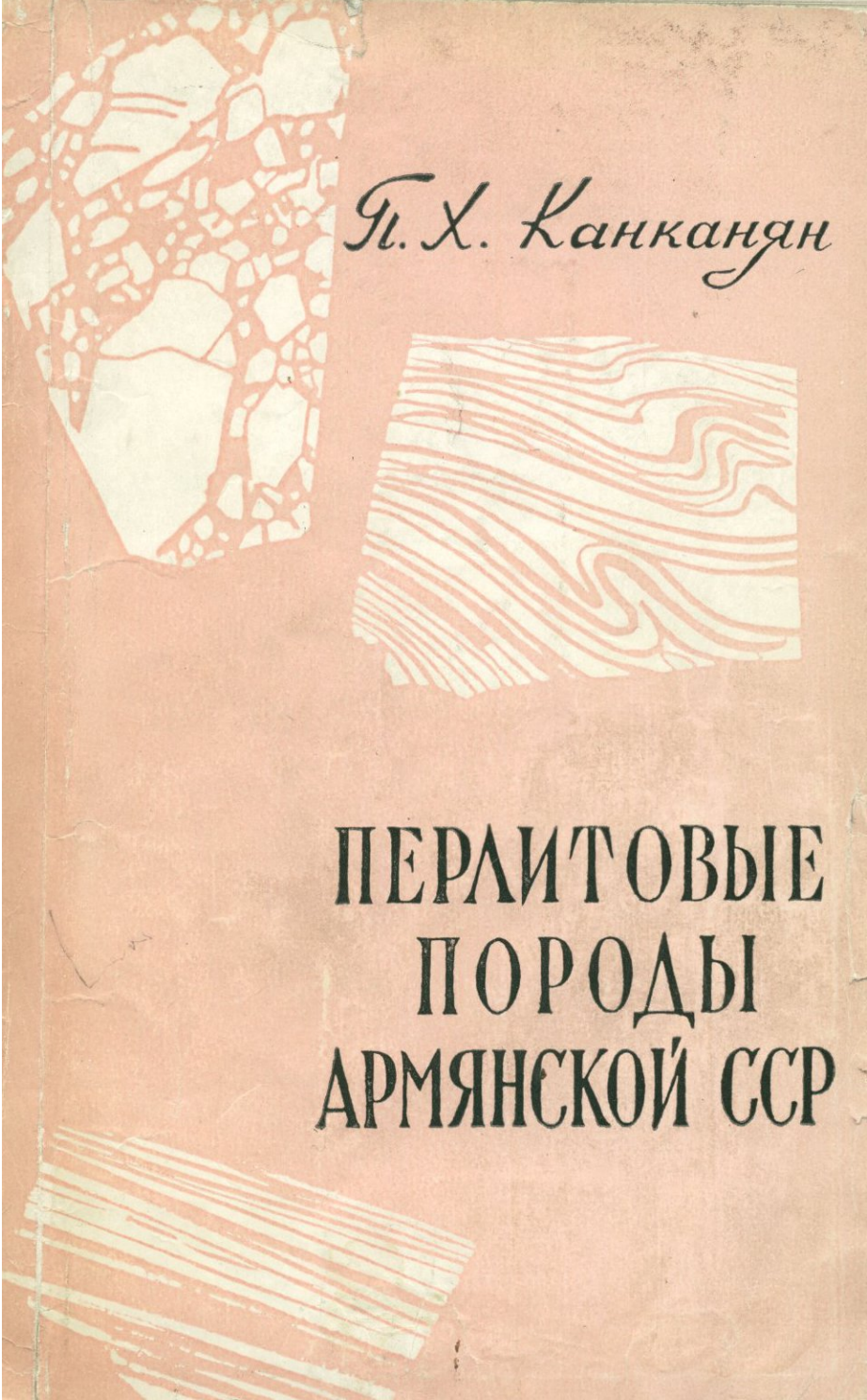




Г. Х. Канканян

**ПЕРЛИТОВЫЕ
ПОРОДЫ
АРМЯНСКОЙ ССР**

УПРАВЛЕНИЕ ГЕОЛОГИИ И ОХРАНЫ НЕДР
ПРИ СОВЕТЕ МИНИСТРОВ АРМ. ССР

АРМЯНСКОЕ ТЕРРИТОРИАЛЬНОЕ ПРАВЛЕНИЕ
НТО (ГОРНОЕ)

П. Х. КАНКАНЯН

18487
15363

ПЕРЛИТОВЫЕ ПОРОДЫ
АРМЯНСКОЙ ССР

„АЙАСТАН“
ЕРЕВАН 1965



Библиотека

института геологии

и АБС-ра

2/II 62 Я

ГЛАВА

ВВЕДЕНИЕ

„Огромные масштабы капитального строительства требуют быстрого развития и технического совершенствования строительной индустрии и промышленности строительных материалов до уровня, обеспечивающего потребности народного хозяйства, максимального сокращения сроков, снижения стоимости и улучшения качества строительства путем его последовательной индустриализации, быстреего завершения перехода на возведение полносборных зданий и сооружений по типовым проектам из крупноразмерных конструкций и элементов промышленного производства“.

