80		6	400	58100	145,0	20,2	8080	14,400	1,78		6	404	34950	86,5	20,1	8120	14,100	1,73		6	402	31100	77,0	20,0	8040	13,800	1,71		6	372	29150	78,0	20,2	7514	12,500	1,67		6	372	76,5	С р	ед	н е е	1,73																																																																																										
	7	372	29150	78,0	20,2	7514	12,500	1,67		7	372	76,5	С р	ед	н е е	1,73	7	372	29150	78,0	20,2	7514	12,500	1,67	7	372	76,5	С р	ед	н е е	1,73	7	372	29150	78,0	20,2	7514	12,500	1,67	7	372	76,5	С р	ед	н е е	1,73																																																																																																																																													

<sup>\*)</sup> Отбрасываем, как резко уклоняющееся.

Б Е Ю К - Ш О Р		К И Ш Л И Н С К И Е КАРЬЕРЫ									
Верхний пласт	Нижний пласт	З Й У Ч А С Т О К			2-Й участок			Наименование карьеров			
		Нижний пласт	Средний пласт	Верхний пласт	Нижний пласт	С р	С р	С р	С р	С р	С р
Ахмедлинский	1 2 3	1 2 3	406 412 406	406 412 392	60050 52300 33000	148,0 127,0 81,0	20,0 20,1 20,0	8120 8281 8120	16,700 16,400 16,700	2,05 1,98 2,05	
		1 2 3	404 402 400	48450 56150 36850	117,0 139,0 92,0	20,2 21,1 20,0	8363 8120 8080	16,700 15,300 15,400	2,00 1,88 1,90		
		1 2 3	402 404 412	65800 27300 73550	163,5 67,5 178,5	20,1 20,0 20,0	8322 7840 8000	17,000 14,900 16,000	2,03 1,90 2,00		
	4 5 6	1 2 3	400 402 400	33000 63900 103,0	130,0 159,0 103,0	20,0 19,9 20,2	8080 8120 8000	16,700 14,450 16,600	2,07 1,78 2,07		
		1 2 3	402 404 400	46500 27300 33000	118,5 67,5 82,5	20,0 20,1 20,2	8040 8322 8080	14,900 17,000 16,700	1,99 2,03 1,95		
		1 2 3	400 406 402	67750 71600 46500	169,0 176,0 115,5	20,0 20,2 20,0	8000 8201 8040	15,000 15,400 14,900	1,87 1,88 1,85		
	7 8 9	1 2 3	404 398 392	53750 40750 55750	133,0 102,0 142,0	20,0 19,6 20,3	8080 7801 7958	15,300 14,500 14,900	1,89 1,86 1,87		
		1 2	402 424	21650 25300	54,0 59,0	20,3 20,3	8161 8601	15,400 15,400	1,88 1,80		

Ниже в таблице № 2 нами приводятся данные для тех же пород в состоянии насыщенном и попутно указаны величины пористости. Как известно, мера плотности камня определяется выражением  $\frac{\gamma}{d}$ , где  $\gamma$ —объемный вес, а  $d$ —удельный вес камня.

$$\text{Величина } \left(1 - \frac{\gamma}{d}\right) V$$

представляет собой об'ем пустот; тоже в процентах:

$$a = \left(1 - \frac{\gamma}{d}\right) \times 100 \dots \dots \dots (1)$$

Это будет общее количество всех пустот или пор и величину „ $a$ “ будем называть пористостью.

Количество же открытых пор, т. е. доступных для насыщения влагой, определяется по разности весов испытуемого камня в состояниях насыщенном и сухом, т. е.:

$$\theta = \frac{P_{\text{нас.}} - P_{\text{сух.}}}{P_{\text{нас.}}} \times 100 \dots \dots \dots (2)$$

Эту величину будем называть Влагоемкостью.

Величины пористости и влагоемкости приведены в соответствующих графах таблицы № 2. Произведенные определения удельного веса разных пород известняка показывают почти одинаковые величины (разница во 2-м десятичном знаке), а именно:

2,70 ; 2,61 ; 2,69 ; 2,64 ;

Примем из приведенных цифр среднюю, а именно:

$d = 2,66$ .

и будем считать ее исходной при определении пористости разных пород известняка.

### ТАБЛИЦА № 2.

результаты испытаний камней в насыщенном состоянии

Наименов. карьеров	Вес куби- ка в сух. сост. гр.	Площадь раздав. см <sup>2</sup>	Разруш. груз. кг.	Времен. сопрот. кг/см <sup>2</sup>	Высота см.	Объем см <sup>3</sup>	Объем вес в насыщ. сост. кг/см <sup>3</sup>	Пори- стость %	Влагоем- кость %	
П и л е н ные	С е р ы е	11120	12440	414	3840	9,0	19,7	8156	1,55	16,2
		11140	12190	406	2285	5,5	20,2	8201	1,50	12,8
		10900	12090	412	3840	9,0	20,3	8363	14,6	14,2
	С р е д н е е				8,0	Сред нее		1,50	50,0	14,4

А Л А Т А В А III		А Л А Т А В А I.		П и л е н ы е									
Наименов. карьеров	Б е л ы й	В е р х н и й		Б е л ы й		Площадь раздав. см <sup>2</sup>	Разруш. грун. кг.	Высота см.	Объем см <sup>3</sup>	Объем вес в насыщ. сост. кг/см <sup>3</sup>	Пори- стость %	Влагоем- кость %	
		Н и ж н и й	С р е д n и й	С р е д n и й	С р е д n и й								
Верхний серый крепкий	10450	12070	408	2870	7,0	20,3	8282	1,50				19,5	
	10630	12070	412	4620	11,0	20,2	8322	1,50				17,3	
	11170	12540	408	3450	8,5	20,3	8282	1,50				16,6	
С р е д н е е					9,0	С р е д	1,50	51,5				17,8	
Н и ж н и й	13170	13830	412	10840	26,0	19,9	8200	1,69				8,0	
	13170	13790	404	9660	24,0	20,3	8201	1,69				7,5	
	12470	13300	402	6940	17,0	20,3	8161	1,63				10,1	
С р е д н е е					22,0	Сред	1,67	40,6				8,5	
С р е д n и й	12110	13240	400	7720	19,0	19,9	7960	1,66				14,2	
	11750	12700	400	11230	21,0	19,5	7800	1,50				12,2	
	12600	13250	402	14800	37,0	19,9	8000	1,66				8,1	
	11500	12150	374	11030	29,0	19,8	7405	1,64				8,8	
С р е д н е е					28,0	Сред	1,61	42,9				10,8	
Н и ж н и й	11950	12600	404	9660	24,0	20,0	8080	1,56				8,0	
	12510	13250	408	8690	21,0	20,2	8242	1,61				9,0	
	13060	14070	408	10440	26,0	20,2	8242	1,71				12,2	
С р е д н е е					23,5	Сред	1,63	42,9				9,7	
Верхний серый мягкий	14300	14500	406	25700	63,0	20,2	8201	1,77				2,4	
	14130	14350	408	24300	59,3	20,3	8282	1,73				2,7	
	14300	14500	408	58100	142,0	20,3	8282	1,75				2,4	
	13400	13600	402	28150	70,0	19,0	7638	1,78				2,6	
С р е д н е е					64,0	Сред	1,78	35,8				2,5	
Верхний серый мягкий	13500	14180	408	12610	31,0	20,2	8241	1,72				8,2	
	13400	14150	408	13600	33,0	20,2	8241	1,72				9,1	
	13400	14550	418	6170	15,0	20,4	8527	1,70				13,5	
С р е д н е е					26,0	Сред	1,71	39,9				10,3	

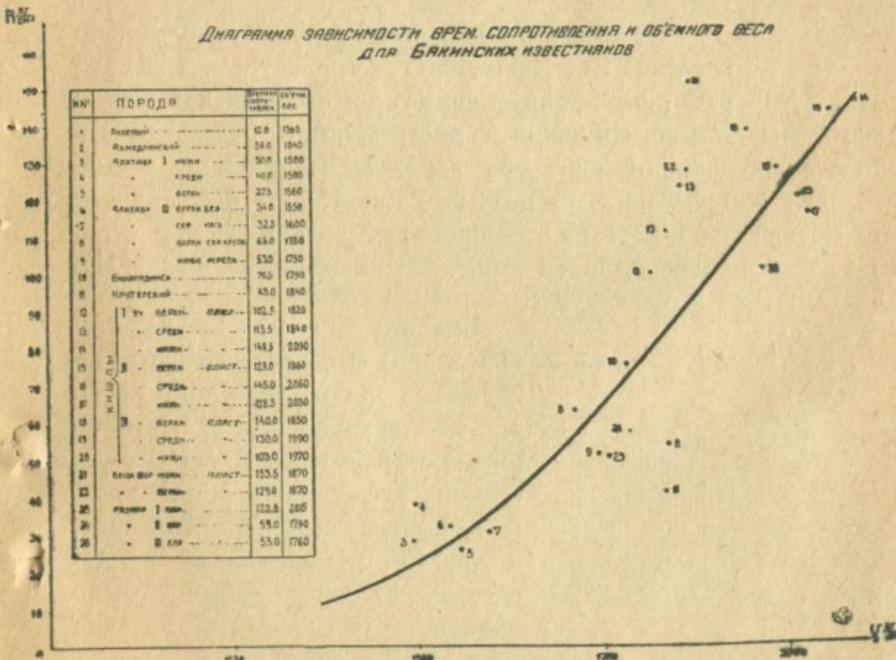
Кишилинские карьеры		Ульярский		Бинагадин-		АЛАТАВА III					
1-й участок	Средний пласт	Верхний пласт	Нижний пласт	Верхний белый	Нижний красный	Площадь раздав.	Высота см.	Объем см <sup>3</sup>	Объем. вес в насыщ. сост. кг/см <sup>3</sup>	Пористость %	Влагоемкость %
				13000 13770 396 13800	35,0	20,2	7999	1,72		9,62	
				12900 13860 404 16600	41,0	20,1	8120	1,71		11,8	
				12680 13550 398 12610	32,0	20,1	8000	1,69		10,9	
				С р е д н е е	36,0	Сред	нее	1,71	40,2		10,8
				13680 14150 408 18600	46,0	20,1	8201	1,72		5,7	
				14000 14470 396 17600	44,0	19,8	7841	1,84		6,0	
				13430 13910 394 18600	47,0	19,8	7801	1,78		6,1	
				С р е д н е е	45,5	Сред	нее	1,78	35,4		5,9
				13600 14400 398 26700	67,0	20,0	7960	1,81		10,0	
				13700 14400 404 26700	66,0	20,1	8120	1,77		8,6	
				12100 12800 367 21650	59,0	19,3	7083	1,80		9,9	
				С р е д н е е	64,0	Сред	нее	1,79	36,5		9,5
				15300 15300 400 19600	49,0	20,0	8080	1,80		—	
				14300 14400 386 20850	54,0	20,0	7720	1,86		1,3	
				15400 15450 404 20600	51,0	19,9	8040	1,92		0,6	
				С р е д н е е	51,0	Сред	нее	1,89	30,0		0,6
				16700 16800 412 50400	122,0	20,3	8364	2,00		1,2	
				15200 15600 404 31100	77,0	20,4	8241	1,88		4,8	
				14400 14800 400 29150	73,0	20,0	8000	1,85		5,0	
				С р е д н е е	90,5	Сред	нее	1,91	31,6		1,82
				17370 17370 416 52300	125,5	20,3	8444	2,05		0	
				16600 16600 408 56150	137,5	20,2	8241	2,02		0	
				15300 15500 401 50400	123,5	20,2	8241	1,88		2,4	
				С р е д н е е	129,0	Сред	нее	1,98	26,0		0,8

К И Ш Л Б Ы		Кишилинские карьеры															
3-й участок		2-ой участок															
Наименов. карьеров	Верхний пласт	Нижний пласт		Средний пласт		Верхний пласт		Средний пласт		Нижний пласт		Объем см³	Объем см³	Пористость %	Влагоемкость %		
		15700	16000	400	33000	83,0	20,3	8120	1,97								
		14950	15350	416	29150	70,0	20,1	8361	1,84								
		15800	16075	416	48450	116,5	20,1	8361	1,92								
		Средн		н е е		90,0	Средн	н е е	1,91	30,0							
КИШЛЫК		Кишилинские карьеры		2-ой участок		Верхний пласт		Средний пласт		Нижний пласт							
3-й участок		Нижний пласт		Средний пласт		Верхний пласт		Средний пласт		Нижний пласт							
Наименов. карьеров	Средний пласт	15300	15400	408	31100	76,0	20,1	8200	1,87								
		16700	16800	416	52300	126,2	20,2	8403	2,00								
		16500	16600	400	48450	121,0	20,0	8000	2,07								
		Средн		н е е		107,0	Средн	н е е	1,98	26,0							
		Средн		н е е													
КИШЛЫК		Кишилинские карьеры		2-ой участок		Верхний пласт		Средний пласт		Нижний пласт							
3-й участок		Нижний пласт		Средний пласт		Верхний пласт		Средний пласт		Нижний пласт							
Наименов. карьеров	Средний пласт	16700	16800	404	40750	101,0	20,3	8201	2,48								
		16000	16200	408	44600	109,0	20,3	8282	1,95								
		17200	17200	408	65800	161,0	20,2	8241	20,8								
		Средн		н е е		123,5	Средн	н е е	2,17	24,5							
		Средн		н е е													
КИШЛЫК		Кишилинские карьеры		2-ой участок		Верхний пласт		Средний пласт		Нижний пласт							
3-й участок		Нижний пласт		Средний пласт		Верхний пласт		Средний пласт		Нижний пласт							
Наименов. карьеров	Нижний пласт	15100	15550	398	38800	97,5	20,0	7960	1,94								
		16600	16700	404	40750	101,0	20,1	8120	2,05								
		14200	14800	400	29150	73,0	20,1	8040	1,84								
		Средн		н е е		90,5	Средн	н е е	1,94	30,0							
		Средн		н е е													
КИШЛЫК		Кишилинские карьеры		2-ой участок		Верхний пласт		Средний пласт		Нижний пласт							
3-й участок		Нижний пласт		Средний пласт		Верхний пласт		Средний пласт		Нижний пласт							
Наименов. карьеров	Средний пласт	15600	16000	400	44600	111,5	20,0	8000	2,00								
		15300	15650	406	31100	76,5	19,9	8079	1,94								
		15450	15950	308	42650	107,0	20,0	7960	2,0								
		Средн		н е е		98,0	Средн	н е е	1,98	28,0							
		Средн		н е е													
КИШЛЫК		Кишилинские карьеры		2-ой участок		Верхний пласт		Средний пласт		Нижний пласт							
3-й участок		Нижний пласт		Средний пласт		Верхний пласт		Средний пласт		Нижний пласт							
Наименов. карьеров	Нижний пласт	16600	16700	406	61950	152,5	20,1	8160	2,05								
		15400	15600	400	36850	92,0	20,0	8000	1,95								
		16100	16150	400	48450	121,0	20,0	8040	2,00								
		Средн		н е е		123,0	Средн	н е е	2,00	26,0							
		Средн		н е е													

Наименов. карьеров			Вес куби- ка в сух. сост. гр.							
		Тоже в насыщ. сост.		Площадь раздав. см <sup>2</sup>		Разруш. грунт. кг.		Высота см.	Об'ем см <sup>3</sup>	Об'ем, вес в насыщ. сост. кг/см <sup>3</sup>
Б Е Ю К - Ш О Р	Верхний пласт	15200	16000	400	48450	121,0	20,0	8000	2,00	10,0
		15000	15700	400	44600	112,0	20,0	8000	1,96	9,0
		15000	15500	404	52300	129,0	20,0	8080	1,92	6,2
	Среднее					121,0	Среднее	1,98	29,7	8,4
Б Е Ю К - Ш О Р	Нижний пласт	14900	15700	402	56150	140,0	20,0	8040	1,95	9,9
		15200	16100	412	52300	127,0	20,0	8240	1,05	10,9
		15400	16200	412	50400	122,0	20,1	8281	1,95	9,6
	Среднее					129,0	Среднее	1,93	30,9	10,1

На основании данных, приведенных в таблице № 1, выражаем графически зависимость между временными сопротивлением камня и его об'емным весом в виде диаграммы № 1. Намеченные точки выражают общий характер этой кривой.

ДИАГРАММА ЗАВИСИМОСТИ ВРЕМ. СОПРОТИВЛЕНИЯ И ОБ'ЕМНОГО ВЕСА  
для БАКИНСКИХ ИЗВЕСТНИКОВ



Черт. № 1.

Заметим, что приведенные в *таблицах №№ 1 и 2* данные о временном сопротивлении камней определены при раздавливании, произведенном нормально напластованию (*эскиз № 2*), т. е. камню придано такое положение, в котором он фактически и находится в стенке. Это положение камня, установившееся веками строительной практики, и считается нормальным, предполагая в этом именно направление наибольшую прочность камня.

*Эскиз № 2.* Однако в последнее время производились в Москве (в Институте Прикладной Минералогии) опыты, выяснившие оригинальное свойство камня и показавшие необоснованность этой вековой строительной традиции: оказывается, что временное сопротивление камня при раздавливании его параллельно напластованию (*эскиз № 3*) превышает таковое же по сравнению с первым случаем в 1,5—2,0 раза. Это обстоятельство было проверено и нами, и результаты этих испытаний нами приводятся в *таблице № 3*, (стр. 89) относящейся к известнякам из карьера им. Степана Разина (табл. приведена на след. стр.).

*Эскиз № 3.* Некоторые колебания в цифрах приведены в *таблице № 3* заставили нас призадуматься над выработкой такой методологии испытаний, которая не оставляла бы никаких сомнений в достоверности результатов: в самом деле, кубики, подвергавшиеся раздавливанию в разных направлениях, вытеснявались из разных камней (хотя бы и одного и того же карьера) и поэтому колебания цифр могли бы быть отнесены за счет неоднородности камня, явлениям иного порядка. Нами поэтому был в дальнейшем применен следующий метод.

*Эскиз № 4.* Бралась призма размерами  $60 \times 30 \times 30$  см., раскалывалась на 2 равные части, дававшие после соответствующей отески 2 кубика размерами  $20 \times 20 \times 20$  см., один из коих испытывался в направлении параллельном напластованию, а другой—в нормальном направлении. Таких испытаний было проделано 18 с камнями карьера Алтава I.

ТАБЛИЦА № 3

результаты испытаний известняка из карьеров им. Степана Разина

№№ по порядку	№ карьера и слой	Направление раздавливания	Временное сопротивление нг/см <sup>2</sup>	Объемн. вес кг/см <sup>3</sup>	Примечание
1	II карьер средн. слой . . .	Перпенд.	103	1880	
2	" " " . . .	"	63	1820	
3	" " " . . .	Парал.	100	1940	
4	" " " . . .	"	210	1690	
5	" " " . . .	"	117	1690	
6	" верхн. слой . . .	Перпенд.	49	1700	
7	" " " . . .	"	58	1760	
8	" " " . . .	Парал.	107	1950	
9	" " " . . .	"	145	1790	
10	" нижний слой . . .	Перпенд.	25	1570	
11	" " " . . .	"	66	1880	
12	" " " . . .	Парал.	84	1700	
13	" " " . . .	"	58	1560	
14	I карьер . . . . .	Перпенд.	129	1960	
15	" . . . . .	"	115	2070	
16	" . . . . .	Парал.	152	1810	
17	III карьер . . . . .	Перпенд.	53	1810	
18	" . . . . .	"	53	1710	
19	" . . . . .	Парал.	126	1720	
20	" . . . . .	"	138	1840	
21	" . . . . .	"	103	1760	

Результаты этих испытаний приведены в таблице № 4.

ТАБЛИЦА № 4.

№ по порядку	Направл. раздавливания	Площадь раздавливания см <sup>2</sup>	Разрушающий груз кг.	Временное сопротивление кг./см <sup>2</sup>	Примечание
1	Парал.	404	27550	68	
2	Перпенд.	424	13200	31	
3	Парал.	414	24700	60	
4	Перпенд.	414	12610	30	
5	Парал.	422	24700	58	
6	Перпенд.	416	12610	30	
7	Парал.	422	25900	61	
8	Перпенд.	416	13400	32	
9	Парал.	420	26700	64	
10	Перпенд.	420	16600	39	
11	Парал.	416	27750	66	
12	Перпенд.	426	15600	36	
13	Парал.	420	18600	44	
14	Перпенд.	412	15600	38	
15	Парал.	416	24500	59	
16	Перпенд.	422	10640	25	
17	Парал.	422	23100	55	
18	Перпенд.	424	14600	34	

Приведенная таблица подтверждает Московские опыты, давая увеличение временного сопротивления до 2-х раз при раздавливании параллельно напластованию и открывая обширные горизонты дляисканий в этой области и для проработки вытекающих из них практических выводов.

Заметим, наконец, что расположение пластов в камне, отклоняющееся от горизонтального, также оказывает влияние на величину временного сопротивления: так называемый косослой снижает это последнее. Приводимые ниже в таблице № 5 данные, относящиеся к карьеру Алатау I, подтверждают сказанное (таблица на стр. 91).

Понижение временного сопротивления при косослой составляет в среднем 18%.

Все приведенные данные дают основание для расчета этажности зданий в зависимости от породы камня, из которого сложена стена. Не входя в детальные расчеты, укажем лишь, что прочность пиленого камня достаточна для двух этажей, проч-

ТАБЛИЦА № 5

№ по порядку	Площадь раздавл., см <sup>2</sup>	Разруш. груз. кг.	Времен. сопротивл. кг/см <sup>2</sup>	Высота см.	Объем см <sup>3</sup>	Вес кубика грамм	Объемн. вес кг/дм <sup>3</sup>
<b>П Р Я М О С Л О Й</b>							
1	408	16600	47,0	20,3	8082	12800	1,55
2	392	20600	52,5	19,9	7801	12000	1,54
3	408	15200	37,0	20,2	8242	14100	1,71
4	398	13600	34,0	20,2	8040	12400	1,54
5	402	18000	44,8	20,1	8080	12300	1,52
6	402	18600	46,0	20,1	8080	12000	1,48
Сред		нее	43,5	Сред	hee		1,56
<b>К О С О С Л О Й</b>							
7	398	14000	35,0	20,2	8040	12300	1,53
8	392	13600	34,5	20,3	7958	12300	1,55
9	400	14600	36,5	20,0	8000	12600	1,57
10	406	11620	28,6	20,0	8120	12050	1,48
11	404	16300	39,5	20,5	8282	13450	1,62
12	402	17200	42,7	20,1	8240	12850	1,60
13	392	14000	35,7	20,0	7840	12250	1,56
14	392	12410	31,6	20,3	7958	11875	1,49
Сред		hee	35,5		Сред	hee	1,55

ность Алтавы I — для пяти этажей; прочность же прочих пород гораздо выше, чем то можно требовать от строительного материала в пределах практически применяемой в наших условиях этажности зданий.

Таковы выводы, которые проливают некоторый свет на интересующий нас вопрос; они являются первым приближением.

### III.

#### Испытания на теплопроводность

Переходя к вопросу о теплопроводности Бакинских известняков; нельзя не отметить, что именно он и являлся стимулом всего исследования. С одной стороны, физическая структура известняка, его пористость, невольно заставляет думать о его богатых тепловых свойствах, а географическое положение Баку и всей АССР наводит на мысль о излишней толщине существующих стен из известняка.

Отсылая интересующихся читателей к более подробной работе В. П. Жузе („К вопросу о теплопроводности строительных материалов“, журнал „Азербайджанское Нефтяное Хозяйство“ № 2 1930 г.), мы здесь изложим в кратких чертах методику испытаний, на теплопроводность выполненных физической лабораторией Аз. НИИ.

Конструкция прибора дает возможность производить измерения в пределах от 5—7°C до 65°—70°C. Эти пределы следует признать вполне удовлетворительными для климатических условий Баку и большей части АССР.

Из трех существующих методов определения теплопроводности был применен метод определения при установившемся тепловом состоянии испытуемого материала, как метод, дающий наиболее точные результаты в условиях физической структуры громадного большинства строительных и изоляционных материалов.

Метод определения коэффициента теплопроводности при неустановившемся тепловом состоянии справедлив лишь для однородного тела, тогда как для слоистых или пустотелых материалов (а к таковым следует отнести строительные материалы), он может дать неточные результаты.

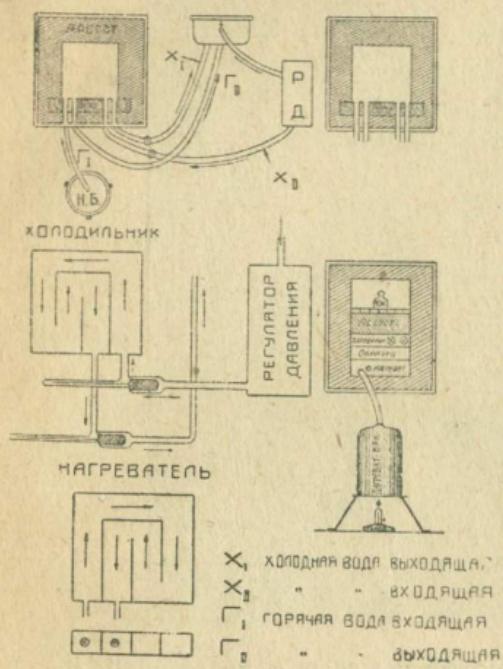
Принцип испытания: при нагревании образца (в виде пластинки) с одной стороны и охлаждение его с другой, измеряется переносящийся через него в единицу времени тепловой поток; после этого по известной формуле и определяется коэффициент теплопроводности.

Весь прибор состоит из деревянного фанерного ящика размерами 50×50×50 см. с откидными — передней стенкой и крышкой. Дно ящика и стенки защищены 12 см. слоем асбеста.

Как видно из чертежа № 5 на дно ящика устанавливается нагреватель, представляющий собой коробку из красной меди

( $25 \times 25 \times 4,5$  см.), внутри которой сделены перегородки, имеющие своим назначением способствовать равномерному обтеканию паром всей поверхности коробки и поддержанию тем самым в ней одной и той же температуры.

#### ПРИБОР ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ



Черт. № 5.

В этот холодильник по одной каучуковой трубке поступает проточная вода из водопровода и, обойдя всю поверхность холодильника, по второй каучуковой трубке уходит, уже с иной повышенной температурой.

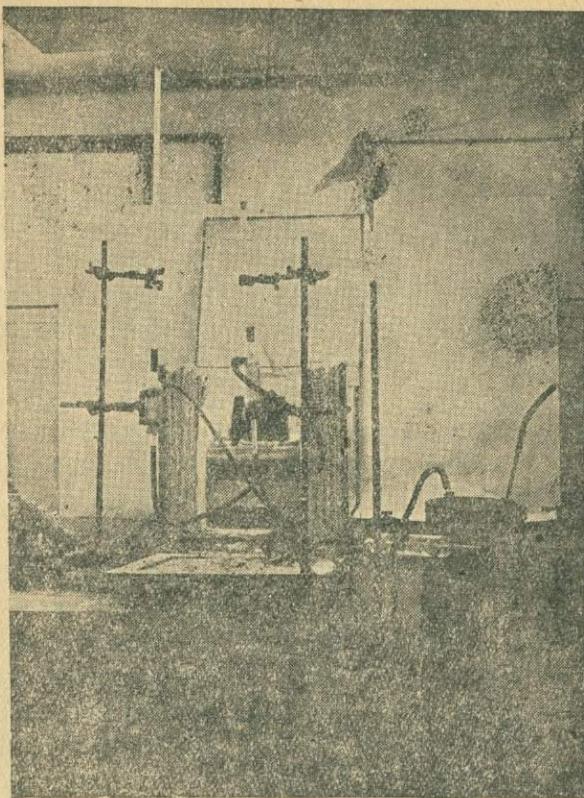
Поверх холодильника укладывается еще асбест, толщиной 12 см., а над ним гири (10 кг.)

Нагревание производится парами кипящей воды.

Пары через каучуковую трубочку попадают в нагреватель и через вторую каучуковую трубку из нагревателя уходят.

Поверх нагревателя укладываются образец испытуемого материала, размером, как мы это практиковали,  $25 \times 25 \times 25$  см. (или  $25 \times 25 \times 8$  см., в зависимости от породы испытуемого камня, и, следовательно, трудности его обработки); образец этот имеет тесное соприкосновение с поверхностью нагревания. Поверх образца установлен холодильник, имеющий устройство, идентичное с нагревателем.

Вся установка видна из фотографии.



Для регулирования протекания воды с постоянной скоростью, вода перед поступлением из водопровода в холодильник проходит специальный регулятор давления, а для выявления температуры воды, входящей в холодильник и из него выходящей, установлены по пути ее движения термометры, дающие возможность производить отсчеты одновременно.

Коэффициент теплопроводности определяется по формуле:

$$\lambda = \frac{Q \cdot x}{F (t_n - t_x)} \quad \dots \dots \dots \quad (3)$$

где  $Q$ —количество тепла, проносящегося через данный образец в единицу времени (час);

$x$ —толщина образца,

$F$ —площадь образца,

$t_n$ —температура нагревателя, принимаемая в 100° (хотя температура пара, вследствие повышенного давления в закрытом сосуде, и будет несколько выше 100°, но учитывая потери тепла мы принимаем ее равной 100°).

$t_x$ —температура холодильника, принимаемая, как величина средняя между температурой воды, входящей в холодильник (из водопровода) из него уходящей. При чем обе эти температуры отмечаются только при установившемся тепловом состоянии. Под последним понимается такое состояние, при котором разность температур входящей и выходящей воды не превышает 1°—1½° С. Такая разность температур, характеризующая установившееся тепловое состояние, была установлена эмпирически, после нескольких произведенных опытов с установкой в поверхностях нагревателя и холодильника термопар, на предмет выяснения равномерности распределения по всей поверхности образца тела. Спай термопар находились в углах и в середине поверхности, что давало возможность следить за равномерным распределением температуры по всей поверхности.

Количество тепла  $Q$ , проносящегося в час через данный образец, определялось по формуле:

$$Q = (t - t') gc \dots \dots \dots (4), \text{ где}$$

$t$ —температура подогретой воды, уходящей из холодильника.

$t'$ —температура воды, входящей в холодильник.

$g$ —количество воды в кг., протекающей через холодильник в течение часа, равное

$$g = \frac{V \times 60}{1000} \dots \dots \dots (5)$$

Где  $V$  давление в гр/мин.

Скорость притекания воды измерялась в граммах при помощи мензурки и секундомера.

$C$ —теплоемкость воды, равная единице.

Воздушные прослойки между поверхностями нагревания, холодильника и образца были сведены к минимуму тщательным устранением неровностей образца путем заливки их гипсом и выравнивания всей поверхности образца под плоскость.

Тем самым и переходные тепловые сопротивления были уменьшены. Функции охранного кольца выполнял асбест, теплопроводность коего ( $\lambda = 0,093$ ) значительно менее теплопроводности большинства строительных материалов (коэффициенты  $\lambda$  таких колебляются в пределах от 0,2 до 1,3).

Ограничиваюсь этим кратким описанием постановки испытания на теплопроводность, перейдем к результатам полученным при испытании бакинских известняков.

Сравнивая приведенные в таблице коэффициенты для одной и той же породы камня при разных средних температурах мы видим, что с повышением последней повышается и коэффициент  $\lambda$ .

Если в системе координат изобразить графически зависимость коэффициента  $\lambda$  от об'емного веса, то получим кривую наглядно иллюстрирующую возрастание  $\lambda$  с возрастанием об'емного веса материала (черт. № 6).



Черт. № 6.  
ТАБЛИЦА № 6

Порода камня	Объемный вес, кг/м³	Средние температуры в градусах С	Коэффициент теплопроводности	Средний принятый коэффициент
1. Пиленый белый . . . . .	1350	61,2	0,450	0,440
" " "	1380	31,0	0,427	
" " "	1390	59,9	0,450	
2. Пиленый серый . . . . .	1330	65,5	0,453	0,440
" " "	1330	22,3	0,425	
3. Алатау 1 верх. . . . .	1520	58,3	0,550	0,535
" " "	1520	15,4	0,450	

ТАБЛИЦА № 6

Порода камня	Объемный вес кг/м <sup>3</sup>	Средняя температура в град. С	Коэффициент теплопроводности	Средний принятый коэффициент
4. Алатава 1 средн. . . . .	1500	58,7	0,486	0,453
" " . . . . .	1460	61,4	0,420	
5. " " . . . . .	1660	60,5	0,540	0,555
" " . . . . .	1660	62,3	0,570	
6. Алатава 3 нижн. кр. . . . .	1700	58,4	0,600	0,582
" " . . . . .	1700	58,1	0,587	
" " . . . . .	1700	11,2	0,560	
7. Бинагадинский . . . . .	1730	62,2	0,580	0,572
" . . . . .	1730	14,5	0,565	
8. Улугъярский . . . . .	1840	63,0	0,630	0,613
" . . . . .	1840	36,3	1,610	
" . . . . .	1840	11,1	0,600	
9. Кишлинский верх. слой . . .	1800	63,1	0,710	0,680
" " " . . . .	1790	65,7	0,650	
10. Кишлинский средн. слой . .	1830	60,5	0,670	0,670
11. " . . . . .	1980	63,1	0,820	0,820
" " " . . . .	2080	62,15	0,840	
" " " . . . .	2080	9,8	0,800	
12. Беюк-Шор . . . . .	1880	59,3	0,740	0,740

Так как полученные чрезвычайно низкие (сверх ожидаемого) коэффициенты возбудили сомнения, решено было отправить в Москву, на контрольное испытание (в Физико-Техническую лабораторию Тепло-Технического Института) 4 образца из числа тех, которые были испытаны в Баку, в Физической лаборатории Аз. НИИ.

Результаты этих контрольных испытаний нижеследующие:

ТАБЛИЦА № 7

Порода камня	Объемный вес кг/м <sup>3</sup>	Средняя температ. в град. Ц	Коэффициент теплопроводн. (по Моск. данным)	То же коэффициент (по Бакин. данным)
1. Пиленый серый . . . . .	1625	68,5	0,270	0,440
2. " белый . . . . .	1360	68,1	0,450	0,450
3. Алатава 1 сер. пласт . . . .	1515	68,7	0,390	0,453
4. Кишлы верх. пласт . . . . .	1840	64,3	0,770	0,710

Коэффициенты по Московским данным оказались даже несколько ниже. Это дает нам право отбросить всякие сомнения о правильности приведенных выше цифр и позволяет перейти к решению конкретной задачи о толщине стен в зависимости от породы камня, из коего она сложена.

Решение подобной задачи осуществимо при условии знания коэффициента общей теплопередачи стены ( $K$ ), но последний обычно сам является величиной искомой, а не заданной; поэтому в нашем случае учтем опытные данные многочисленных расчетов по отоплению жилых зданий, построенных Бакгорстроем, согласно коих коэффициент этот оказывается равным 1,20.

Заметим так же, что такой коэффициент мы принимаем из осторожности, ибо по другим данным для Баку мог быть принят коэффициент  $K$  в 1,564 (Михайлов, „Теплый Бетон“).

Взяв коэффициент  $K=1,20$  за исходный, мы дальнейшее решение ведем так:

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{a} + \frac{1}{a_0} + \frac{C_x}{\lambda} \dots \dots \dots \quad (6), \text{ где}$$

$a$  — коэффициент тепловосприятия, определяемый по формуле:

$$a = C + 3 + 0,08(t - r) \dots \dots \dots \quad (7)$$

В этой формуле:

$C$  — коэффициент обмена лучистой теплотой в  $\frac{\text{больш. кал.}}{\text{мт}^2 \cdot \text{час}}$  равный 4,2.

$(t - r)$  — перепад температур у внутренней поверхности наружной стены, или разность температур комнатного воздуха и поверхности стены в градусах  $C$ .

Перепад этот принимает равным  $6^0$  С.

По подстановке получаем:

$$a = 4,2 + 3 + 0,08 \times 6 = 7,68.$$

$a_0$  — коэффициент теплопередачи, выражаемый по Вирцу формулой:

$$a_0 = C_c + 13 \times V \dots \dots \dots \quad (8)$$

В этой формуле:

$C$  имеет предыдущее значение.

$c$  — температурный коэффиц., могущий быть принятым 0,85.

$V$  — скорость ветра, принимаемая нами для условий Баку равной 2 м/сек.

По подстановке:

$$a_0 = 4,2 \times 0,85 + 13 \times 2 = 21,90.$$

$e$ —искомая толщина стены.

$\lambda$ —коэффициент теплопроводности материала стены.

Слоем внутренней и наружной штукатурки мы пренебрегаем, полагая, что при значительной пористости нашего известняка назначение штукатурки заключается в защите стены от „продувания“. Это допущение идет в запас тепловой эффективности стены.