Эти задачи, поставленные перед промышленностью строительных материалов и строительной индустрией, принятые XXII съездом в новой программе КПСС, налагают на геологов новые, весьма серьезные обязанности в деле обеспечения сырьевыми ресурсами предприятий промышленности строительных материалов.

Сущность индустриальных методов строительства заключается в том, что строительное производство превращается в поточный механизированный процесс сборки готовых к монтажу конструкций и деталей заводского изготовления. Именно этот метод ведет как к снижению стоимости и повышению качества основных элементов зданий и сооружений, так и к резкому

сокращению сроков строительства и снижению трудоемкости работ на стройках.

Старые строительные материалы, такие, как кирпич и бутовый камень, постепенно отступают на второй план, уступая место крупнопанельным конструкциям.

Повышается роль легких заполнителей в строительстве и, в первую очередь, роль вспученного перлита. Прекрасные строительные и теплоизоляционные свойства, легкость и дешевизна технологической обработки, высокая транспортабельность делают перлит весьма перспективным материалом, ценность которого увеличивается еще и тем, что вспученный перлит находит все более широкое применение во многих областях народного хозяйства.

Колоссальные потребности во вспученном перлите привели как к бурному развитию геологических поисково-разведочных работ с целью его выявления и изучения, так и к расширению его производства.

Отрадно отметить, что среди инициаторов в поисках и выявлении перлитовых месторождений в Советском Союзе почетное место принадлежит и армянским ученым, в частности А. Т. Асланяну и А. Т. Вегуни, последний детально изучил геологию и стратиграфическое положение пород типа перлита в Воротанском месторождении. Им же высказано предположение о связи их с новейшим вулканизмом.

Поисково-разведочные работы начались в Армянской ССР в 1955 г. и дали замечательные результаты. За истекший период были выявлены крупные скопления кислых стекол в Сисианском, Разданском, Абовянском и Талинском районах.

Дальнейшие лабораторные и полужаводские испытания установили их высокие качества.

Нижеприведенная таблица, заимствованная у

М. Б. Григоровича (23), является лучшим доказательством этого.

Таблица 1

Геологический возраст место- рождения	Местонахождение	Геологичес- кие запасы в км	Качество обож- женного перлита	
			коэф- фициент вспучи- вания	насып- ной об. вес в кг/м ³
Четвертичный* и третичный	Армянская ССР (Фонтанск. и др.)	сотни млн	7—16	68—120
	Азербайджанская ССР (Кечалдагск.)	десятки млн	2,6—17,2	100—290
	Грузинская ССР (Параванское)	— » —	2—17	150—290
	Украинская ССР (Пеликан и др.)	— » —	4—8	80—300
	Читинская обл. (Закультанск. и др.)	90 млн	2—3	—
Мезозойский	Бурятская АССР (Мухарталинск.)	млн	5—6	200—400
Палеозойский	Казахская ССР (Семейтаузск., Тургайское и др.)	единицы и десятки млн	2—6	200—700

По запасам разведанных месторождений Армянская республика занимает первое место в Советском Союзе. Ниже приводим таблицу запасов (далеко не всех) разведанных месторождений перлита, составленную тем же автором.

* Твердо установлен третичный возраст Фонтанского месторождения.

Таблица 2

Наименования месторождений	Запасы в млн. куб. м	Год утверждения
Арагацское—Армянская ССР	24,2	Утверждены ТКЗ, 1959 г.
Фонтан-Джраберское—Армянская ССР	26,4	Утверждены ТКЗ, 1960 г.
Кечалдагское—Азербайджанская ССР	4,5	Утверждены ТКЗ, 1960 г.
Пеликан и Затышня-Ардов—Украинская ССР	36,0	Утверждены ТКЗ, 1961 г.
Семейтаузское—Казахская ССР	1,3 15,0	Утверждены ТКЗ, 1960 г. Перспективные запасы
Тургайское—Казахская ССР	3—4	Заканчиваются геолого-разведочные работы
Даубабинское—Казахская ССР	10—20	Перспективные запасы
Архарлыкское—Казахская ССР	1,0	Утверждены ТКЗ, 1959 г.
Гашкесканское—Таджикская ССР	1,5	Утверждены ТКЗ, 1960 г.
Мухар-Талинское—Бурятская АССР	2,7	Утверждены ТКЗ 1960—1961 гг.
Начикинское—Камчатская область	2,5	Заканчиваются геолого-разведочные работы

Колоссальные запасы, прекрасные качества перлита и благоприятные горнотехнические условия эксплуатации дают основания предполагать, что Армянская ССР займет одно из ведущих мест по производству перлита в СССР, производство которого к 1975 г. составит более, чем несколько млн куб. м в год.