По подстановке в (6) получим:

$$\frac{1}{1,20} = \frac{1}{7,68} + \frac{1}{21,90} + \frac{e}{\lambda};$$

$$\frac{e}{\lambda} = 0,655 \dots \dots \dots (9)$$

Пользуясь этой последней формулой, можно, задаваясь различными значениями  $\lambda$ , определить соответственную необходимую толщину стены  $e_1$  в зависимости от породы камня, из коего стена сложена, при соблюдении коэффициента общей теплопередачи стены:  $K=1,20$ .

Данные эти указаны в нижеприводимой таблице № 8.

Порода камня	Коэффициент теплопроводности кал $m^2$ час.	Необходимая толщина стен см.	Округлен. толщина стены см.
1. Пиленый . . . . .	0,440	28,8	30,0
2. Алатава I . . . . .	0,555	36,4	40,0
3. Алатава III . . . . .	0,582	38,1	40,0
4. Бинагадинский . . . . .	0,572	37,5	40,0
5. Улугъярский . . . . .	0,613	40,0	40,0
6. Кишилинский . . . . .	0,820	53,7	55,0
7. Беюк-Шорский . . . . .	0,740	49,5	50,0

Из этой таблицы видим, что из расчета на теплопроводность максимальную толщину (55 см.) должна иметь стена из Кишилинского камня, а минимальную (30 см.)—стена из пиленого камня.

Определенные таблицей № 8 необходимые толщины стен, очевидно диктуют и новые размеры камня, а, значит, и новую правильную систему кладки (по образцу кирпичной) в отличие от применяемой в Баку ныне (и до сих пор), являющейся поистине „варварской“. Меньший расход вяжущего вещества, рабсилы,

отсутствие необходимости бута (для забутки) и, наконец, общее ускорение процесса кладки—вот те положительные экономические факторы, которые несет с собой система правильной кладки. Осуществление ее должно являться задачей сегодняшнего дня строительных и, контрольно-строительных организаций.

Разрешение этой задачи неразрывно связано с разрешением основной проблемы механизации каменных карьеров:

Разумеется, что проведению в жизнь такого ответственного мероприятия, как уменьшение толщины стен, должны предшествовать не только теоретические выкладки (хотя и вполне обоснованные), но и известные практические научно поставленные, наблюдения, которые могли бы осветить и учсть сумму всех условий и факторов, влияющих на изучаемый вопрос. Такое интегрированное испытание уже не может быть приводимо в лабораторной обстановке и нуждается в специальном устройстве отдельных домиков, надлежащим образом оборудованных довольно сложной аппаратурой. Это так называемые „опытные домики“. Два таких домика уже выстроены, и наблюдения над ними начаты.

О них придется поговорить особо по окончании всех наблюдений, которые, собственно, и решат окончательно затронутый вопрос.

#### IV. Испытание на морозоупорность.

В программу наших исследований входило также и определение морозоупорности известняка.

Результаты 25 кратного замораживания приводятся ниже в таблице № 9 (см. стр. 101).

Таким образом, все образцы (за исключением одного) испытание это выдержали. Отмеченные звездочкой цифры, показывающие увеличение временного сопротивления у замороженных кубиков, являются аномалией и нуждаются в проверке; но сами по себе эти цифры нас интересовать не могут, поскольку речь идет лишь о морозоупорности.

ТАБЛИЦА № 9

Порода камня	Сухие образцы			Замороженные образцы		
	Площадь см <sup>2</sup>	Разруш. груз. кг.	Времен. сопрот. кг./см <sup>2</sup>	Площадь см <sup>2</sup>	Разруш. груз. кг.	Времен. сопрот. кг./см <sup>2</sup>
1. Пиленый серый . . . . .	112	1600	14,0	111	1040	9,0
2. " " . . . . .	107	1200	11,0	95	800	8,0
3. " белый . . . . .	102	1400	14,0	101	600	6,0
4. " " . . . . .	103	1800	17,0	100	1000	10,0
5. " " . . . . .						
	Разрушился на 22 день; две половинки кубика сложен. вместе, дали $R=4$ кг/см <sup>2</sup>					
6. Алатава I . . . . .	970	3800	39,0	96,0	1200	13,0
7. " III . . . . .	107	5400	50,0	94,0	3000	32,0
8. " " . . . . .	104	4400	42,0	102	2200	22,0
9. " " . . . . .	88	3000	34,0	94	2360	25,0
10. " " . . . . .	106	5200	49,0	102	4760	47,0
11. Бинагадинский . . . . .	106	4200	40,0	107	4000	37,0
12. Улугъярский . . . . .	106	4200	40,0	106	4400	41,0*)
13. Кишининский . . . . .	110	5600	51,0	108	5000	46,0
14. " . . . . .	102	11400	112,0	99	11600	116,0*)
15. Беюк-Шорский . . . . .	105	12400	118,0	104	13200	127,0*)
16. " . . . . .	93	9800	105,0	88	8600	98,0

Считаем небезынтересным привести в заключение имеющиеся в нашем распоряжении несколько цифр о временном сопротивлении породы Алатава III на скальвание:

ТАБЛИЦА № 10.

№№	Площадь скалыв. см <sup>2</sup>	Разруш. груз. кг.	Временное сопротивл. кг./см <sup>2</sup>	Примечание
1	456	6750	13,1	
2	504	5000	9,9	
3	504	7330	14,5	
4	562	8500	15,1	
5	616	7720	12,5	

Настоящую статью следует считать введением в цикл статей, имеющих целью всесторонне осветить все известняки Ашерона.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

предварительного обследования месторождения строительного песчаника вблизи сел. Дзегви Тифлисского района.

Вблизи платформы Шиомгвинской Батумской линии Закавказских железных дорог, в 28 км. от ст. Тифлис, в районе сел. Дзегви в ручье *Цихедиди* в  $\frac{3}{4}$  км. от станции—обнаруживается свита, состоящая из перемежающихся слоев различной мощности песчаников и глин.

Свита эта обнажается в ущельи ручья *Накуртхис-Геле* и далее по правому берегу ручья *Дарбази*. Выходы легко прослеживаются на протяжении 6—7 км. При этом обнажение свиты все более и более удаляется от линии железной дороги и у ручья *Дарбази* отстоит от последней почти на пять км.

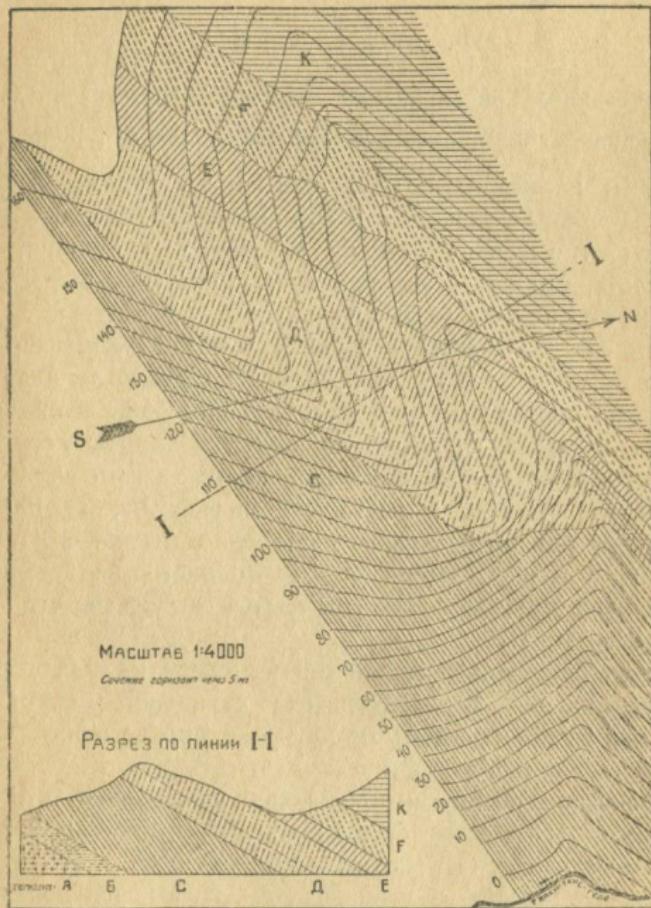
В начале изучаемые песчаники падают на SO  $150^{\circ}$  при угле падения равном  $30^{\circ}$ , далее постепенно меняют его и уже в местности Клдис-Дзири, расположенном над селением Дзегви между ручьями *Накуртхис-Геле* и *Дарбази* угол падения их равен  $10-12^{\circ}$ .

Для удобства описания эта свита разбита на ряд горизонтов, указанных ниже в порядке их залегания (снизу вверх). Описание это дается применительно к обнажению правого берега ручья *Накуртхис-Геле* и местности Джагиан-Вели.

Наблюдения по другим обнажениям показывают, что в деталях горизонты не остаются постоянными, а претерпевают незначительные изменения, в общем сохраняя свой характер. Изменения эти вызываются то вклиниванием, то выклиниванием глинистых пропластков и потому некоторые сравнительно мощные пласты песчаника иногда распадаются на 2—3 пласта, разделенные глиной или наоборот—пласти глины перемежаются пластами песчаника.

Горизонт А—состоит из перемежающихся пластов серых твердых и синевато-серых песчаников средней твердости пропластков сланцеватых глин. Мощность слоев песчаника не превышает 0,30—0,40 мт.

Общая мощность горизонта не выяснялась. Описанная же здесь верхняя часть его имеет в данном обнажении в русле ручья Накуртхис-Геле (местность Джагиани-вели) мощность в 37,5 мт.



Геологическая карта

участка месторождения строительного песчаника на правом берегу  
ручья Накуртхис-геле в районе селения Дзегви, в местности  
Джагиани-вели.

Горизонт В.—Мощность его 9,0 мт. Состоит из сравнительно толстых слоев (0,3—1,8 мт.) темно-серых песчаников, разделенных между собой глинистыми пропластками мощностью от 0,1 до 0,4 мт.

Песчаники, слагающие этот горизонт, принадлежат к категории мелкозернистых и твердых. Залегают сравнительно глубоко под другими горизонтами; разработка затруднительна.

Горизонт С.—Составлен толщей глин, включающих тонкие (0,10—0,25) пласты мелкозернистого серого твердого песчаника. Мощность горизонта 43,0 мт.

Горизонт Д—имеет мощность в 2<sup>4,3</sup> мт.

Горизонт этот состоит из пластов твердого песчаника, разделенных большей частью тонкими (0,5—0,15 мт.) пропластками глин, лишь изредка достигающими 0,30 до 1,0 мт.

Песчаники эти состоят из сцепленных между собою известково-глинистым цементом угловатых зерен сравнительно свежего ортоклаза и несколько разложившегося плахиоклаза. Кварца сравнительно мало. Встречается биотит, магнетит и лимонит, как продукт разложения магнетита. Цвет песчаника в свежих образцах синевато-серый, в выветренных—серовато-желтый. Песчаник плотный мелкозернистый, сцепление частиц прочное, выветривается слабо и на небольшую глубину. Поверхность излома плоско-шероховатая. Не трещиноват. Мощные слои имеют свойство разделяться на плиты от 0,4 до 0,8 мт. толщиною. С помощью клиньев легко раскалывается по плоскостям наслойения, поперек раскалывается несколько труднее, но дает ровные плоскости раскола. Легко добывается. Хорошо и сравнительно легко отесывается, но в значительной мере снашивается инструменты. Исследование механических свойств этого горизонта дали следующие результаты:

Об'емный вес в сухом состоянии 2,36, в состоянии насыщения водою—2,44.

Степень восприятия влаги по весу 3,48, по об'ему—8,19.

Временное сопротивление на сжатие перпендикулярно слоистости в сухом . . . . . 853 кг/см<sup>2</sup>.

Перпендикулярно слоистости в насыщенном водою состоянии . . . . . 636 кг/см<sup>2</sup>.

После 25-ти кратного замораживания . . . . . 267 кг/см<sup>2</sup>.

Параллельно слоистости в сухом . . . . . 1021 кг/см<sup>2</sup>.

Параллельно слоистости в насыщенном водою состоянии . . . . . 560 кг/см<sup>2</sup>.

После 25-ти кратного замораживания . . . . . 284 кг/см<sup>2</sup>.

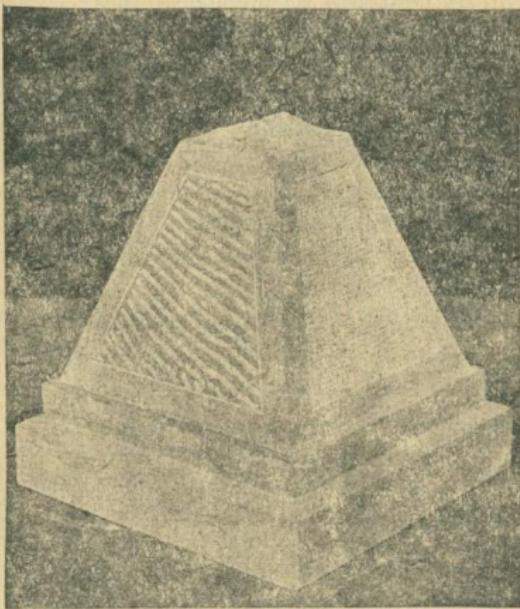
Временное сопротивление на изгиб в сухом . . . 110 кг/см<sup>2</sup>.

Временное в насыщенном водою состоянии . . . 88 кг/см<sup>2</sup>.  
На истирание по отношению к Курсебскому  
тешениту (по весу) . . . . . 2,02 кг/см<sup>2</sup>.

Полученные хорошие результаты испытания в сухом состоянии, в состоянии полного насыщения водой, а также после 25-ти кратного замораживания в совокупности со всеми вышеуказанными свойствами позволяют считать песчаники этого горизонта хорошим строительным материалом, годным для ответственных частей сооружений. Однако, в связи со значительным понижением результатов испытаний на сжатие во влажном состоянии, по сравнению с таковыми в сухом, требуется осторожность в применении этого камня в условиях постоянного пребывания в воде.

Благоприятным показателем для возможности применения этого камня и в этих случаях являются хорошие результаты испытаний на сжатие после замораживания.

Результаты испытаний на изгиб и истирание, в связи со свойством раскалываться на плиты больших размеров и любой толщины и хорошей отесываемостью—открывают возможности для использования, если не всех, то некоторых разновидностей на тротуарные и в некоторых случаях, лестничные плиты.



Дзегвинский песчаник.

Однако, для окончательного суждения о возможности подобного применения необходимо подробнее проработать вопрос о стойкости против химического выветривания.

Обратимся к практике применения этого камня в строительстве.

Горизонт этот разрабатывался при постройке Батумской линии Закхелдорог в двух небольших карьерах в ущелье ручья Дихедиди и применялся при постройке железнодорожных мостов на этом участке линии; осмотр мостов показал хорошую сохранность каменной кладки.

Из аналогичного породе данного горизонта камня построен старый мост Военно-Грузинской дороги через Куру близ Мцхета.

Долголетняя работа этого материала в столь ответственных сооружениях вполне подтверждает заключение, сделанное на основании данных испытаний.

Горизонт Е—мощностью до 10 мт. сложен из сланцеватых глин.

Горизонт F—состоит из мощных слоев песчаника, разделенных тонкими глинистыми пропластками (0,05—0,10 мт.). Мощность его определена в 15 мт. и проверена в отвесном обнажении в местности Клдис-Дзири.

Главной составной частью в этом песчанике являются оловевые шпаты: ортоклаз, сравнительно свежий, иногда с зонарной структурой, попадается микроклин, плагиоклазы в большинстве случаев, затронутые выветриванием. Форма зерен угловатая. Кварца в общем мало. Встречается биотит, магнетит, гематит и лимонит. Цемент известково-глинистый. Цвет его в свежих образцах синевато-серый, в выветренных—серо-желтый. Изменение цвета распространяется на сравнительно значительную глубину.

Строение мелкозернистое. Камень мягкий, легко оттесывается и добывается.

Легко раскалывается клиньями и дает ровные плоскости раскола, сцепление частиц менее прочное, чем песчаников предыдущего горизонта. Средние результаты испытаний следующие:

Объемный вес в сухом состоянии	2,21,	в состоянии насыщенном водой	2,34.
Временное сопротивление на сжатие в сухом	.	490 кг/см <sup>2</sup> .	

Временное сопротивление на сжатие в насыщном водою состоянии . . . . .	255 кг/см <sup>2</sup>
После 15—25-ти кратного замораживания . . . . .	190 кг/см <sup>2</sup>
На истирание по отношению к Курсебскому тешениту (по весу) . . . . .	2,19 кг/см <sup>2</sup> .

Таким образом строительный песчаник этого горизонта оказался менее прочным, чем песчаник предыдущего. Точно также как, у последнего, временные сопротивления сжатию в состоянии насыщения водой оказалось значительно ниже, чем в сухом состоянии, а временное сопротивление сжатию после 25-ти кратного замораживания дало сравнительно удовлетворительные результаты и только в незначительной мере пониженные по сравнению с данными испытаний в состоянии полного насыщения водой.

Результаты испытаний на истираемость почти не разнятся от результатов, полученных для песчаника, предыдущего горизонта. На основании приведенных данных, песчаник этого горизонта является приемлемым строительным материалом, уступающим по прочности и стойкости выветриванию песчанику предыдущего горизонта, но превосходящего его более легкой обработкой.

Помимо указанного выше применения песчаника и этого горизонта на строительстве Батумской линии Закхелдорг, он употреблен на постройку древней церкви в сел. Дзегви.

Отеска камней этой церкви не пострадала в тех местах, где кладка защищена крышей, но в пределах цоколя в результате выветривания имеются отдельные раковины до 5 см. глубиной.

Горизонт К—сложен из перемежающихся пластов твердого песчаника и глинистых пропластков. Последние преобладают. Их выходы в ущелье Цихедиди местами разрабатывались. Мощность горизонта велика.

Таким образом в этой свите наиболее интересными являются два горизонта Д и F.

В дальнейшем изложении проследим выходы рассмотренных горизонтов свиты по отдельным месторождениям.

Наиболее удобными для эксплоатации являются обнажения в ручье Цихедиди и Накуртхис-Гале.

#### Месторождения у ручья Цихедиди.

Выход горизонта Д по правому берегу ручья Цихедиди, расположенный в  $\frac{3}{4}$  километра от его устья, уже в значитель-

ной мере выработан и не представляет особого интереса. Запас в карьере, допускающий открытую разработку с небольшой вскрышей вряд ли превысит 5.000 куб. метров.

Выход горизонта Д на левом берегу *Цихедиди* также подвергнут разработке, но в меньшей степени, чем предыдущий.

Некоторая часть породы с общим запасом до 1.500 мт<sup>3</sup> освобождена от растительного слоя и вполне удобна для разработки.

Выработка велась здесь несколькими уступами в различных частях горизонта. Из них нижние не представляют интереса и только в двух верхних можно продолжать работу. Общая высота имеющегося здесь уступа 8.0 мт. Нужно ожидать, что при выработке его по горизонтальной плоскости выступят еще новые пласти.

Пласт на левом берегу ручья *Цихедиди* обнажается по всей ширине небольшой моноклинальной долины, имеющей не менее 100—120 мт. в длину, при средней ширине в 35—40 мт. Запас порядка 20.000 куб. мт. Растительный слой к концу выхода постепенно утолщается. Разработка может производиться частично клиновой работой.

#### Месторождения у ручья *Накуртхис-Геле*.

В местности Джагиан-вели в ущелье ручья *Накуртхис-геле*, как упоминалось выше, указанный горизонт переходит из ущелья реки *Цихедиди* в ущелье *Накуртхис-геле*, где он образует правый склон сухого оврага, впадающий в вышеупомянутый ручей с правой стороны в 1 $\frac{1}{2}$  км. от его устья. Овраг этот в верхней своей части представляет собой типичную моноклинальную долину, промываемую водой по более мягкому горизонту и смещающуюся по плоскости напластования интересующего нас песчаника, освобождая его от вышележащих горизонтов и обнажая по всей ширине правого склона.

Ниже овраг круто спускается к ручью *Накуртхис-геле*, прокладывая себе путь по всем нижележащим горизонтам. Таким образом, правый склон этой долины весьма удобен для закладки карьера. Тому же благоприятствует еще и то обстоятельство, что эта долина связана с Шиогвинской платформой двумя арочными дорогами, одной—идущей высоко по склону длиной в 1 $\frac{1}{2}$  км. и другой—спускающейся к ручью и через 2 км. достигающей той же станции.

Обнажающейся здесь горизонт Д, а также и все другие в общих чертах уже описаны ранее.

Песчаник этого месторождения, как указывалось выше при характеристике отдельных слоев сейты, является хорошим строительным материалом. Выход этот почти вовсе не разрабатывается, если не считать 50—75 куб. мт., вынутых местными жителями для своих нужд.

Запас строительного камня обнажения правого берега *Накуртхис-геле* определяется ориентировочно в количестве 90.000 м<sup>3</sup>.

Разработка этого месторождения с наименьшей вскрышой может быть осуществлена в верхних слоях общей мощностью 14,00 м.

Условия разработки благоприятны.

В начале на расстоянии почти в 150 мт. пласти совершенно обнажены, если не считать местами имеющегося растительного слоя, покрытого мелким кустарником. Далее растительный слой несколько утолщается и, кроме того, в малоклиновую долину начинает вступать мягкий горизонт, который постепенно уменьшает площадь допускающую выработку.

Расположение пластов, падающих по склону на наблюдателя, благоприятно для разработки карьера.

Присутствие глинистых пропластков, учтенных при подсчете запасов в значительной мере, если не совсем окупят падающие на них расходы теми удобствами, которые они создают, облегчая добывание камня.

Все тонкие пласти, а также некоторые мощные, разделяющиеся на плиты, можно разрабатывать клиньями, а потому расход взрывчатого материала может быть сокращен до минимума.

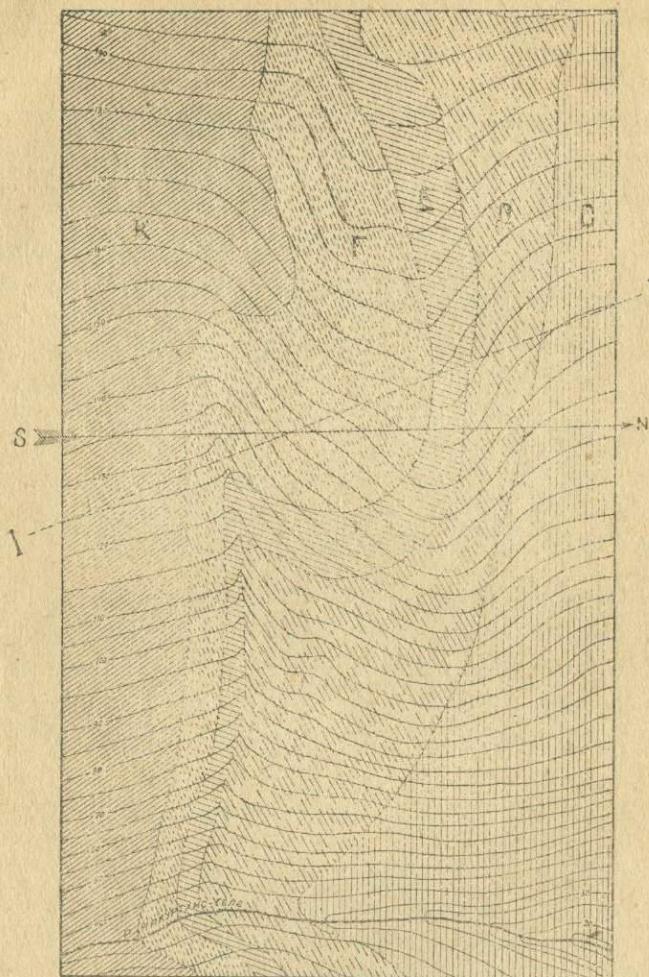
Местные каменщики добывают клиновой работой за один рабочий день, в обстановке аналогичной данной до 3 куб. мт. камня. Таким образом, высокое качество камня, вышеуказанные удобства разработки, довольно большой запас, соседство с еще более богатым выходом левого берега, близость к железной дороге заставляют считать указанный выход одним из лучших в районе Дзегви.

Возможности рассмотренного района этим не ограничиваются. По разрезам можно видеть, что на смену горизонту D в моноклинальную долину сначала выходит горизонт E, а затем F представляющие собой мощный (15 мт.) пласт более мягкого песчаника.

Выходы тех-же пластов нужно ожидать, будут иметь распространение вверх по моноклинальной долине, что обосновывается общим геологическим строением района ручья *Накуртхис-геле* на основании данных обследованного участка.

В случае подтверждения этих соображений дальнейшими изысканиями, запасы карьера в значительной мере возрастут.

Тот же горизонт Д выходит и по левому склону ущелья ручья Накуртхис-геле, в  $1\frac{1}{2}$  км. от жел. дор. платформы Шиогвинской, в местности Туан-Крия.



МАСШТАБ 1:4000

РАЗРЕЗ по линии I-I



Геологическая карта  
участка месторождения строительного песчаника на левом берегу  
ручья Накуртхис-геле в районе сел. Дзегви, в местности Туан-Крия.

Площадь, занимаемая обнажением равна, приблизительно 18—20.000 кв. мт. Этот выход имеет все те же удобства, как в смысле расположения пластов, так и условий разработки, как и предыдущий карьер, отличаясь от него только большими размерами и почти полным отсутствием растительного слоя на поверхности пластов.

В нижней части осмотренной долины выступает совершенно обнаженный горизонт Д, рассеченный двумя небольшими оврагами, затем через 150 метр. долина вступает в мягкий горизонт Е и затем горизонт F.

Как тот, так и другой горизонт могут быть подвергнуты разработке с самыми незначительными затратами на подготовку карьера и будут давать два сорта строительного камня.

Описание их строительных свойств было дано в начале статьи. Карьер этот связан с железной дорогой двумя удобными дорогами дл. по  $1\frac{1}{2}$  км., одной по дну ущелья и другой немного выше середины выхода.

Запас в этом карьере по левому склону ущелья обоих сортов камня определяется приблизительно цифрой в 200.000 куб. метров.

Указанное обнажение по исключительным удобствам разработки и запасу не имеет себе равных во всем осмотренном районе. Если же вспомнить находящийся рядом карьер правого берега, с запасом в 90.000 куб. мт., то можно смело утверждать, что ущелье *Накуртхис-геле* заслуживает особого внимания.

#### Месторождение в местности Клдис-Дзири.

Высоко на склоне правого берега реки *Дарбази*, в местности Клдис-Дзири, обнажается горизонт F, образуя карниз, тянущийся на значительном расстоянии.

Однако этот карниз не дает удобных мест для разработки за исключением одного относительно более удобного, расположенного в 1 км. от сел. Дзегви.

Выход этот разрабатывался ранее в ряде ломок.

Несмотря на то, что падение пласта очень незначительно (угол  $13-15^{\circ}$ ), больших запасов ожидать не приходится, так как пласт уходит в круто поднимающийся холм.

Выход этот только осмотрен, специально не изучался и поэтому от фиксирования цифры запаса приходится воздержаться.

Свойства песчаника этого месторождения приведены выше (см. горизонт F).

Карьер связан с сел. Дзегви, а оттуда с линией железной дороги очень крутой и плохой арбной дорогой длиною около 2-х км.

#### Месторождения у реки Дарбази.

Кроме указанных выходов следует коснуться обнажения всей свиты на холмах левого берега реки *Дарбази* в 4—5 км. от линии жел. дор. Здесь наблюдается, как горизонт D, так и F, причем последний разрабатывается местными жителями. По условиям своего залегания и рельефу местности можно предположить, что он имеет удовлетворительные запасы.

Однако, удаленность этого пункта является серьезным препятствием к развитию в нем добычи камня.

Из всего вышесказанного следует, что наибольшее значение в районе сел. Дзегви могут иметь выходы песчаников в ущелье реки *Накуртхис-геле*, что же касается карьеров реки *Цихедиди*, то они могут разрабатываться попутно с первыми.

---

## Карьеры строительного камня района станции Мцхет.

В 1929 году Закавказский Институт Сооружений в целях обеспечения строительства каменным строительным материалом, организовал при группе Строительных Камней Геолого-поисковую партию, в задачу которой входило—выявить месторождения строительного камня и наметить пункты удобные для разработки с приблизительным подсчетом промышленных запасов последних.

Работа партии носила рекогносцировочный характер и предполагала цель дать предварительные данные о месторождениях и возможностях их эксплоатации

Данные геологических обследований дополнялись физико-механическими испытаниями камня—для суждения о строительных качествах его. Кроме этого производился химический и петрографический анализ.

В первую очередь были намечены и обследованы районы, тяготеющие к городу Тифлису—одному из строительных центров Закавказья.

Наряду с другими был обследован район станции Мцхет.

В этой статье даются краткие сведения и характеристика карьеров строительного камня этого района.

При обследовании района старались держаться полосы близ лежащей к железнодорожной линии, либо к удобным дорогам.

Обследованные карьеры указаны в карте\*) (см. стр. 116).

### Карьер Армази (I)\*\*.

Карьер расположен в ущелье реки Армазис-Геле в 90 метрах от железнодорожного мостика вверх по течению и в одном километре от станции Мцхет.

Разрабатывавшаяся порода—плотный туфогенный песчаник, грязно-синего цвета с об'емным весом в сухом состоянии 2,17,

\*) Выкопировки из верстовки.

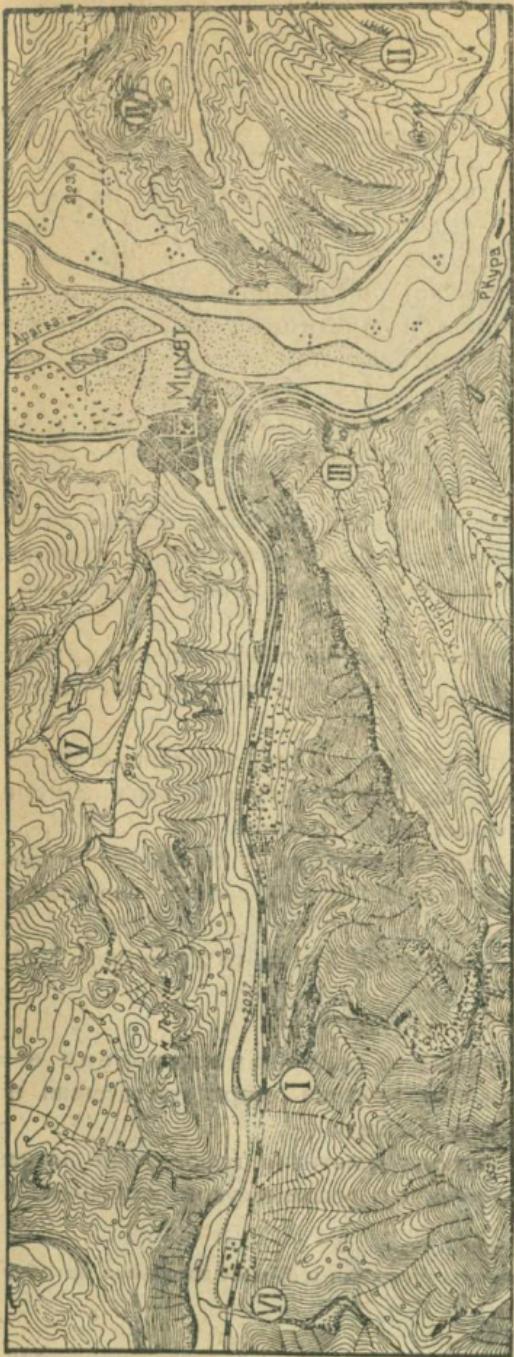
\*\*) Ниже нумерация карьеров римскими цифрами сохранена на общей карте района.

в насыщенном водой 2,29. Главной составной частью ее являются неправильные зерна полевого шпата с зонарной структурой, выраженной в характерном погасании кристалла.

Они разбросаны среди стекловатой массы с выделениями микролитов. Много зерен магнетита.

Как упоминалось, порода в свежем виде грязно-синего цвета, плотна, сцепление частиц прочное. Свеже добытый, камень легко отесывается и раскалывается на куски любой величины. Выветривается легко и на большую глубину, при этом происходит изменение цвета в ржаво-бурый и образование легко осыпающейся от слабых ударов молотка корки.

Порода залегает в виде нескольких крутопадающих пластов, имеющих простилание на NO  $95^{\circ}$ , SO  $175^{\circ}$  и крутой угол падения равный примерно  $70^{\circ}$ .



116 Карта месторождения строит. камня, района ст. Мцхет.

Пласти прорезаны речкой Армазис-геле почти в крест простирания и образуют по обоим берегам крутые обрывы.

Обрыв левого берега не может быть подвергнут длительной разработке, вследствие близости его к полотну железной дороги.

Однако по осторожному подсчету, здесь можно добыть до 15000 кубических метров камня.

Правый склон находится в более благоприятных условиях. Между двумя высокими выступающими скалами находится ложбина круто поднимающаяся на высоту 100 метров. По этой-то ложбине и проходят интересующие нас пласти, постепенно переходя на правый склон ущелья реки, направляясь далее почти параллельно линии железной дороги.

Таким образом по правому берегу Армазис-геле возможна разработка до места выхода пластов в ущелье р. Куры, что при общей мощности трех наиболее важных свит пластов в 50 метров дает по приблизительному подсчету 100000 кубометров камня.

Теперь, чтобы судить о строительных качествах камня из описываемого карьера, определяющих степень и характер применения его в строительстве, необходимо обратиться к результатам физико-механических испытаний, которые и приводим в кратком виде:

1.—Об'емный вес: 2,27 в сухом и 2,29 в насыщенном водой состоянии.

2.—Восприятие влаги в %;

- а) по весу: . . . . . 5,10,
- б) по об'ему: . . . . . 11,11.

3.—Временное сопротивление на сжатие в состоянии:

- а) высушенном . . . . . 709 кг/см<sup>2</sup>,
- б) насыщенном водой . . . . . 392 кг/см<sup>2</sup>.

4.—Временное сопротивление на изгиб в состоянии:

- а) высушенном . . . . . 134 кг/см<sup>2</sup>,
- б) насыщенном водою . . . . . 99 кг/см<sup>2</sup>.

5.—Морозостойкость:

Образцы выдержали без повреждений 14-ти кратное замораживание, после чего начали крошиться ребра и грани.

Временное сопротивление на сжатие после 25-ти кратного замораживания—151 кг/см<sup>2</sup>.

Приведенные величины временного сопротивления являются средними.

На основании результатов испытаний, считаем возможным дать следующие выводы:

1.—Насыщение водой понижает почти вдвое временное сопротивление камня, как на сжатие, так и на изгиб.

2.—Камень слабо противостоит действию атмосферных агентов.

Кстати тут же упомянуть об имеющихся сооружениях из этого камня, как-то подпорных стенах, сложенные более 30-ти лет тому назад и достаточно сохранившихся.

Замечено лишь, что гладко тесанные камни сохраняются лучше нетесанных или обработанных в шубу, на которых образовалась легко отпадающая корка.

Как видно из приведенных выше цифр, характеризующих строительные свойства этого месторождения, камень может быть использован в частях сооружений, не подверженных действию атмосферных агентов, в частности увлажнению.

Камень применим во всех случаях для сооружений IV класса.

Вывоз камня из карьера не представляет затруднений, т. к. близко к карьеру подходит широкая удобная дорога, идущая параллельно полотну железной дороги. По ней камень может подвозиться к станции Мцхет. Дальность возки 1 км.

Возможно камень транспортировать в Тифлис так же автотранспортом по Военно-Грузинской дороге. Дальность возки в этом случае 21 км.

### Карьер Мцхетский (II).

Этот карьер останавливает на себе внимание тем, что находится в непосредственной близости от станции Мцхет.

Он расположен на левом берегу р. Куры против здания станции.

Порода, разрабатываемая в этом карьере является туфогенным песчаником, по внешнему виду весьма схожим с описанной породой из карьера Армази.

Составными частями породы являются зерна полевых шпатов; роговая обманка в крупных кристаллах, таковы же кристаллы авгита, вокруг которого много биотита с сидящими в нем зернами магнетита.

Порода плотна, в свежем виде грязно-синего цвета, в выветренном—ржаво-бурового.

Значительная трещиноватость породы облегчает ее выветривание. Свеже-добытый мягок и хорошо поддается обработке.

Камень добывался для нужд местного строительства. В 1929 году карьер разрабатывался артелью каменщиков для Азнефтестроя при прокладке нефтепровода.

Физико-механические свойства камня следующие:

1.—Об'емный вес: в сухом состоянии 2,05, в состоянии предельного насыщения водой 2,22.

2.—Восприятие влаги в %:

- а) по весу: . . . . . 8,04%,
- в) по об'ему: . . . . . 16,48%.