По мнению В. П. Петрова, Армянская ССР должна снабжать сырым вулканическим стеклом и перлитом весь центр Европейской части Союза, а для производства специальных материалов (удобрения, теплоизоляции и др.)—даже Сибирь и Урал.

Развитие производства вспученного перлита, потребовало предварительного всестороннего, тщательно-го изучения этой породы.

Для выполнения этой задачи был создан ряд научно-исследовательских учреждений, которые проделали большую плодотворную работу.

Накопилось большое число трудов как по результатам геологоразведочных работ, так и по лабораторным исследованиям.

Настоящая работа является первой попыткой обобщения большого материала, накопленного за последние десятилетия по результатам изучения обсидианов, перлитов и литоидных пемз Армянской ССР. В работе в сжатом виде приводится история исследований наших и, по мере возможности, зарубежных ученых по вопросам пемзообразования и вспучивания.

Приводится подробное геологическое описание промышленных месторождений. С наглядной иллюстрацией представлены их петрографические и структурно-текстурные особенности. Детально описываются петрохимические особенности. С вычислением числовых характеристик всех анализов как обсидианов, так и перлитов и литоидных пемз, а на основании последних — петрохимические диаграммы, построенные по методу А. Н. Заварицкого. По результатам химических анализов составлены таблицы колебаний отдельных окислов, а по ним — вариационные диаграммы.

В достаточном объеме приводятся данные по вспучиваемости обсидианов и перлитов всех разведанных месторождений Армянской ССР. На основании многочисленных экспериментальных данных составлена глава „Физико-механические свойства перлитов, литоидных пемз и обсидианов Армянской ССР“.

Особое внимание уделяется автором главе „Соображения о генезисе перлитов, обсидианов и литоидных пемз“. На основании накопленного фактического ма-

териала и многочисленных литературных данных с критическим анализом существующих взглядов, мы попытались создать свою концепцию по затронутым в этой главе вопросам. Насколько это удалось, судить предоставляем читателю.

В работе в очень сжатом объеме приводятся также данные по вопросам технологии вспучивания этих пород и по их применению.

Работой руководил доктор геолого-минералогических наук, профессор А. Т. Асланян, просмотрел кандидат геолого-минералогических наук А. Т. Вегуни.

Пользуясь случаем, автор выражает им свою глубокую признательность за просмотр и ценные советы.

ИСТОРИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

Изучением этих пород занимались издавна. Так, например, еще в 1840 г. Г. Абих (1) проводил опыты по получению искусственных пемз из обсидианов и определил потери в весе при пемзообразовании. Он нашел, что обсидианы с большим содержанием щелочей легко превращаются в пемзы благодаря низкой температуре их пемзообразования, а получившаяся пемза имеет кажущийся большой объем.

В конце XIX и в начале XX вв. изучением кислых стекол занимался А. Брен (10), который в своих опытах исходил из тех предположений, что газы, содержащиеся в магме, в наибольшем количестве захватываются стекловатыми породами. Образцы застывшего стекла, главным образом обсидиана, нагревались им до плавления в освобожденной от воздуха кварцевой трубке, а образовавшиеся при этом газы отсасывались ртутным насосом и собирались над ртутью для анализа.

А. Брен обнаружил, что при начинающемся плавлении наступает бурное, часто взрывоподобное образование газов, и обсидиан превращается в пенисто-по-

ристую пемзу. Наряду с другими газами, при высоких температурах были найдены свободные Cl_2 и HCl . Температура пемзообразования или взрыва, как указывает А. Брен, колебалась в пределах от 800 до 1100°C.

При этом состав газов был очень различен, как это видно из нижеследующей таблицы № 3.

В таблице указано количество газов в кубических сантиметрах и их объемный состав в процентах, образовавшихся из 1 кг породы при нагреве до температуры плавления (приведенные к нормальным условиям, давлению 760 мм ртутного столба и температуре 0°C). Сублимирующиеся летучие составные части даны в миллиграммах.

Исследуемыми породами были:

1. Обсидиан—San Andres—Мексика.
2. Обсидиан—Sawoi—Савоа—1906 г.
3. Обсидиан—Арагац—Армения.
4. Обсидиан—состава андезита с Кракатау (обр. высуш. при температуре 170°C).
5. Пехштейн—Gotterfelsen, около Мейссена, Саксония.
6. Лава—1906 г. Basco tre Case—Везувий.

Многочисленные исследования и, в особенности исследования Р. Чемберлена (38, 39), привели к следующим общим результатам: качественный состав газа у всех исследованных изверженных пород (глубинных и излившихся), а также и кристаллических сланцев один и тот же (такие же газы, как в последних, находятся в метеоритах и метеорном железе). Количественное содержание газа, напротив, зависит от геологического возраста и оно тем больше, чем старше порода. Так, например: это количество у новейших лав в каждом кубическом сантиметре составляет 0,6 см^3 , в третичных лавах—1,98 см^3 , в палеозойских и докембрийских изверженных породах—5,31 см^3 , в архейских породах—11,89 см^3 .

№№ обр.	Cl ₂	HCl	SO ₂	CO ₂	CO	CH ₄	H ₂	N ₂ и др.	Сумма	Содержа- ние газа	Хлориды
1	—	61,11	0,55	14,30	10,55	—	12,36	1,13	100,00	167	5,4 755
2	11,76	5,88	12,60	49,58	7,64	0,50	8,00	4,00	99,96	397	не определены
3	32,25	2,15	0,75	56,23	5,70	—	1,82	1,06	99,96	310	8 100
4	49,94	15,54	11,61	6,78	5,68	—	—	10,36	100,00	543	54 —
5	13,30	13,30	—	37,50	14,60	3,10	6,60	11,40	99,80	423	33 не определ.
6	—	6,55	12,00	73,79	сл	—	7,60	сл	99,94	374	20,4 5143

Несомненно, что некоторая часть этих газов захватывается изверженными породами из жидкой магмы. К этим первичным газам с течением времени прибавляются новые количества, происхождение которых, согласно Ф. Вольфу (52) и другим, следует искать в эманациях газа при распаде радиоактивных элементов. В какой форме находятся эти газы в голокристаллических изверженных породах, или как они связаны с последними, неизвестно.

Изучением вопросов пемзообразования занимались и у нас в Советском Союзе. Так, в лаборатории силикатных расплавов Петрографического института Академии наук СССР в 1930-х годах изучались некоторые физические свойства обсидианов Армении под руководством А. А. Леонтьевой (38, 39).

Образцы этих лав помещались в тигели и нагревались со скоростью 10° в минуту. Для каждого из них определялась температура, при которой весь материал превращался в пемзообразную массу. В нижеследующей таблице приводим эти данные.

Таблица 4

Место отбора образцов	Гора Мец Спитаксар	Озеро Севан	Вулкан Арагац	Озеро Севан	Село Фантан	Село Фонтан	Гора Арteni
Температура пемзообразования	1040	1050	1070	960	1070	1130	1060

Изучением вспученных образцов обсидиана было установлено, что при нагревании до 1000° показатели преломления их изменяются очень ничтожно, в пределах 4—5 единиц третьего знака. Во всех случаях наблюдалось уменьшение показателя преломления пемзы по сравнению с исходным обсидианом.

Полученные А. А. Леонтьевой (38) данные о роли щелочей и летучих компонентов в процессе пемзообразования согласуются с ранее полученными данными предыдущих исследователей. Эти данные подтверждаются также экспериментально работами Г. Гендкампмана и К. Энделля, цитированными Леонтьевой (39).

Последние, увеличив количество Na_2O в системе $\text{Na}_2\text{O}-\text{SiO}_2$ больше, чем на 50 молекулярных процентов, добились уменьшения вязкости до долей пуаза.

А. А. Леонтьева (39) приводит также данные японского исследователя С. Коцу, указавшего на существующую связь между содержанием в кислых стеклах магматической воды и температурой пемзообразования.

Так, например, пехштейн, содержащий воду в количестве до 8%, преобразовался в пемзу уже при температуре 700° ; обсидиан, содержащий воду до 0,5%, перешел в пемзообразное состояние при температуре 900° . Кавказские обсидианы, содержащие воды вдвое меньше, чем японские, превращались в пемзу при температуре 1200° . А. А. Леонтьева находит возможной и активную роль титана в процессе пемзообразования.

Увеличение содержания последнего понижает поверхностное натяжение высокотемпературных силикатных расплавов, увеличивая возможность удаления значительного количества летучих компонентов в процессе застывания.

Указанный автор, изучив два образца анийских обсидианов (красного и черного), доказывает активную роль титана при пемзообразовании.

Образец черного обсидиана, содержащего в большом количестве титан, обладал вязкостью, в 10 раз меньшей, чем образец красного обсидиана.

В 1941 г. П. П. Будников (11) рекомендовал использовать вспученные вулканические стекла в качестве заполнителя, однако война помешала ему осуществ-

вить свою идею. Его статья была весьма подробно прореферирована в американских изданиях. В том же 1941 г. американский инженер Ле Бойер начал эксплуатацию месторождений вулканических стекол на западе США.

После этого вспученный перлит, так назван был новый материал, начинает свое победное шествие по всему миру. Уже в начале пятидесятых годов перлит используется в США на миллионы долларов, а число заводов, производящих вспученный перлит, исчисляется многими десятками.

Интересны также данные М. П. Воларовича и В. П. Чепурина (19), полученные ими при изучении процессов пемзообразования. Ими установлено, что чем выше давление, тем больше температура пемзообразования. Из нижеприведенной таблицы ясно, что при давлении в 15 атмосфер пемзообразования не происходит и камчатский обсидиан плавится, сохраняя при обычном давлении способность после застывания и повторного нагрева до 980° —вздуться в пемзу.