3.—Временное сопротивление на сжатие в состоянии:

- а) сухом: . . . . . 618 кг/см<sup>2</sup>,
- в) насыщенном водою: . . . . . 257 кг/см<sup>2</sup>.

4.—Временное сопротивление на изгиб в состоянии:

- а) сухом: . . . . . 109 кг/см<sup>2</sup>,
- в) насыщенном водою: . . . . . 74 кг/см<sup>2</sup>.

5.—Морозостойкость:

Камень слабо сопротивляется морозу, образцы разрушаются уже после б-го замораживания.

Разработка ведется в трех ломках. Одна, разрабатывающая пласт туффита мощностью  $4\frac{1}{2}$  метра, имеет запас не более 3000 куб. метров.

Две другие находящиеся рядом, разрабатывают сброшенную часть другого ниже-лежащего пласта. Сброс имеет амплитуду 5—6 метров. Разрыв выше-лежащих пластов не произошел. Произошло постепенное флексурное смещение пластов, мало отразившееся выше. Трещина сбрасывателя простирается на NO 30°. Этим сбросом осложнена наблюдающаяся здесь антиклинальная складка, имеющая видимое направление оси на NO 75°.

Кроме того наблюдаются еще и другие сбросы с малой амплитудой, простирающиеся на NW 290—300°.

Дислокация обусловила значительную трещиноватость разрабатываемого пласта особенно вблизи трещин сброса.

С западной стороны осмотренный карьер ограничен сбрасывателем, с восточной же стороны на сравнительно небольшом расстоянии он уходит вглубь.

Мощность свит пластов 10 метров.

Таким образом вышеизложенные факторы обусловливают незначительный запас карьера в 3—5000 кубических метров.

Ввиду близости карьера к ст. Мцхет, а также к селению Мцхет, были произведены поиски с целью подыскать места с большим запасом, но они не увенчались успехом, так как пласт подымаясь высоко по склону, повсюду является неудобным для разработки.

Ценность месторождения ничтожна, благодаря незначительности запасов и слабым физико-механическим свойствам камня, ограничивающим применимость его даже в частях сооружений, защищенных от увлажнения и вообще действия атмосферных агентов.

### Карьер Мухат—Гвердский (III).

Этот карьер находится в  $\frac{1}{2}$  километре от платформы Загэс-плотина, на 16 версте Военно-Грузинской дороги. Он расположен в местности называемой Мухат-Гверди на левом склоне ущелья небольшого ручья, впадающего в Куру с правого берега.

Карьер этот долгое время разрабатывался для нужд железной дороги; в настоящее время заброшен. Часть наиболее близкая к железной дороге уже вся выработана.

Невыработанная часть находится далее, метрах в 200 от железнодорожного полотна высоко на склоне.

Вырабатывалась здесь свита пластов туфо-брекчии мощностью в 15 метров.

Порода состоит из зерен полевого шпата, плагиоклаза, ортоклаза, зерен магнетита, авгита и стекла.

В породе имеются глинистые включения, размерами от 5 см. до 1 метра в поперечнике. Они имеют угловатые очертания и местами настолько многочисленны, что помешали разрабатывать эти участки, так как указанные вкрапления понижали физико-механические свойства породы.

Порода тверда, сцепление частиц прочное. Выветривается в меньшей мере чем туфиты описанных ранее карьеров.

При испытании камень показал следующие результаты:

1.—Об'емный вес: 2,38 в высшенном, 2,47 в насыщенном водою состоянии,

2.—Восприятие влаги в %:

- |                        |       |
|------------------------|-------|
| а) по весу . . . . .   | 3,49% |
| в) по об'ему . . . . . | 9,33% |

3.—Временное сопротивление на сжатие в состоянии:

- а) высушенном . . . . . 721 кг/см<sup>2</sup>.
- в) насыщенном водой . . . . . 495 кг/см<sup>2</sup>.

4) Временное сопротивление на изгиб в состоянии:

- а) высушенном . . . . . 149 кг/см<sup>2</sup>.
- в) насыщенном водой . . . . . 109 кг/см<sup>2</sup>.

### 5.—Морозостойкость.

Оразцы начали разрушаться после 8-го замораживания—крошились ребра и грани кубиков.

Из этого камня поблизости выстроена железнодорожная будка (служба более 20 лет). Камень мало выветрился.

Из сооружений,озведенных из этого камня следует также указать на подпорную стенку—329 версты, построенную лет 50 тому назад. На ней видны следы выветривания (отпадающая корка), в особенности на нетесанных частях камня. Однако и сейчас подпорная стена представляет достаточно надежное сооружение.

На основании приведенных цифр, характеризующих физико-механические свойства породы, последняя практически может быть использована строительством в сооружениях четвертого класса. В сооружениях же высших классов камень может применяться в местах защищенных от увлажнения и действия других атмосферных агентов.

Свита пластов пригодная к разработке имеет мощность 15 метров, простирается на NO 60°, падение на SO 150° и имеет угол падения 45°.

Карьер может разрабатываться на сравнительно значительном протяжении и имеет запас не менее 50.000 кубометров: Камень может добываться только подрывными работами. Вывозить камень легко т. к. карьер находится в непосредственной близости к полотну железной дороги, а также к Военно-Грузинской дороге по которой до г. Тифлиса—16 км.

### Карьер Мартази (IV).

Карьер Мартази расположен в устье реки того-же названия, иначе называемой местным населением „Сангрис-хеви“ в 100 метрах вверх по течению от железнодорожного полотна и в пол-километре от платформы Керосинопровода.

Карьер долгое время разрабатывался для нужд железной дороги и значительно выработан.

Разрабатывавшиеся пласти туфо-брекчии состоят из цементированных обломков пород с микрокристаллической структурой и имеют простирание NO 95°, падение на S с углом 70°.

Произведенные испытания дали следующие результаты:

1.—Об'емный вес: 2,10 в высушенном, 2,25 в насыщенном водой состоянии.

2.—Восприятие влаги в %:

- |                        |        |
|------------------------|--------|
| а) по весу . . . . .   | 7,47%  |
| в) по об'ему . . . . . | 15,98% |

3.—Временное сопротивление на сжатие в состоянии:

- |                               |                          |
|-------------------------------|--------------------------|
| а) высушенном . . . . .       | 827 кг/см <sup>2</sup> , |
| в) насыщенном водой . . . . . | 443 кг/см <sup>2</sup> . |

4.—Временное сопротивление на изгиб в состоянии:

- |                               |                          |
|-------------------------------|--------------------------|
| а) высушенном . . . . .       | 150 кг/см <sup>2</sup> , |
| в) насыщенном водой . . . . . | 107 кг/см <sup>2</sup> . |

5.—Морозостойкость:

Камень без повреждений выдержал 7 кратное замораживание, после чего у кубиков начали откашиваться грани и ребра.

От определения запасов пришлось воздержаться, так как в виду наблюдающихся в нескольких местах нарушениях развита трещиноватость породы, затрудняющая определение кубатуры, годного для практического использования камня.

Одновременно следует отметить, что в связи с неправильной разработкой дальнейшая добыча потребует дополнительных затрат по очистке карьера, что увеличит себестоимость камня.

По близости имеется платформа Керосинопровода, где этот камень может быть нагружен в вагоны, что обеспечивает вывоз камня.

Карьер может разрабатываться подрывными работами.

Кроме развитых в районе Мцхет туфов наблюдаются также выходы пластов песчаника, по своим свойствам оказавшегося хорошим строительным камнем.

Из них мы упомянем карьер „Кодмани“, месторождение близ храма „Цминда-Джвари“, а также некоторые выходы песчаника близ Загэс‘а на левом берегу р. Куры.

## Кодманский Карьер (V).

Карьер расположен в местности, называемой Кодмани.

На небольшом плоскогорье выступают в виде торчащих скал и уступов пласти песчаника серого цвета. В состав этой породы входят мелкие угловатые зерна полевых шпатов, и в сравнительно небольшом количестве зерна кварца, сцементированные известково-глинистым цементом.

Пласти разделены мощными прослойками более мягкой породы, размывом последних и об'ясняется обнажение пластов более твердого песчаника.

Первый наиболее мощный пласт подвергался разработке артелью каменьщиков, добывавших камень для Азнефтестроя при постройке нефтепровода.

Мощность этого пласта достигает 10 метров, простирание его на SW 255°, падение на NW 345°, угол падения 35—40°.

Промышленный запас этого пласта можно оценить в 4.000 кубометров строительного камня.

Так как пласти, имея сравнительно крутой угол падения, быстро скрываются под наростающими рыхлыми породами, разработка может быть подвергнута только та часть пластов, которая выступает над поверхностью. Общий промышленный запас месторождения можно оценить в 7—8 тысяч куб. метров камня.

Как упоминалось, камень тверд, поэтому он трудно поддается обработке и может добываться только подрывными работами.

Результаты механических испытаний следующие:

1.—Об'емный вес: 2,50 в высушенном, 2,55 в насыщенном водою состоянии.

2.—Восприятие влаги в %:

- а) по весу: . . . . . 1,57%,
- в) по об'ему . . . . . 3,95%.

3.—Временное сопротивление на сжатие в состоянии:

- а) высушенном, перпендикулярно слоистости . . . . . 647 кг/см<sup>2</sup>.
- в) насыщенном водой . . . . . 318 кг/см<sup>2</sup>.

4.—Временное сопротивление

на изгиб в высушенном состоянии . . . . . 201 кг/см<sup>2</sup>.

5.—Морозостойкость: 25-ти кратное замораживание образцы выдержали без повреждений.

Временное сопротивление на сжатие

после испытания на замора-

живание . . . . . 420 кг/см<sup>2</sup>.

Как видно из приведенных результатов испытаний порода может быть использована для ответственных сооружений в соответствии с полученными механическими характеристиками, при условии, что кладка не будет подвергаться действию поверхностных или грунтовых вод. Для сооружений IV-го класса камень применим во всех случаях.

Транспортировка камня может производиться до сел. Мцхет по грунтовой дороге, идущей почти все время под уклон и далее по Военно-Грузинскому шоссе.

Протяжение возки до ст. Мцхет—около 2 км.

Месторождение песчаника у храма Цминда-Джвари (VI)\*).

На левом берегу р. Арагви, в 1 км. от устья по течению обнажается свита песчаников, состоящих из крупно, средне и мелкозернистых разностей. Они состоят из округлых зерен кварца и полевого шпата сцементированных кремнево-глинистым веществом, окрашенным окисью железа в ржаво-бурый цвет, отчего и вся порода имеет красноватый оттенок.

Камень очень тверд и трудно отесываем.

Об'емный вес в высушеннном состоянии 2,43,

в насыщенном водою 2,49.

Степень восприятия влаги;

по весу . . . . . 2,16

по об'ему . . . . . 5,27

Временное сопротивление на сжатие в

высушеннном состоянии . . . 839 кг/см<sup>2</sup>.

В насыщенном водою состоянии . . . 707 кг/см<sup>2</sup>.

Камень выдержал 25-ти кратное замораживание.

После испытания на замораживание он показал временное сопротивление—569 кг/см<sup>2</sup>.

Мелко и средне-зернистые разности являются отличным строительным камнем, годным для ответственных сооружений.

\* ) Указан архитектором М. Калашниковым.

В качествах данного камня можно убедиться и на построенном из него храме „Цминда-Джвари“, простоявшем свыше 1000 лет, причем все орнаменты и поверхность камней весьма незначительно изменились от выветривания.

В отношении запасов, следует отметить необходимость более подробной разведки месторождения.

Рекогносцировочные обследования не могут дать исходных данных для подсчета промышленных запасов, вследствие отсутствия естественных разрезов и обнажений, кроме того, местность покрыта лесом.

Если судить о масштабе месторождения по его площади, то возможно высказать ориентировочное предположение о значительности имеющихся здесь запасов камня.

Транспорт камня—гужевой с дальностью возки до станции „Загэс“—около 5 км.

#### Месторождение песчаника (VII).

Последнее месторождение строительного камня расположено в 1 км. к северу от плотины Загэс на одном из небольших холмов левого берега р. Курьи в 4-х км. от ст. Загэс, до которой идет довольно хорошая дорога.

В этом месте проходит свита мягких песчаников, чередующихся со сланцеватыми песчаниками, благодаря чему местность вся изрезана моноклинальными долинами.

На одном склоне такой моноклинальной долины обнажается пласт сравнительно более твердого песчаника.

На этом склоне видны следы древней разработки песчаника. Пласти его почти совпадают с поверхностью восточного склона холма и местами совершенно обнажены, представляя своим расположением удобства для разработки.

Песчаник желтовато-красного оттенка, мелко зернистый, мягок. Сцепление зерен непрочное. При выветривании на пластиах образуется защитная твердая корка.

Лабораторные испытания дали следующие результаты:

1.—Объемный вес в высшенном состоянии—2,26, в насыщенном водой—2,41.

2.—Восприятие влаги в %:

- |                        |        |
|------------------------|--------|
| а) по весу . . . . .   | 3,63%, |
| в) по объему . . . . . | 8,44%. |

• 3.—Временное сопротивление на сжатие в состоянии:

- а) сухом . . . . . 447 кг/см<sup>2</sup>,  
в) насыщенном водой . . . . . 320 кг/см<sup>2</sup>.

4.—Временное сопротивление  
на изгиб в сухом состоянии . 113 кг/см<sup>2</sup>.

5.—Морозостойкость:

После 18-ти кратного замораживания образцы разрушились.

Если мы добавим удобство, легкость разработки камня „на клин“ и легкую теску камня, то сумма приведенных характеристик определяет камень, как пригодный для использования в строительстве.

Характер месторождения способствует экономичности его эксплоатации.

Продуктивный пласт, вначале тонкий, постепенно утолщается налегающими пластами до 4 метров.

Подсчитанный запас участка карьера, не требующего затрат на вскрышу, выражается в 50000 куб. метров.

Вывозить камень можно до станции Загэс по грунтовой дороге длиною в 4 км. или через Авчальский мост во Военно-Грузинской дороге до Тифлиса. В последнем случае дальность возки—16 км.

Из приведенных характеристик видно, что обследованный район сравнительно не богат строительным камнем, однако некоторые месторождения заслуживают внимания. Среди них выделяются месторождения у храма Цминда-Джвари (запасы предполагаются значительные) и месторождение невдалеке от плотины Загэс (запас—50000 куб. метров).

Для сооружений четвертого класса пригодны карьеры Армази (запас 100.000 куб. метр.), Мухат-Гвердинский (запас 50000 куб. метр.), и Кодманский (запас 8000 куб. метр.).

Камень последних 3-х карьеров может быть использован и в сооружениях высших классов, однако при условии предохранения кладки от действия атмосферных агентов.

---

х испытаний строительных камней ЗСО

азского Института Сооружений.

№ № карьеров	Наименование породы	Месторождение породы	Кем и когда прислана на испытание	Размеры испытанных образцов	Временное сопротивление сжатию кг/см <sup>2</sup> в состоянии						Временное сопротивление на изгиб кг/см <sup>2</sup> в состоянии						Истирание *)						Морозостойкость								
					Су х о м			Предельный насыщен. водой			Су х о м			Предельный насыщен. водой			Су х о м			Предельный насыщен. водой			Су х о м			Предельный насыщен. водой					
					Су х о м	Воздушно-сухом	Су х о м	Воздушно-сухом	Су х о м	Воздушно-сухом	Су х о м	Воздушно-сухом	Су х о м	Воздушно-сухом	Су х о м	Воздушно-сухом	Су х о м	Воздушно-сухом	Су х о м	Воздушно-сухом	Су х о м	Воздушно-сухом	Су х о м	Воздушно-сухом	Су х о м	Воздушно-сухом	Су х о м	Воздушно-сухом			
34—37	Песчаник . . . . .	Джагиани-Вели близ платформы Шиомгвимской ЗКВ ж. д. . . . .	З И С . . . . .	7×7×7	2,36	2,44	2,38	3,48	8,19	perpl. пар.	853	701	1073	14% / 0	636	543	707	10% / 0	—	267	230	295	7% / 0	—	—	—	—	—	—		
44—45	" . . . . .	Ущелье ручья Накуртхис-Геле . . . . .	" . . . . .	7×7×7	2,22	2,35	2,25	5,68	12,61	perpl. пар.	1021	771	1169	10% / 0	560	526	583	4% / 0	—	284	195	448	22% / 0	—	—	—	—	—	—		
46—47	" . . . . .	" . . . . .	" . . . . .	7×7×7	2,38	2,46	2,41	3,15	7,53	perpl. пар.	485	414	565	8% / 0	236	214	274	9% / 0	—	194	99	241	24% / 0	—	—	—	—	—	—		
48—49	Туфоген. песчан. . . . .	Местность Клдис-Дзири над сел. Дзегви близ платф. Шиомгвимской . . . . .	" . . . . .	7×7×7	2,21	2,34	2,22	6,27	13,82	perpl. пар.	490	419	548	9% / 0	255	222	226	5% / 0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
1—4	Близ ст. Мцхет	ЗКВ ж. д. карьер в ущелье р. Армазис-Геле в 90 мт. от ж. д. моста . . . . .	" . . . . .	7×7×7	2,17	2,29	2,21	5,10	11,11	perpl. пар.	709	581	780	15% / 0	392	376	420	5% / 0	—	190	85	245	22% / 0	—	—	—	—	—	—		
5—8	" . . . . .	" . . . . .	" . . . . .	7×7×7	2,10	2,25	2,15	7,47	15,98	perpl. пар.	827	723	885	6% / 0	443	381	546	15% / 0	—	134	111	164	14% / 0	99	98	101	1% / 0	—	—		
9—12	" . . . . .	" . . . . .	" . . . . .	7×7×7	2,05	2,22	2,09	8,04	16,48	perpl. пар.	618	479	751	10% / 0	257	239	286	7% / 0	—	150	127	163	10% / 0	107	90	124	10% / 0	—	—		
13—15	Песчаник . . . . .	" . . . . .	" . . . . .	5×5×5	2,50	2,55	2,51	1,57	3,96	perpl. пар.	647	520	735	13% / 0	318	238	400	24% / 0	—	201	191	212	5% / 0	345	345	567	18% / 0	—	—		
16—18	" . . . . .	" . . . . .	" . . . . .	5×5×5	2,54	—	2,55	—	—	perpl. пар.	676	551	791	10% / 0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
19—20	" . . . . .	" . . . . .	" . . . . .	7×7×7	2,26	2,41	2,27	3,63	8,44	perpl. пар.	447	372	523	17% / 0	320	302	339	6% / 0	—	113	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
21—22	" . . . . .	" . . . . .	" . . . . .	7×7×7	2,02	2,18	2,03	8,10	16,35	perpl. пар.	220	181	259	18% / 0	133	123	143	7% / 0	—	15	11	18	4% / 0	—	—	—	—	—	—		
23—26	Туфоген. песчан. . . . .	Мухат-Гверди на 16 км. В.-Груз. дороги в 1/2 км. от платф. ЗАГЭС-плотина . . . . .	" . . . . .	7×7×7	2,38	2,47	2,40	3,49	8,33	perpl. пар.	721	603	788	7% / 0	495	401	601	14% / 0	—	149	132	169	8% / 0	109	106	114	3% / 0	—	—		
29—30	Песчаник . . . . .	Близ ст. Мцхет ЗКВ ж. д. у Храма Цминда-Джвари на левом берегу р. Арагви . . . . .	" . . . . .	7×7×7	2,43	2'49	2,43	2,16	5,27	perpl. пар.	839	706	987	14% / 0	707	652	775	6% / 0	—	569	463	712	12% / 0	—	—	—	—	—	—		
32	" . . . . .	разработка Калашникова . . . . .	" . . . . .	7×7×7	—	—	2,41	—	—	perpl. пар.	531	458	604	14% / 0	—	531	458	604	14% / 0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
33	" . . . . .	" . . . . .	" . . . . .	7×7×7	2,11	2,20	2,16	5,96	12,41	perpl. пар.	77	66	84	9% / 0	—	77	66	84	9% / 0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
213	" . . . . .	близ ЗАГЭСа . . . . .	" . . . . .	5×5×5	1,72	2,00	1,73	15,93	27,40	perpl. пар.	491	301	686	24% / 0	264	199	334	18% / 0	—	279	202	416	30% / 0	—	—	—	—	—	—		
81	Сел. Качаган	Борчалинского района . . . . .	З И С . . . . .	5×5×5	1,72	2,00	1,73	15,93	27,40	perpl. пар.	383	325	455	15% / 0	393	359	434	7% / 0	—	229	161	260	15% / 0	—	—	—	—	—	—		
82—85	" . . . . .	" . . . . .	" . . . . .	7×7×7	1,92	2,12	1,93	11,73	22,14	perpl. пар.	645	409	870	20% / 0	559	457	659	12% / 0	—	162	151	177	7% / 0	371	347	399	5% / 0	—	—		
194	" . . . . .	Грузгоспромстрой VII—1930 г. . . . .	" . . . . .	5×5×5	2,45	2,49	2,37	1,19	2,93	perpl. пар.	2,03	3,00	16	25	25	25	343	298	402	11% / 0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
195	" . . . . .	Близ ст. Марелиси ЗКВ ж. д. . . . .	" . . . . .	" . . . . .	2,34	2,39	2,38	1,83	4,28	perpl. пар.	2,35	2,40	2,38	2,17	5,08	25	346	300	376	7% / 0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
196	" . . . . .	" . . . . .	" . . . . .	" . . . . .	2,40	2,47	2,43	2,98	7,12	perpl. пар.	2,53	2,57	2,53	1,49	3,51	25	723	721	725	0,19% / 0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
228	Сел. Верхнее-Магаро	близ ст. Иора ЗКВ ж. д. . . . .	" . . . . .	" . . . . .	2,53	2,57	2,53	1,49	3,60	perpl. пар.	2,51	2,55	2,53	1,43	3,60	20	25	573	556	582	2% / 0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
229	Сел. Нижн. Назреви	" . . . . .	" . . . . .	" . . . . .	2,37	2,46	2,39	37,3	8,80	perpl. пар.	783	660	966	13% / 0	501	795	961	8% / 0	—	120	102	146									