Таблица 5

Результаты вспучивания камчатского обсидиана

Давление в атмосферах	Температура по Цельсию	Результаты вспучивания
1,0	870 - 900	Начало пемзообразования
1,0	930	Пемза
7,5	900	Свежее стекло
5,0	930	Свежее стекло
5,0	980	Пемза
10,0	980	Пемза
12,0	980	Начало пемзообразования
12,0	1100	Пемза
15,0	980	Свежее стекло
15,0	1100	Свежее стекло

Основным фактором, имеющим решающее значение при вспучивании кислых стекол, является наличие магматической воды, чем и объясняется тот интерес, который проявляется к изучению характера, количества и происхождения этой воды. В 1954 г. В. Келлер и Е. Пикет (34) при исследовании американских перлитов методом инфракрасной спектроскопии установили, что вода в перлитах находится в виде гидроксильных групп и в молекулярном состоянии.

В 1955 г., изучая строение вулканических стекол, С. Росс и Р. Смит (53) пришли к выводу, что H_2O содержится в перлите в виде первичной воды магматического происхождения и вторичной, слабо связанной воды более позднего происхождения.

В 1956 г., изучая роль воды в кристаллических веществах, Дж. Бернал (7) приходит к выводу, что „частным случаем цеолитов являются вулканические стекла, в которых, если они образуются под давлением, весьма значительное количество воды может содержаться в молекулярной форме, как это показывает образование естественной или искусственной пемзы, из стекловидного обсидиана вулканического происхождения“, т. е. он проводит аналогию между цеолитами и вулканическими стеклами, учитывая и то обстоятельство, что многие минералы из цеолитовой группы также способны вспучиваться.

В 1961 г. к аналогичным выводам о природе воды в перлитах пришла Н. Мануилова (42), анализируя изменения показателя преломления перлита в различных условиях.

Изучением обсидианов и перлитов многочисленных месторождений Советского Союза, в том числе и Советской Армении, занимался Всесоюзный научно-исследовательский проектный институт „Теплопроект“ (59—63). Здесь, начиная с 1957 г. и до 1960 г. включительно, под руководством С. П. Каменицкого и А. И.

Мерзляка всесторонне были изучены обсидианы и перлиты Армении.

В 1960 г. детальным изучением физико-механических свойств и механизма вспучивания обсидианов Арагацского и Акункского месторождений занимался Армянский научно-исследовательский институт строительных материалов и сооружений (АИСМ) под руководством А. Мирумьяна (43).

В 1961 г. М. А. Кашкай и А. Н. Мамедов снова выступили с оригинальной книгой „Перлиты и обсидианы“ (33), в которой обобщается весь материал по известным мировым месторождениям перлита и обсидиана. Здесь затрагиваются многочисленные вопросы, касающиеся кислых вулканических стекол, приводятся также результаты экспериментов самих авторов. На фоне этого материала авторы развивают свою концепцию образования обсидианов и перлитов.

В 1962 г. изучению условий, способствующих вспучиванию тонко измельченного перлита, и влиянию некоторых добавок на эффективность и стабильность вспучивания посвящена работа П. П. Будникова и других (12), в которой авторы приходят к выводу, что добавка легкоплавких (сравнительно с перлитами) стекол не эффективна. Добавка газообразователей или газообразующих смесей совместно со стеклом или без него снижает температуру максимального вспучивания и благоприятно влияет на этот процесс. Наиболее эффективное и стабильное вспучивание достигается добавками $2\% \text{ C} + 5\% \text{ O.C.}$ и $2\% \text{ C} + 10\% \text{ Fe}_2\text{O}_3$ при температуре 1100°C .

В настоящее время Научно-исследовательским институтом камня и силикатов Совнархоза Армянской ССР проводятся детальные исследования по изысканию методов переработки перлитов и обсидианов с целью дальнейшего изучения их вспучивания, разработки новых способов и методов получения изделий на их основе.

ГЛАВА II

МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПЕРЛИТА, ЛИТОИДНОЙ ПЕМЗЫ И ОБСИДИАНА АРМЯНСКОЙ ССР

Переходя к описанию месторождений, отметим, что результаты геологоразведочных работ последних лет установили закономерную связь промышленных скоплений кислых стекол с неогеновыми вулканогенными образованиями, что наглядно показано в приводимой в введении таблице зависимости качества и запасов от возраста.

Территория Армянской ССР в этом отношении наиболее перспективна, так как преобладающая часть ее сложена новейшими вулканическими породами. Крупные скопления вулканических пород типа перлита обнаружены в Сисианском, Разданском, Абовянском и Талинском районах. Все они приурочены к областям развития неогенового вулканизма. Стратиграфическое их положение, по данным А. Т. Вегуни, определяется либо верхним миоценом—нижним плиоценом при залегании в основании Вохчабердской толщи—в так называемой белесоватой толще, либо плиоценом при залегании над Вохчабердской толщей. Основная часть скоплений кислых стекол приурочена к образованиям плиоценового возраста.

При описании геологического строения месторождений основное внимание нами уделено наиболее круп-

ным и перспективным из них. Учитывая, что ряд месторождений приурочен к одной и той же залежи, считаем целесообразным дать описание геологического строения всей залежи в целом.

Мелкие, мало изученные месторождения, приводятся только на прилагаемой карте, без описания их геологического строения. В этом и нет необходимости, ибо они во многом сходны с крупными.

Приводимые месторождения названы по тем породам, к которым они приурочены, например: „Лусаванское месторождение литоидной пемзы“ или „Акункское месторождение обсидиана“, но это не исключает возможности наличия остальных переходных разновидностей на данном месторождении.

12887
153651
Отметим также, что поразительное петрографическое и структурно-текстурное сходство обсидианов, перлитов и литоидных пемз дало основание ввести главу „Петрографическое описание и структурно-текстуальные особенности обсидианов, перлитов и литоидных пемз Армянской ССР“.

В описании геологического строения мы не приводим также и результатов химических анализов проб обсидианов, перлитов и литоидных пемз, ибо о них более подробно говорится в главах „Вспучиваемость перлитов и обсидианов Армянской ССР“ и „Петрохимическая характеристика обсидианов, перлитов и литоидных пемз Армянской ССР“.

1. ЛУСАВАНСКОЕ, ФОНТАНСКОЕ, ФОНТАН-ДЖРАБЕРСКОЕ, ДЖРАБЕРСКОЕ И ДРУГИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ.

К северо-востоку от города Еревана, на расстоянии от 20 до 40 км, простираются плоскообразные покровы кислых лав: обсидианов, перлитов и литоидных пемз. Одна из этих залежей раскинута у подножья горы Атис, а другая—горы Гутан-сар. Площади этих за-

лежей исчисляются десятками и сотнями квадратных километров. С этими покровами связаны Лусаванское, Фонтанское, Фонтан-Джраберское, Джраберское, Гюмушское и ряд мало изученных, как Кянкянское, Елгованское и другие месторождения перлитов и литоидных пемз, а также Акункское месторождение обсидианов.

Геологическое строение этих участков, а тем самым и месторождений, приводимое на основании данных А. Т. Асланяна (2) и А. А. Габриеляна (20), аналогично, поэтому мы приводим их общую геологию.

Полный стратиграфический разрез имеется в ущелье р. Раздан, где наиболее древними породами, обнажающимися у села Нурнус, являются отложения сарматского яруса, которые, помимо естественных выходов, констатированы также в буровых скважинах под лавами у сел Мангюс, Гамрез, Маяковское, Аван, Чаткран, Фонтан, Авазан и у гор. Раздан.

Сарматские отложения во всей области развития отличаются большим или меньшим постоянством характера пород и флоры. Состоят они в главной массе из мергелевидных желтовато-зеленоватых и отчасти розовых пластичных глин и слабо сцементированных желтовато-серых кварцево-полевошпатовых песчаников, включающих прослой мактровых и гастроподовых ракушников, оолитовых известняков, горючих сланцев и гипса. Максимальная мощность толщи, приходящаяся на Канакерское и Егвардское плато, составляет около 800 м. Разрез сармата сравнительно детально изучен в ущелье р. Раздан, между городом Канакер и селом Нурнус.

Нижняя часть разреза представлена зеленовато-серыми глинами и включает ряд прослоев мелкозернистых песчаников, сахаровидного и прозрачного гипса и горючих пиробитуминозных сланцев. В этих отложениях встречены ракушечники с пресноводной гас-

фауной (*Melanopsis*, *Bythinia* и др.) прослой глины с пресноводными устрицами (*Anodonta argyriana* Bog.) и рыбными остатками. В этом же горизонте найдена *Mastra caspia* Eichw (из участка курорта Арзни).

Выше, в средней части разреза, залегает свита чередующихся зеленовато-серых глин и желтовато-серых кварцево-полевошпатовых песчаников, содержащая прослой белых и черных оолитовых известняков (несколько горизонтов) и ракушечников с *Mastra Bulgatica* Toula и *M. crassicolis* Sinz.

В верхах разреза залегает свита зеленоватых пластичных глин с прослоями песчаников, причем глины на отдельных горизонтах имеют кирпично-красную окраску и содержат богатую микрофауну: *Nanion soldanii* d'Orb., *N. subgranosus* Egger., *N. baucanus* d'Orb., *Elphidium noniformis* Gerke *Globogerina regularis* d'Orb и некоторые другие, доказывающие, как и конхилиофауна, верхнесарматский возраст вмещающих отложений.

По данным минералогических исследований, выполненных И. Г. Гаспарян, наиболее характерными минералами тяжелой фракции сарматских отложений являются авгит (до 50), обыкновенная роговая обманка (до 15—20%), базальтическая роговая обманка (до 5%), биотит и магнетит.