За эталон принят Курсебский тешенит.

№ карьера	Наименование породы	Месторождение породы	Кем и когда прислана на испытание	Размеры испытанных образцов	Об'ємный вес в состоянии	Степень восприятия влаги в %	изгиб кг/см <sup>2</sup> в состоянии	Временное сопротивление сжатия								Истирание*)				Морозостойкость				ПРИМЕЧАНИЕ					
								Сухом				Воздушно-сухом				насыщен.				Воздушно-сухом									
								С у х о м		Предельный на водой		насыщен.		Воздушно-сухом		С у х о м		Предельный на водой		насыщен.		Воздушно-сухом							
								Среднее	Миним.	Максим.	Среднее отклонен.	Среднее	Миним.	Максим.	Среднее отклонен.	Среднее	Миним.	Максим.	Среднее отклонен.	Среднее	Миним.	Максим.	Средн. отклон.						
245	Песчаник	Близ ст. Нигонти ЗКВ ж. д. карьер № 2 . . . . .	ЗКВ ж. д. I—1931 г. . . . .	5×5×5	1,58	1,90	1,70	21,51	33,51	473	429	548	10%	—	—	—	—	—	—	—	—	2	5	—	—				
245a		Близ ст. Нигонти ЗКВ ж. д. карьер № 1 . . . . .	ЗКВ ж. д. I—1931 г. . . . .		1,65	1,94	1,74	16,50	27,45	376	334	402	6%	—	—	—	—	—	—	—	2	4	—	—					
271		" № 2 . . . . .	Строительный отдел ЗКВ ж. д. VI—1931 г. . . . .		2,11	2,29	2,17	8,42	17,77	474	440	548	7%	406	388	—	—	—	—	—	—	3	7	—	—				
272		Близ ст. Авчалы ЗКВ ж. д. . . . .	Ахалмшени I—1931 г. . . . .		1,99	2,17	2,05	8,79	17,51	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	7	—	—				
249		Цицамурская долина близ Тифлиса . . . . .	Г. Тифлис Надзалаеви карьер № 1 . . . . .	7×7×7	—	—	2,20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
250		Г. Тифлис Надзалаеви карьер № 2 . . . . .	Строительный отдел ЗКВ ж. д. III—1931 г. . . . .	5×5×5	—	—	2,63	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
254		" Ваке бер. р. Веры . . . . .	ЗИС VIII—1930 г. . . . .	7×7×7	2,35	2,45	2,40	4,35	10,18	582	444	757	20%	411	400	—	—	—	—	—	—	—	15	17	—	—			
210		" " " " "	ЗИС VI—1930 г. . . . .		2,33	2,43	2,39	4,21	9,80	702	639	752	6%	381	264	—	—	—	—	—	—	—	7	22	—	—			
175		" " " " "	Трудгоспромстрой VII—1930 г. . . . .		—	—	2,25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
176		" " " " "	Район "Тквибули" кар. № 1 . . . . .		—	—	2,36	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
177		" " " " "	кар. № 2 . . . . .		—	—	2,49	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
191a		Близ ст. Тквибули кар. № 1 . . . . .	Трудгоспромстрой VII—1930 г. . . . .		—	—	2,38	2,30	4,56	10,35	711	665	746	4%	—	—	—	—	—	—	—	9	—	—	—	—			
192a		кар. № 2 . . . . .	Район "Тквибули" кар. № 2 . . . . .		—	—	2,48	2,47	1,59	3,53	1034	946	1149	7%	—	—	—	—	—	—	—	12	25	485	441	547	80%		
223		Завгидроэлектроток IX—1930 г. 29/X . . . . .	Завгидроэлектроток IX—1930 г. 29/X . . . . .	6×6×6	2,42	2,50	2,43	3,24	7,84	252	471	709	14%	354	333	—	—	—	—	—	—	—	229	170	284	170%	—		
295		Г. Нахичевань на р. Аракс . . . . .	Грузгостстрой VII—1930 г. . . . .	5×5×5	2,42	2,50	2,43	3,24	7,84	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	124	99	147	10%	—		
197		Грузгостстрой VII—1930 г. . . . .	Грузгостстрой VII—1930 г. . . . .	7×7×7	1,78	1,98	1,83	11,78	20,55	244	214	273	8%	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	333	312	355	50%	—	
203		Грузгостстрой VII—1930 г. . . . .	Грузгостстрой VII—1930 г. . . . .	5×5×5	2,39	2,47	2,42	3,30	7,87	886	831	989	7%	350	286	—	—	—	—	—	—	—	25	443	398	472	50%		
204		Близ гор. Ахалциха . . . . .	Грузгостстрой VII—1930 г. . . . .	7×7×7	2,36	2,44	2,38	2,89	6,93	937	759	1123	9%	318	287	—	—	—	—	—	—	—	25	340	316	354	40%		
224		Взят из здания б. Воен. Собора в г. Тифлисе построен. в 1896 г. . . . .	ЗИС . . . . .		—	—	2,32	2,42	3,34	9,14	647	645	649	0,5%	—	—	—	—	—	—	—	—	573	464	692	130%	—		
262		Близ ст. Гелати . . . . .	Грузгостстрой V—1931 г. . . . .	5×5×5	2,29	2,36	2,30	3,46	7,89	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6	—	—	—	—		
256	Туфоген. песчан.	Близ ст. Наруло . . . . .	Грузгостстрой II—1931 г. . . . .	7×7×7	2,43	2,52	2,47	3,08	7,59	521	420	620	14%	224	201	—	—	—	—	—	—	—	25	683	598	727	50%		
273	Песчаник	Грузгостстрой V—1931 г. . . . .	Грузгостстрой V—1931 г. . . . .	5×5×5	2,53	2,57	2,55	1,37	3,47	1168	1011	1226	5%	839	792	—	—	—	—	—	—	—	22	25	211	194	227	50%	
274		Окр. г. Тифлиса Натахтарская долина . . . . .	Оказание помощи пострад. от землетр. VI—31 г. . . . .		—	—	2,14	2,27	2,20	5,94	12,72	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	25	585	499	784	14%	—	
276		" " " " "	Натахтарский водопровод VII—1931 г. . . . .		—	—	2,40	2,46	2,41	2,66	6,37	869	812	963	7%	485	398	—	—	—	—	—	—	25	1464	1288	1708	80%	—
277		" " " " "	Грузгостстрой 15/I—1931 г. . . . .		—	—	2,64	2,66	2,65	0,56	1,48	1829	1659	2008	4%	1735	1622	—	—	—	—	—	—	9	—	—	—	—	—
246		" " " " "	Управление перевальн. дороги Ю.-Осетии . . . . .		7×7×7	2,32	2,45	2,36	5,47	13,00	434	431	438	1%	—	—	—	—	—	—	—	—	25	869	546	1068	20%	—	
234	Мергел. сланец . . . . .	Перевальная дорога через Кавказский хребет—Юго-Осетия . . . . .	Загэс Котлован генераторного здания . . . . .	5×5×5	2,69	2,71	2,70	0,39	1,06	695	621	786	10%	660	572														

Номер карьера	Наименование породы	Месторождение породы	Кем и когда прислана на испытание	Размеры испытанных образцов	Объемный вес в состоянии			Степень восприятия влаги в %/%	Нapr. действ. силы по отношению к сопротивлению сжатию в кг/см <sup>2</sup> в состоянии	Временное сопротивление на изгиб в кг/см <sup>2</sup> в состоянии			Истирание*)	Морозостойкость			ПРИМЕЧАНИЕ									
					Сухом					Предельный насыщен. водой				Сухом												
					Сухом	Насыщенном водой	В воздушно-сухом сост.	Среднее	Миним.	Максим.	Среднее	Миним.	Максим.	Среднее	Миним.	Максим.	Отношение сноса образца к сносу эталона	Колич. замораж. выдерж. без поврежд.	Временное сопротивление сжатию после заморажив.							
190	Известняк . . . . .	Соргат-Дзор карьер № 2 . . . . .	Грузгоспромстрой VIII—1931 г. . . . .	5×5×5	2,46	2,48	2,47	0,95	2,34	—	—	—	—	975	507	1490	340%	—	1,58	1,70	—	25	1166	1117	1215	4%
198	"	Близ ст. Сурам ЗКВ ж. д. . . . .	Грузгоспромстрой VII—1931 г. . . . .	7×7×7	2,00	2,22	2,01	9,54	19,14	—	—	—	—	—	412	323	479	14%	—	25	217	155	296	21%		
200	"	Карьер близ ст. Хета Черноморской ж. д. . . . .	Энгурбумстрой VII—1931 г. . . . .	5×5×5	2,31	2,40	2,31	4,01	9,25	—	—	—	—	—	593	517	657	18%	—	25	573	471	853	24%		
201	"	Близ гор. Ахал-Сенаки . . . . .	Рионгэс III—1930 г. . . . .	5×5×5	2,42	2,48	2,43	2,41	5,84	—	—	—	—	—	533	469	656	15%	—	25	328	240	397	20%		
108	"	Окраина гор. Кутаиса . . . . .	" . . . . .	—	2,64	2,65	2,64	0,42	1,08	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
109	"	" " " . . . . .	" . . . . .	—	2,42	2,44	2,43	2,98	6,96	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
110	"	" " " . . . . .	" . . . . .	—	2,41	2,43	2,42	2,98	7,19	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
111	"	" " " . . . . .	" . . . . .	—	2,47	2,48	2,47	2,21	5,48	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
259	"	Катарская ветка Алят-Джульфинской ж. д. . . . .	Закхелдорстрой III—1931 г. . . . .	7×7×7	2,65	2,67	2,66	0,74	1,96	—	—	—	—	—	569	516	663	6%	—	22	661	475	820	14%		
257	"	Карьер Джаджвис-Цкаро близ ст. Зестафони ЗКВ ж. д. . . . .	Грузгоспромстрой . . . . .	7×7×7	2,00	2,21	2,06	10,92	21,51	—	—	—	—	—	638	478	781	13%	—	22	729	346	808	7%		
258	"	Карьер Квис-Цкаро близ ст. Зестафони ЗКВ ж. д. . . . .	" . . . . .	—	2,30	2,41	2,34	4,71	10,81	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
227	"	Близ Иджевангэса . . . . .	Иджевангэс X—1930 г. . . . .	5×5×5	—	—	2,54	—	—	—	—	—	—	—	1395	1012	1951	18%	—	25	4,20	4,40	—	—	—	—
269	"	Близ р. Гизель-Дон (Сев. Кавказ) . . . . .	Гизель Донстрой IV—1931 г. . . . .	—	2,64	2,64	2,64	0,30	0,80	—	—	—	—	—	966	377	1724	62%	—	21	1189	873	1704	29%	—	—
68	Офио-кальцит . . . . .	Близ сел. Цоп Борчалинского района . . . . .	ЗИС . . . . .	—	2,63	2,64	2,64	0,90	2,36	—	—	—	—	—	1363	1034	1708	14%	—	11	5	21	—	—	—	—
69	"	" " " . . . . .	ВСНХ Юго-Осетия I—1930 г. . . . .	7×7×7	2,65	2,66	2,66	0,26	0,70	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
95—96	Мрамор . . . . .	" " " . . . . .	Хаштаракская степь . . . . .	5×5×5	2,61	2,63	2,62	0,69	1,80	—	—	—	—	—	510	445	598	9%	—	25	631	495	860	18%	—	—
187	"	" " " . . . . .	Мисханский карьер. ССР Армения . . . . .	—	2,72	2,74	2,72	0,29	0,78	—	—	—	—	—	910	713	1085	12%	—	20	3,73	3,52	529	10%	—	—
241	"	" " " . . . . .	Хорвирабский карьер. ССР Армения . . . . .	—	2,67	2,69	2,68	0,28	0,76	—	—	—	—	—	943	626	1357	23%	—	25	447	386	1381	23%	—	—
242	"	" " " . . . . .	Лагмалинский . . . . .	—	2,72	2,72	2,72	0,28	0,75	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,97	2,85	992	845	1133	10%	—
243	Мрамор оникс . . . . .	Район сел. Ледзадзаме в 30 км. сев. гор. Ахал-Сенаки . . . . .	ЗИС 8/Х—1930 г. . . . .	7×7×7	1,08	1,34	1,08	36,29	35,22	—	—	—	—	—	100	83	112	11%	—	25	1,89	2,86	47	34	89	36%
225	Известковый туф . . . . .	" " " . . . . .	Закводхоз VI—1930 г. . . . .	—	1,81	1,92	1,81	7,34	13,02	перп. пар.	177	167	190	5%	166	105	217	24%	—	25	2,83	4,19	104	46	195	47%
206	Известн. ракуш . . . . .	Совхоз Кара-Чала (Мугань) . . . . .	Закводхоз VI—1931 г. . . . .	—	1,43	1,65	1,44	15,69	22,33	перп. пар.	38	36	39	3%	31	29	33	5%	—	25	1,56	3,00	29	22	39	20%
207	"	" " " . . . . .	" " " . . . . .	—	1,43	1,65	1,44	15,69	22,33	перп. пар.	56	53	62	7%	46	45	47	2%	—	25	2,04	3,83	25	29	38	29%
208	"	" " " . . . . .	Закводхоз VI—1931 г. . . . .	—	1,65	1,73	1,65	5,52	9,07	перп. пар.	64	61	68	4%	49	47	52	4%	—	25	1,52	2,44	25	38	46	15%
209	"	" " " . . . . .	" " " . . . . .	15×15×15	—	—	—	—	—	перп. пар.	100	83	112	11%	89	83	95	7%	—	25	2,31	3,65	62	53	75	10%
282	Известняк . . . . .	Близ ст. Сурам ЗКВ ж. д. . . . .	Строительный отдел ЗКВ ж. д. VIII—1931 г. . . . .	7×7×7	1,48	1,67	1,49	12,34	18,31	—	—	—	—	—	423	381	471	8%	—	25	1,26	2,15	18	25	27	16%
300	"	" " " . . . . .	Сел. Цхалтубо близ Кутаиса . . . . .	5×5×5	2,27	2,38	2,29	4,07	9,80	—	—	—	—	—	1073	915	1233	11%	—	25	1,66	3,50	18	25	34	34%
296	"	" " " . . . . .	Сел. Чартал близ ст. Молити ЗКВ ж. д. . . . .	—	2,20	2,35	2,30	6,73	14,82	—	—	—	—	—	884	672	1123	17%	—	25	332	298	375	10%	—	—
280	Мрамор . . . . .	" " " . . . . .	Курортстрой 1932 г. . . . .	—	2,67	2,68	2,69	0,35</																		