Кроме того, в глинах сармата значительное место занимает разложившееся вулканическое стекло, придающее породе облик бентонитовых глин с высокими абсорбционными свойствами.

Сарматские отложения Приереванского района содержат также обильную флору: *Zelcovia Ungerii* Ett., *Populus mutabilis* Heer., *P. balsamoides* Goepf. *Leucothoe protogaea* Schimp., *Liospylos brachycephala* Brogn., *Myrica perperita* Ung. и др.

Флора эта представляет смесь вечнозеленых и

листородных форм и имеет, по мнению И. В. Палибина, сарматский возраст, а по мнению В. В. Богачева — плиоценовый. Наличие характерной мактровой фауны решает вопрос в пользу первого предположения.

В отношении фаций и фауны описываемые отложения сармата обнаруживают большое сходство или, вернее, тождество, с таковыми Черноморско-Кавказско-Каспийской области, в частности, Рионской и Курийской низменностей и района Босфорского пролива. Наиболее типичными и общими формами фауны являются: *Mastra caspia*, *M. bulgarica* и *M. crassicollis*.

Сарматские отложения в осадочной своей фации отличаются повсеместно значительным смятием, вплоть до опрокидывания пластов (средняя часть ущелья р. Раздан), и образуют сравнительно узкие, осложненные многочисленными второстепенными складками, структуры с относительно пологими крыльями и сильно сжатыми ядрами.

Х На дислоцированных отложениях сармата залегают покровы долеритовых базальтов, относимых по возрасту к верхнему плиоцену (акчагыл-апшерон).

Долеритовые базальты являются нижним членом разреза толщи многочисленных новейших вулканических покровов, широко развитых к север-северо-востоку от Еревана и слагающие Котайкское и Егвардское плато. Лавы эти — типичные базальты, характеризующиеся долеритовой или полудолеритовой структурой.

По внешнему виду они очень разнообразны: сильно пористые разности их чередуются с плотными, почти черными разностями, нередко в одном и том же потоке они имеют светло-серую или розоватую окраску. Они разделены трещинами на глыбы разных величин и форм. Мощность их также сильно варьирует, в среднем она составляет 20—30 м, однако местами, в ложбинах древнего рельефа, достигает 200 м. В отличие

от новейших лавовых потоков и покровов, долеритовые базальты частично дислоцированы.

На покровах долеритовых базальтов возвышается экстррузивный щитовидный массив горы Атис (2541 м) и недалеко от него — конусообразная изолированная гора Гутан-сар.

Обе они сложены сильно скрученными, первично гофрированными, полосчатыми липаритами, липарито-дацитами, перлитами, обсидианами и литоидными пемзами, относимыми также к верхнему плиоцену (апшерону) и простирающимися на десятки километров. Разрез разновидностей кислых стекол в Гутан-сарской залежи, в ущелье р. Раздан, следующий: над долеритовыми базальтами залегают обсидианы разных цветов с полосчатой текстурой. Линзоподобные тела этих пород имеют в длину до 150 и более метров при мощности от долей метра до нескольких десятков метров.

Выше по разрезу обсидиановые тела без резких изменений переходят в липаритовые обсидианы — породы серого цвета с такой же полосчатой, местами даже слоистой текстурой.

Пластообразные, иногда линзообразные, тела этих пород простираются на многие километры при мощности 50—70 м.

Липаритовые обсидианы сверху снова переходят в аналогичные вышеописанные обсидианы.

Обсидианы сверху перекрываются пемзо-обсидиановыми брекчиями, состоящими из обломков литоидной пемзы, перлита и обсидиана, сцементированными туфогенным кластическим материалом темно-бурого цвета. Отдельные обломки достигают величины 5—7 м в длину и 1 метра в ширину, а иногда и более.

Пемзо-обсидиановые брекчии плащеобразно покрывают обсидиановые тела, занимая большую площадь со средней мощностью 20—30 м.

Выше залегают литоидные пемзы, замыкающие цикл извержений вышеописанных кислых пород с прослоями обсидианов в основании. Пемзо-обсидиано-

вые брекчии, имея очень неровную поверхность, изобилующую острыми выступами, местами наподобие конусов, врезаются в залежь литоидных пемз.

Не вызывает сомнения, что такая поверхность связана с эруптивной деятельностью породившего её вулкана.

Покровы литоидных пемз занимают большие площади протяженностью в десятки километров, при мощности от одного до десятков метров.

По данным Ф. Ю. Левинсон-Лессинга, Б. М. Куплетского, А. С. Гинзберга и А. Т. Асланяна (2) г. Атис представляет собой моногенный бескратерный экстрезивный вулкан и является аналогом моногенного вулкана Артени, находящегося на юго-западном склоне массива горы Арагац. Вершина же горы Гутан-сар представляет кальдеру взрыва, откуда в верхнечетвертичное время излились андезито-базальтовые лавы, лентообразно протягивающиеся отсюда вниз по ущелью р. Раздан, до развалин Урартской крепости Кармир-блур в Араратской долине.