**Данные лабораторных испытаний строительных камней ЗСФСР**

II. Лабораторные работы Закавказского Государственного Института Автодорожного Транспорта.

№ глыб	Наименование породы	Название и местона- хождение карьера	Удельный вес	Объемный вес в сост.		Степень воспр. влаги в % по весу	Пористость	Износ в бараб. Деваль после 10000 оборотов	Воздушно сухом	Насыщен. водой	Врем. сопрот. сжатию в кг/кв см. в сост.	Колич. замораж. выдержан. без повреждения
				Воздушно сухом	Насыщен. водой							
1а	Ракушняк, песчаник.	Ат.—Булах . . . . .	—	2,11	—	—	—	—	—	509	395	—
2а	Кварцевый песчаник	Против ст. Мугань. . . . .	—	2,62	—	—	—	—	—	1240	1173	—
3а	Кварцит . . . . .	Бл. Хубери ущелье Ингурा .	—	2,63	—	—	—	—	—	1393	1342	—
4а	Песчаник . . . . .	В. Г. Д. на 102 км. . . . .	—	2,59	—	—	—	—	—	1182	1041	—
5а	" . . . . .	Дарьялское ущелье близ Чер- това моста . . . . .	—	2,62	—	—	—	—	—	1045	820	—
6а	" . . . . .	Сейдабадская гора г. Тифлис .	—	—	—	—	—	7,56	—	—	—	—
9а	" . . . . .	5—7 км. дор. Тифл.-Коджоры .	—	2,62	—	—	—	4,15	1142	993	—	—
10а	" . . . . .	В. Г. Д. 5 км. в 300 мт. влево .	—	2,65	—	—	—	4,00	987	—	—	—
11а	" известковый .	г. Шуша . . . . .	—	2,33	—	—	—	9,82	511	357	—	—
12а	Песчаник с кремне-из- вестков. цементом .	На 81 кмл. Минас-Хеви . . .	—	—	—	—	—	—	1996	—	—	—
13а	Микро-конгламерат .	д. Тифлис—Манглис . . . . .	—	—	—	—	—	17,19	—	—	—	—
14а	Песчаник мелкозерн.	на 81 кмл. В. Г. Д. . . . .	—	2,69	—	0,28	—	—	2154	2317	—	—
15а	" туфогенный .	на 1 кмл. Тифлис—Манглис .	—	—	—	—	—	3,2	—	—	—	—
16а	" " .	на 2 кмл. " " .	—	—	—	—	—	4,12	—	—	—	—
17а	" " .	на 3 кмл. " " .	—	—	—	—	—	2,00	—	—	—	—
18а	" " .	на 7 кмл. " . . . . .	—	—	—	—	—	3,12	—	—	—	—
20а	Песчаник . . . . .	Касури В. Г. Д. . . . .	2,67	2,57	—	1,26	3,87	—	—	1544	925	10
36а	Туфогенная порода .	Карьер Аркала В. Г. Д. . . . .	2,65	2,32	—	3,51	12,4	—	—	308	343	3
37а	Песчаник . . . . .	" Касури В. Г. Д. . . . .	2,67	2,57	—	1,26	3,87	—	—	1544	925	10
49а	Туфогенная порода .	Дагдан. карьер дороги Аджи- кенд—Чирагидзор . . . . .	—	2,00	—	10,8	2,16	—	—	2,38	—	—
142а	Трасс . . . . .	Семенов. мельница Севан . . .	—	2,45	—	—	—	—	—	654	558	—

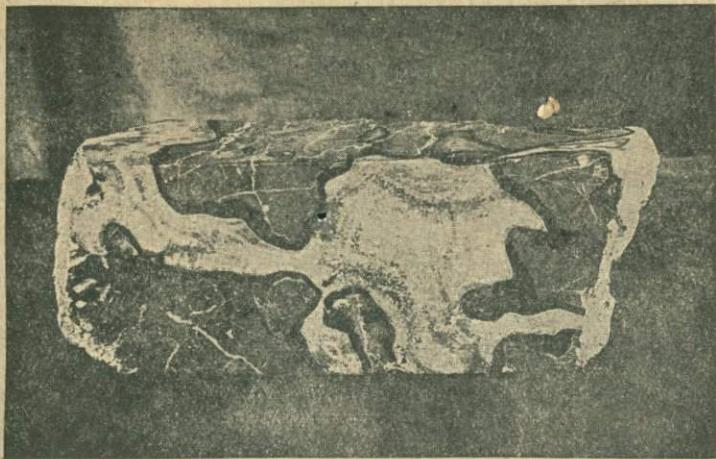
№ № глыб	Наименование породы	Название и местонахождение карьера	Удельный вес	Об'ємный вес в сост.		Степень воспр. влаги в % по весу	Пористость	Износ в бараб. Деваль после 10000 оборотов	Врем. сопрот. сжатию в кг/кв см. в сост.	Колич. замораж. выдержан. без повреждения	Времен. сопрот. сжат. кг/кв. см. после замораж.	
				Воздушно сухом	Насыщен. водой							
79а	Известняк глинистый .	Ябля в 3 км. от Елендорфа.	2,71	2,61	—	—	3,79	—	705	—	—	—
80а	" маргелистый.	Сванет. дор. у Джвари бер. реки Маганы . . . . .	2,91	2,57	—	0,23	1,17	—	—	822	5	793
82а	Известняк . . . . .	На 11 км. дор. Абдалляр-Кургаджи . . . . .	2,71	1,98	—	6,26	27,00	—	390	—	15	—
97а	" . . . . .	Сел. Маразы дор. Баку—Шемаха . . . . .	—	2,65	—	—	—	—	702	741	—	—
85а	Диобаз . . . . .	Цихис-Дзири . . . . .	—	2,89	—	—	—	—	2311	2120	—	—
86а	Анdezito-базальт . . .	Близ Цихис-Дзири . . . . .	—	2,74	—	—	—	—	1090	1113	—	—
87а	Сионит . . . . .	Шемокмеди в 5 км. Юго-вост. Озургет. . . . .	—	2,60	—	—	—	—	1503	1478	—	—
88а	Порфирит . . . . .	Ущелье Ингурा близ ККА .	—	2,67	—	—	—	—	1131	1076	—	—
89а	Диобаз . . . . .	Лев. бер. Ингурा выше Худона .	—	2,77	—	—	—	—	2850	2729	—	—
91а	Порфирит . . . . .	Карасу близ Ленинакана . .	—	2,64	—	—	—	—	1240	1216	—	—
92а	Анdezит серый . . . . .	В. Г. Д. Млетский под'ем . .	—	2,61	—	—	—	—	1407	1350	—	—
94а	Анdezito-базальт . . .	Чубухлы-Севан . . . . .	—	2,35	—	—	—	—	916	839	—	—
95а	Базальт . . . . .	У истока Зангиг--Севан . .	—	2,50	—	—	—	—	1100	1040	—	—
98а	Порфирит красный . .	Сел. Табахмели . . . . .	—	—	—	—	2,11	—	—	—	—	—
96а	Анdezito-базальт . . .	Дор. Кашкенд—Вдорчак . .	—	2,70	—	—	—	—	971	798	—	—
99а	Порфирит черный . . . .	Сел. Табахмели . . . . .	—	—	—	—	3,45	—	—	—	—	—
100а	" кварцитовый . . . . .	Коджоры "Кероглы" . . . . .	—	—	—	—	1,42	—	—	—	—	—
101а	Анdezito-базальт . . .	Саганлугская осыпь . . . . .	—	—	—	—	3,11	—	—	—	—	—
102а	" " . . . . .	Шавнабад—Телетск. хребет. .	—	2,69	—	—	2,70	985	899	—	—	—
103а	Андез. крупнозер. порф.	Овраг " " " . . . . .	—	2,46	—	—	2,20	1310	1100	—	—	—
104а	Анdezito-базальт черн.	Дор. Эривань—Аштарак . . .	2,24	—	2,42	3,13	—	3,10	1005	—	—	—
107а	Анdezito-базальт сер.	Кешишкенд—Базар-чай . . .	—	2,31	—	5,10	—	—	1102	656	—	—
108а	Анdezito-базальт . . .	—	—	—	—	—	—	1043	894	—	—	—

№ № глыб	Наименование породы	Название и местонахождение карьера	Удельный вес	Об'емный вес в сост.		Степень воспр. влаги в % по весу	Пористость	Износ в бараб. Деваль после 10000 оборотов	Врем. сопрот. сжатию в кг/кв см. в сост.	Колич. замораж. выдержан. без повреждения
				Воздушно сухом	насыщен. водой					
143а	Трасс . . . . .	2 км. от Чубуклы в сторону Севана . . . . .	2,24	—	—	—	—	—	510	388
144а	Туфит . . . . .	Коджоры у подн. Кероглы . . . . .	—	—	—	—	—	4,99	676	—
159а	Песчаник . . . . .	На 153 км. Евлах—Герюсы . . . . .	2,74	2,62	—	0,28	4,36	—	369	—
169а	Андезитовый туф . . . . .	У сел. Кисатиби . . . . .	2,72	1,91	—	9,08	3,16	—	251	216
50а	Ракушняк . . . . .	Ат-Булах . . . . .	—	1,98	—	—	—	—	326	199
51а	" метамор. . . . .	Алят . . . . .	—	2,56	—	—	—	—	578	520
52а	Известн. мраморовидн. . . . .	Алят (большая сопка) . . . . .	—	2,69	—	—	—	—	977	890
53а	Ракушняк . . . . .	Ат-Булах Айран-Теклян . . . . .	—	1,88	—	—	—	—	247	129
54а	Известняк . . . . .	Баба Занан бл. Сальян . . . . .	—	2,49	—	—	—	—	703	655
55а	" . . . . .	Семеновский перевал . . . . .	—	2,52	—	—	—	—	764	679
56а	" . . . . .	Ах-Буран Агдам . . . . .	—	—	—	—	—	—	691	599
57а	" . . . . .	Гагры . . . . .	—	2,70	—	—	—	—	909	786
58а	" . . . . .	Гагры (близь кладбища) . . . . .	—	2,60	—	—	—	—	716	669
59а	" . . . . .	Цебельда "Аянга" . . . . .	—	2,65	—	—	—	—	955	917
60а	" . . . . .	Цебельда "Адага" . . . . .	—	2,52	—	—	—	—	834	776
61а	" кристаллич. . . . .	Бл. Ахал-Сенак Текля . . . . .	—	2,66	—	—	—	—	211	1249
62а	Известняк . . . . .	Джвари у нач. Ингурा . . . . .	—	2,47	—	—	—	—	403	248
63а	" полукристал. . . . .	г. Шуша (бл. Замка на скале). . . . .	—	2,70	—	—	—	5,66	892	886
65а	" дресва. . . . .	На 192 км: В. Г. д. . . . .	—	—	—	—	—	10,68	—	—
66а	" полукристал. . . . .	к. Чхалтубо д. Кутаис—Мекв. . . . .	—	—	—	—	—	6,4	—	—
67а	" . . . . .	р. Джагер-чай—Шамхоры . . . . .	2,70	2,00	15,00	27,28	—	—	185	—
68а	" . . . . .	Дор. Карагино—Горадиз . . . . .	2,71	2,62	0,6	3,32	—	—	918	—
69а	" . . . . .	Тоже . . . . .	2,72	2,68	0,83	1,47	—	—	662	—
71а	Ракушняк . . . . .	Баба-Занан бл. Сальян . . . . .	2,72	2,15	—	9,19	8,75	—	—	—
73а	Мрамор серый . . . . .	На 4 км. дор. Абдалляр—Аккера . . . . .	—	2,66	—	0,28	—	—	843	1033

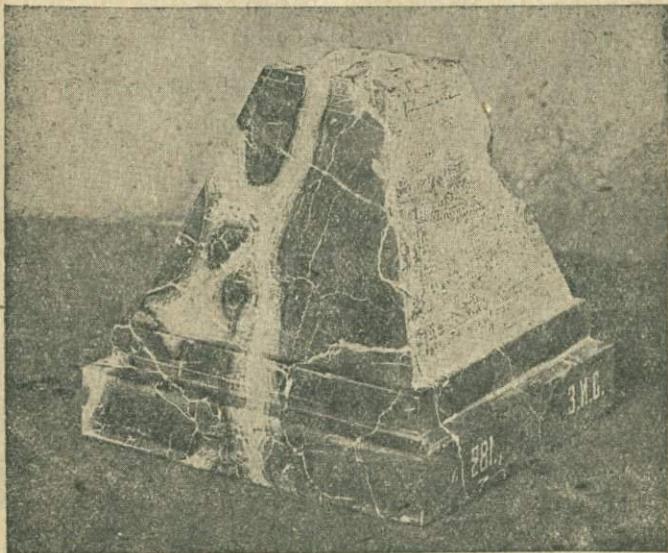
№ № глыб	Наименование породы	Название и местонахождение карьера	Удельный вес	Об'емный <sup>a</sup> , вес в сост.		Степень воспр. влаги в %/о по весу	Пористость	Износ в барабане после 10000 оборотов	Врем. сопротивлению сжатию в кг/кв см. в сост.	Колич. замораж. выдержан. без обогревания	
				Воздушно сухом	Насыщен. водой						
160а	Порода с белой основной массой с зернами кварцита, авгита, полевых шпатов . . .	Дор. Абдаалляр—Кубатлы на 19 кмл. . . . .	2,69	2,26	—	3,43	15,9	—	322	—	10
161а	Тоже . . . . .	Дор. Абдалляр—Кубатлы на 19 кмл. . . . .	2,70	2,20	—	6,13	25,20	—	289	—	15
162а	Тоже . . . . .	На 157 кмл. Евлах—Герюсы . . . . .	2,64	1,74	—	7,50	34,1	—	—	—	—
163а	Эффузивная порода . . . . .	Дор. Евлах—Герюсы на 2 кмл. . . . .	2,69	2,42	—	2,84	10,1	—	455	—	15
164а		Дор. Евлах—Герюсы на 148 км. . . . .	—	—	—	—	—	5,48	—	—	—
165а	Выветрившаяся порода с вкрапинами полевых шпатов и кварца.	На 10 кмл. Абдалляр—Курдагджи . . . . .	—	—	—	—	—	7,55	—	—	—
166а	Тоже . . . . .	На 9 кмл. Абдалляр—Курдагджи . . . . .	—	—	—	—	—	14,36	—	—	—
167а	Эффузивная порода . . . . .	На 4 кмл. Абдалляр—Курдагджи . . . . .	—	—	—	—	—	2,90	—	—	—
173а	" " . . . . .	Сел. Караван-сарай бл. Код Тифлис—Сааты . . . . .	2,78	2,47	—	1,75	11,2	—	407	382	—

№ № глыбы	Наименование породы	Название и местонахождение карьера	Удельный вес	Об'емный вес в сост.		Степень воспр. влаги в % по весу	Пористость	Износ в бараб. Девяля после 100000 оборотов	Воздушно сухом	Насыщен. водой	Врем. сопротивлению сжатию в кг/кв см. в сост.	Колич. замораж. выдержан. без повреждения
				Воздушно сухом	Насыщен. водой							
109а	Грано-порфир.	Дор. Далляр—Кедабек . . . . .	2,71	2,64	—	—	2,58	—	153	—	—	—
110а	Диобаз . . . . .	С. Славянка бл. Кедабека . . . . .	2,84	2,78	—	—	0,45	2,11	2141	1895	—	—
111а	Анdezito-базальт . . . . .	На 19 км. Абдалляр-Аккера. . . . .	—	2,22	—	—	3,32	—	509	473	—	—
112а	" " " " "	Занга в Эривани . . . . .	—	—	—	—	—	1,41	2470	2420	—	—
129а	Анdezito-базальт . . . . .	На 18 км, дор. Ганджа—Агджикент . . . . .	2,77	2,67	—	—	3,61	—	741	—	—	—
130а	Трахит выветрившийся.	На 12 км. Абдалляр-Курдагаджи . . . . .	—	—	—	—	—	14,16	—	654	—	—
132а	Порфирит . . . . .	На 13 км. дор. Тифл.—Саатлы . . . . .	2,78	2,44	—	—	0,98	12,2	—	—	—	5
133а	Базальт . . . . .	Шоссе Эривань—Эчмиадзин у моста № 4. . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	531
134а	Гранодиорит . . . . .	Дор. Минадзе—Кисатиби . . . . .	2,92	2,79	—	—	1,90	4,44	—	600	600	15
136а	Гранодиорит . . . . .	Дор. Тифлис—Сааты у сел. Караван-сарай . . . . .	2,79	2,77	—	—	0,72	—	1560	1566	—	—
140а	Порфирировая брекчия.	Ущелье ингурा близ ККА . . . . .	—	2,61	—	—	—	—	890	872	—	—
145а	Эффузивная порода . . . . .	Шавнабад . . . . .	—	2,40	—	—	—	—	478	—	—	—
146а	" " темная.	Дор. Тифлис—Сааты на 85 км.	—	—	—	—	—	3,95	—	—	—	—
147а	" " светлая.	Дор. Тифл.—Сааты на 107 км.	—	—	—	—	—	7,25	—	—	—	—
148а	" " " пористая	Ани-Аджи-Назар . . . . .	—	2,13	—	—	4,81	—	—	525	475	25
149а	Эффузивная пор. пористая	Ани . . . . .	—	2,31	—	—	2,82	—	—	600	475	25
151а	" " "	Дорога Карагино—Горадиз . . . . .	2,68	2,47	—	—	0,59	7,83	—	—	—	—
157а	Аморфно-эффузивн. пор.	Дор. Евлах—Герюсы близ Абдалляр . . . . .	—	—	—	—	—	6,44	—	—	—	—
158а	Эффузивная порода . . . . .	Дор. Евлах—Герюсы близ Абдалляр . . . . .	—	—	—	—	—	8,69	—	—	—	—

О б р а з ц ы к а м н е й



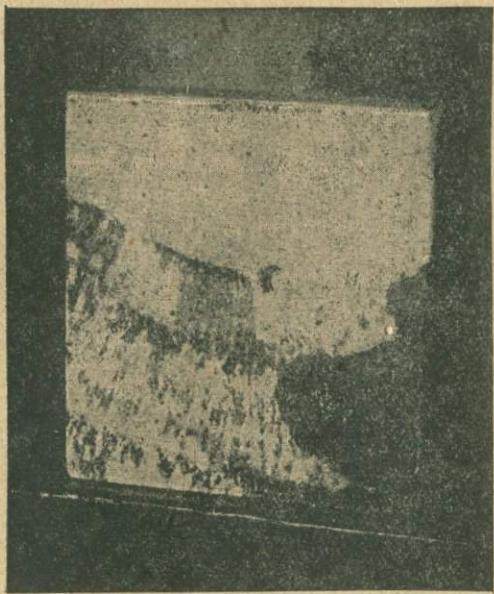
М о л и т с к и й м р а м о р



М о л и т с к и й м р а м о р

**О б р а з ц ы к а м н е й**

---



Мрамор из карьера бл. сел. Агамзалу



Мрамор из карьера близъ сел. Цоп Борч. района  
(отполированная поверхность)

**О б р а з ц ы к а м н е й**

---



Джархечский конгломерат (Армения)

**О б р а з ц ы к а м н е й**

---



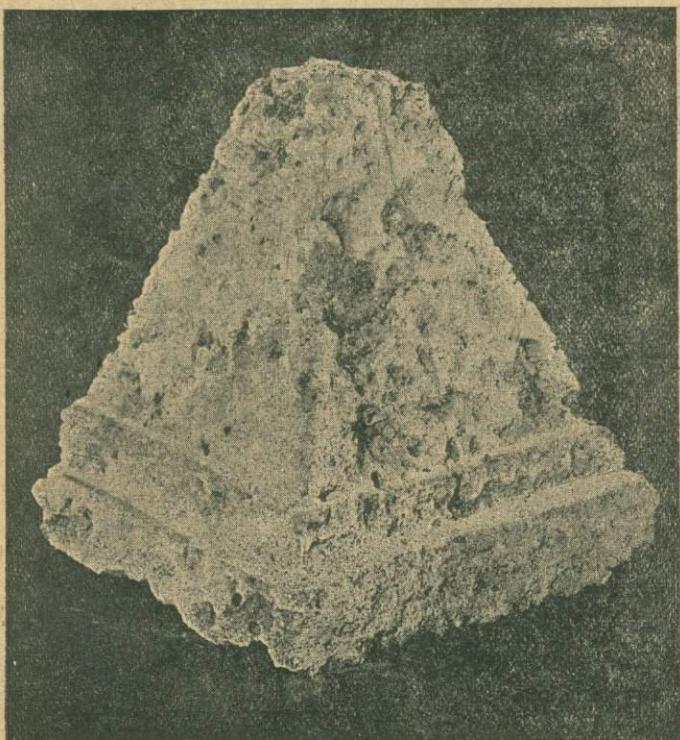
**Т у ф А р т и к с к и й**



**Т у ф А н и й с к и й**

**О б р а з ц ы к а м н е й**

---

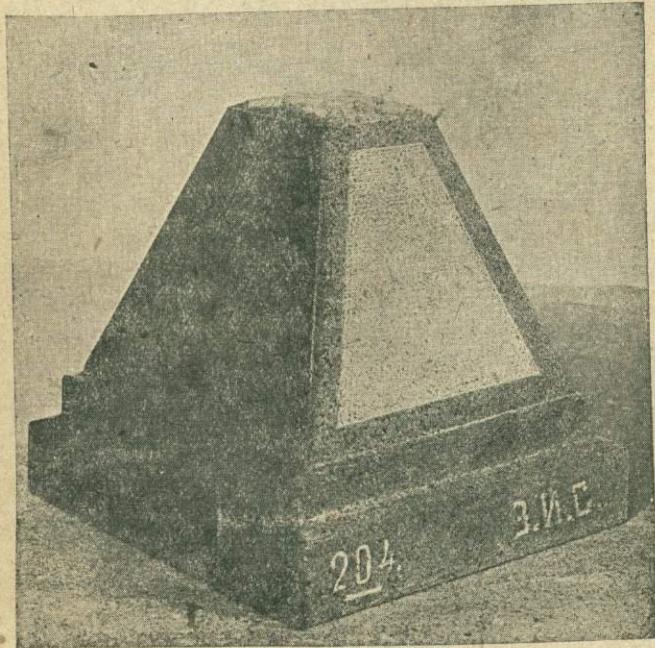


**Известковый туф. Юго-Осетия**

О б р а з ц ы к а м н е й



Песчаник из карьера близъ ст. Зестафони



Песчаник из карьера близъ гор. Ахалциха

**О б р а з ц ы к а м н е й**

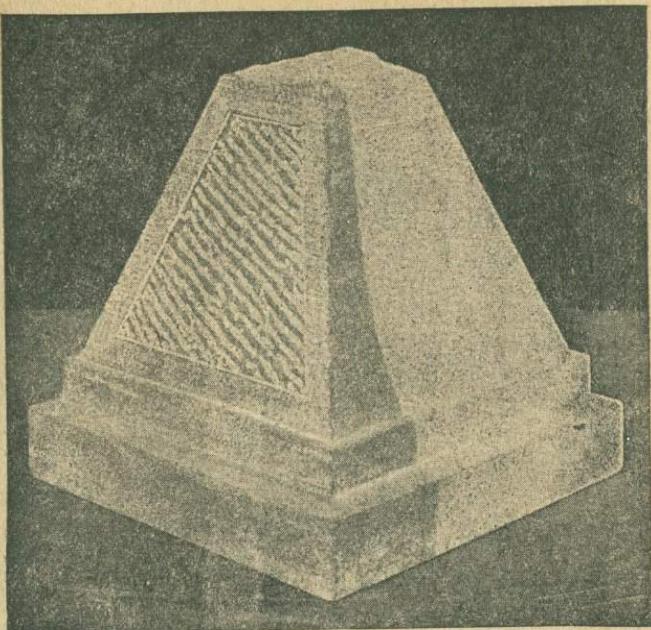
---



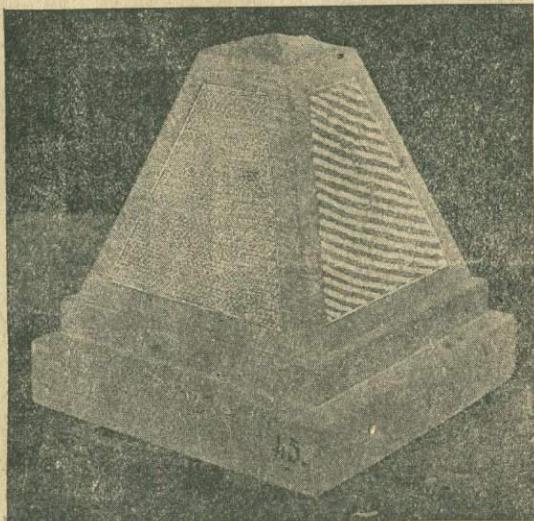
**Тешенит Курсебский**

**О б р а з ц ы к а м н е й**

---



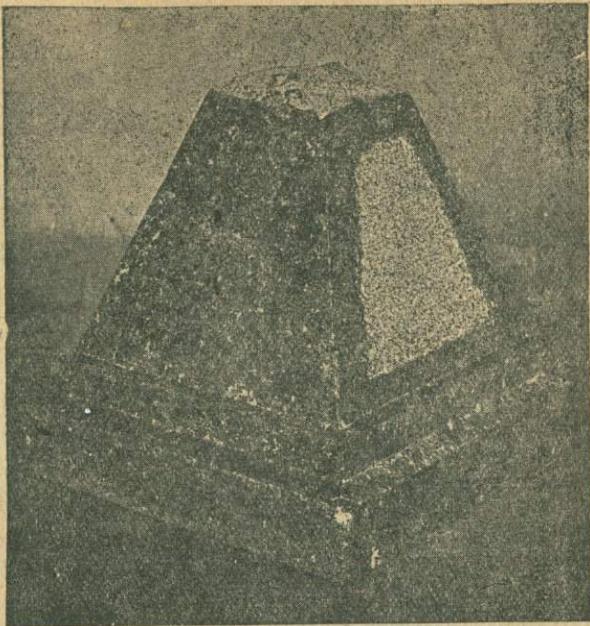
Песчаник из карьеров близь ст. Иора



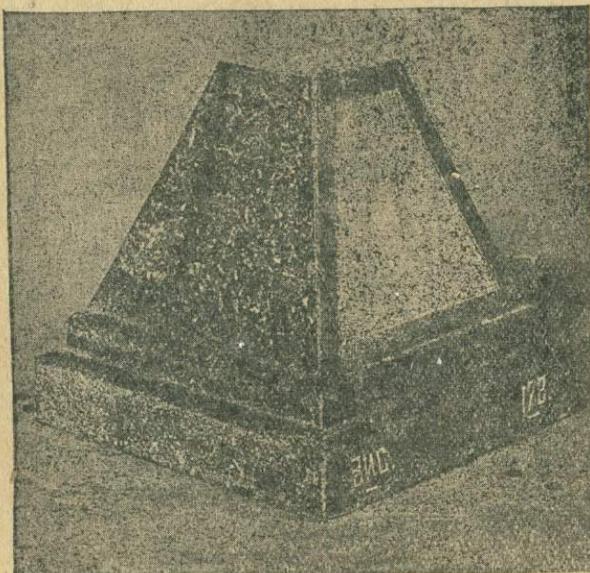
Песчаник из карьера в ущелье ручья Накуртхис-Геле

О б р а з ц ы к а м н е й

---



Г а б р о . Ю г о - О с е т и я



Диобаз из карьера близъ ст. Сталиниси (Хашуре)

## СИСТЕМА

Записи результатов лабораторных испытаний образцов естественных камней.

Фиксация данных лабораторных испытаний является существенным элементом всяких исследований.

Поэтому в порядке обмена опытом в этом отношении мы нашли полезным привести формы таблиц, по которым лаборатория ЗИС'а вела свои записи.

Формы особых пояснений не требуют и ясны из непосредственного рассмотрения таковых.

Приведены они для:

1)—Испытания на сжатие образцов в форме кубиков.

2)—Испытания на изгиб призм.

3)—Испытания на истирание на круге Бэмэ.

4)—Испытания в ящике мороза проф. Белелюбского для установления степени стойкости породы против воздействия атмосферных агентов.

5)—Испытания на восприятие влаги.

Также дан сводный реестр результатов испытаний для установления физико механических свойств данной породы.

Все таблицы преследуют цель дать такую форму записи, в которой фиксировались бы не только окончательные результаты, полученные на основании опытных данных, но также велась бы запись всех исходных цифр, полученных непосредственно из опыта, чем устраняется возможность искажения результатов последующими ошибками обработки.

Одним из основных факторов четкой работы и необходимым условием всякого планового проведения работы, является правильно поставленный учет работам.

Такой учет должен не только в последовательном порядке отмечать выполнение плана, но, главным образом, своевременно отмечать задержки в работе и их причины; для дачи указаний к их устранению.

В этом отношении приводимая карточка выполнения лабораторией заказа вполне себя оправдала. По ней в любой момент возможно установить состояние работы, также проследить ход ее выполнения.

Та же карточка фиксирует об'ем испытаний.

Сведения на лицевой стороне [карточки] заполняются руководителем группы строительных камней, обратная сторона заполняется заведующим лабораторией.

Карточка по выполнении заказа поступает в специальную картотеку, служащую для составления сводных отчетов по выполненным работам.

Последняя карточка сведений о карьере фиксирует данные о месторождении, полученные в результате рекогносцировки.

Более подробные данные о геологии месторождения не вошли в картотеку, так как геологические обследования (кроме ориентировочной рекогносцировки) не входят в круг вопросов, охватываемых деятельностью Закавказского Института Сооружений.

55(с 43)  
54  
552.54  
662.4

Начало испытаний: \_\_\_\_\_

Задание: \_\_\_\_\_

**Наименование породы:**

## **КАРТОЧКА №**

## Испытание на сжатие

Конец испытания:

### **Местонахождение породы:**

Карьер

Испытание производил и таблицу составил: \_\_\_\_\_

Проверил

Начало испытания: \_\_\_\_\_

Задание: .....

Наименование породы.....

## **КАРТОЧКА №** \_\_\_\_\_

## Испытания на изгиб

Конец испытания:

Местонахождение породы .....

Карьєр:.....

Испытание производил и таблицу составил.....

Проверил.....

Начало испытания:

Задание:

Наименование породы:

**КАРТОЧКА №****Испытания на истирание**

Конец испытания:

Местонахождение породы:

Карьер:

Порядковые №№ с начала года	№№ глыб	№№ образцов	Размеры ос- нования см.	Площадь $F=a \times b$ см. <sup>2</sup>	Высота см.	Об'ем см. <sup>3</sup>	Об'ем определенный погружением в воду см. <sup>3</sup>	Вес образцов в гр. в состоянии			Об'емный вес в состоянии			Средний об'емный вес в состоянии			Восприятие влаги в %	Среднее восприятие влаги в %	Длина пути при 1 испытании в м.	Число испытаний	Вес потяга в весе после очередного испытания в гр.				Полный снос в	Снос на 1 см. <sup>3</sup> в	Средний снос на 1 см. <sup>2</sup> в	Отноше- ние сноса образца к сносу эталона			
								a	b	Сухом	Насыщенном водою	Естественной влажности	Сухом	Насыщенном водою	Естественной влажности	Сухом	Насыщенном водою	Естественной влажности	По весу	По объему	По весу	По объему									

Испытание производил и таблицу составил

Проверил

Давление на обра-  
зец в гр.Ориентировка пло-  
скости износаОсобые условия  
испытания

## Начало испытания:

### Задание: .

**Наименование породы:**

## **КАРТОЧКА №**

## **Испытания на морозостойкость**

## Конец испытания:

### Местонахождение породы:

Карьер:.....

Дата перевешив. после оттаи- вания	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
№№ глыб и образцов																									

Испытание производил и таблицу составил:

Проверил:

5/47

# КАРТОЧКА №

## Испытания на восприятие влаги

Начало испытания:

Задание:

Наименование породы:

Конец испытания:

Местонахождение породы:

Карьер:

Порядковые №№ с начала года	№ образцов	Размеры основания см.		Площадь $F=a \times b$ см <sup>2</sup>	Высота см.	Об'ем см. <sup>3</sup>	Об'ем определенный погружением в воду см. <sup>3</sup>	Вес в гр. в состоянии	Об'емный вес в гр. в состоянии	Средний об'емный вес в гр. в состоянии	Восприятие влаги в %	Среднее восприятие влаги в %	Насыщение водой под давлением	Вес после очередн. взвешивания при высыпывании насыщении водой образца в гр.	Общий вес	При высыпивании	При насыщен. водой			
		a	b																	

Испытание производил и таблицу составил:

Проверил:

Начало испытаний

Конец испытаний:

Наименование породы:

Местонахождение породы:

Порядковый № с начала года		19 19		года года		КАРТОЧКА №		Задание:		
№№ образцов		размеры см.						Срок:		
	a	b						Основание:		
								Карьер:		
Площадь $F = a \times b$ в $\text{см}^2$										
Высота или длина см.										
Объем $V$ $a \times b \times h$ $\text{см}^3$										
Дефекты замечен. в образцах										
Род испытаний										
№№ карточек										
Начало испытаний										
Направление действующей силы										
Объем $V$ , $\text{см}^3$ опреде- ленный погружением в воду										
Сухом	Об'емный вес в состоянии		Средний об'емный вес в состоянии		Степень вос- приятия влаги в %/%		Временное сопротивл. на наскат. кг/см <sup>2</sup> в состоянии		Временное сопротивл. на изгиб кг/см <sup>2</sup> в состоянии	
	насыщенном водой		насыщенном водой		по весу		коэффициент разрушения от удара в состоянии		коэффициент вязкости в состоянии	
	естественный влажности		естественный влажности		по объему					

## Карточка выполнения заказов

З. И. С.

## Группа строительных камней

Год 19..

八

Заказ № ..... Заказчик ..... Основ. заказа № ..... Дата „.....”

Продолжительность работы ..... decad. Передано на испыт. лаборат. „.....”

Получено от лаборатории „...“ Составлено заключение „...“

Отметки об оплате ..... Дело № .....

Карьер ..... Месторожд. породы ..... Наимен. пород

## ПРОГРАММА ИСПЫТАНИЙ

**СРОКИ ВЫПОЛНЕНИЯ ОТДЕЛЬНЫХ РАБОТ**

Операции	Изготовл. образцов	Высушив. образцов	Насыще- ние	И С П Я Т А Н И Й									
				Сжатие		Изгиб		Удар		Вязкость		Истирание	
Нач.	Кон.	Нач.	Кон.	Сухой	Насыщ.	Сухой	Насыщ.	Сухой	Насыщ.	Сухой	Насыщ.	Сухой	Насыщ.
Вре- мя													
Карт. №													
Операции	Морозо- стойкость	Влагоем- кость	Водопро- ниаем.	Гигроско- пичность	Теплотпо- водность	Опр.	Получ.	Воздухо- прониц.	Химич. анализ	Определ. уд. веса	Петрограф. анализ	Истирание	
Вре- мя	Нач.	Кон.	Опр.	Получ.	Опр.	Получ.	Опр.	Получ.	Опр.	Получ.	Опр.	Сухой	
Карт. №													

Примечание:

Руковод. группы строит. камней

Ст. лаборант

5157

**З И С**  
группа строительных камней

Карьер №

Глыба №

Музейный образец №

Сводный реестр испытаний № за 193 г.

**Сведения о карьере**

Название породы  
и её характеристика:  
цвет, структура,  
состав, сцепление  
зерен, излом,  
включения, вкрапления,  
конкремции.

Когда и кем  
разрабатывался

Куда и для каких целей  
брался камень

Добыча:  
способы выломки, механизация

Добываемость  
и обрабатываемость

Позднейшие  
отметки

Примечания

Географическое  
положение месторождения, дороги,  
транспорт, ближайший населенный  
пункт,

## Геологическая характеристика месторождения

Выход		Следы дислокаций: отдельность кливаж, сбросы	
Залегание, элементы залегания		Выветривание: изменение цвета, трещиноватость, расслаивание	
Кровля и другие пласти; жилы		Водяной горизонт, водоносный пласт, источники.	
Запас месторождения		Геологическое строение месторождения (схемат. разрез).	

Сведения доставил:

Физико-механические свойства камня																			
Средний об'емный вес в состоянии			Удельный вес	Степень восприятия влаги в %		Временное сопротивление на скатие в кг/см <sup>2</sup> в сост.		Временное сопротивление на изгиб в кг/см <sup>2</sup> в сост.		Коэффициент разрушения от удара в состоянии		Коэффициент вязкости в состоянии	Отношение сноса образца к сносу эталона	Количество замораживаний выдержанного образцом	Врем. сопротивление на сжатие в кг/см <sup>2</sup> после замораживания	Пористость	Воздухопроницаемость	Теплопроводность	Водопроницаемость
сухом	насыщ. водой	естеств. влажн.		по весу	по об'ему	сухом	насыщ. водой	сухом	насыщ. водой	сухом	насыщ. водой								

Руководитель группы строительных камней:

Зав. геологическим отделом:

1513