Лавы эти представляют собой пироксеновые андезиты и андезито-базальты, в основном от темно-серого до черного цветов, пористые с глыбовой отдельностью, мощность их достигает на разведанной площади Лусаванского месторождения 20, а иногда и более метров; потоки этих лав местами покрывают залежь литоидных пемз.

Современные отложения представлены делювиально-элювиальными супесями, суглинками, белоземом, озерными отложениями, запрудными диатомитами и т. д. Средняя мощность их равна 2,0 м, доходя максимум до 15 м на Лусаванском месторождении.

Гидрогеологические и горнотехнические условия вышеупомянутых месторождений благоприятны и обусловлены отсутствием грунтовых вод, не обнаруженных разведочными выработками и скважинами, пройденными до глубины 150 м.

Горнотехнические условия также благоприятны, мощность вскрышных пород, представленных суглинками и супесями, небольшая, физико-механические свойства—кусковатость, отсутствие цемента—также положительные. Благоприятны форма, рельеф и мощность залежей, а также условия транспортировки полезного ископаемого.

Наиболее рациональный метод разведки месторождения—почвоуступный, с высотой уступа, равной 10 м.

Таблица 6

Запасы месторождений, расположенных на этой залежи, составляют:

Названия месторождений	Категории запасов			
	A	B	C ₁	C ₂
1. Лусаванское	1851931	8052451	15240562	—
2. Фонтанское	—	8453087	2113043	—
3. Фонтан-Джаберское	2978946	17073973	11472549	—
4. Джаберское	732294	3210217	4697548	—
5. Гюмушское	2715000	2580000	3296000	1633000
Всего:	8277877	39369728	36819702	1633000

Таким образом, запасы разведанных участков (месторождений) на Гутан-сарской залежи составляют по промышленным категориям $A+B+C_1$ 84467407 кбм. Перспективные запасы значительны.

II. ВОРОТАНСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ ПЕРЛИТОВ

Месторождение находится на территории Сисианского района Арм. ССР, в 13 км к северу от с. Базарчай и в 253 км от гор. Еревана.

Месторождение предварительно разведано в 1956 г. Разведка производилась, в основном, шурфами и охватила площадь более 36 га. В настоящее время месторождение не разрабатывается.

Геологическое строение Воротанского месторождения мало отличается от строения предыдущих. Здесь также присутствуют породы третичного и четвертичного возрастов, а также современные образования. Восходящий разрез района месторождения, по данным А. Т. Вегуни, следующий:

1. Средний эоцен—вулканогенные отложения мощностью до 500 м.
2. Верхний эоцен—(Кельбаджарская свита)—андезиты андезито-дациты и липариты фиолетово-розового цвета, мощностью 600 м.
3. Миоплиоцен —(сармат, понт)—андезиты и андезитодациты с крупными вкрапленниками санидина и других полевых шпатов, мощностью 400 м.
4. Верхний плиоцен—вулканогенная толща—липариты, обсидианы, перлиты, пемзы. Осадочная фация—озерные диатомиты, глины и диатомитовые глины мощностью 400 м.
5. Антропоген —вулканогенная фация—базальты, андезитобазальты. Осадочная фация—озерные пески, глины и аллювиальные образования.

Интрузивные образования района месторождения относятся к людетско-оверскому и приабон-олигоцен-овому возрасту.

Липариты, обсидианы, перлиты и литоидные пемзы (горы Гузгунлу) верхнего плиоцена чередуются следующим образом (по данным того же автора);

1. Литоидные пемзы и пемзы, к востоку фациально переходящие в липариты. Мощность 150 м.

2. Черные, редко темно-серые, обсидианы с гнездами и вкрапленниками перлита. Мощность 40 м.

3. Серые перлиты с мелкой шаровой скорлуповатой отдельностью. Мощность 40 м.

4. Серые плотные перлиты с мелкой шаровой скорлуповатой отдельностью, местами автобрекчии перлита и обсидиана на липаритовом цементе. Мощность 65 м.

5. Серые перлиты с линзами черных обсидианов. Мощность 70 м.

6. Рассланцованная серая вулканическая порода типа перлита со скорлуповатыми шарообразными выделениями перлита. Мощность 150 м.

Чередующиеся потоки кислых лав здесь образуют пологопадающие покровообразные, плащеобразные тела, которые от вершины Гузгунлу равным радиусом распространяются во все стороны, покрывая площадь, равную 8—10 кв км.

Гидрогеологические условия месторождения благоприятны, грунтовые воды на разведанной площади не встречены. Горнотехнические условия, наоборот, довольно тяжелые. Месторождение находится далеко от железнодорожных и шоссейных путей; климатические условия, из-за большой высоты местности, суровые. Совокупность указанных и ряд других причин дают основание считать Воротанское месторождение второстепенным.

Предварительно подсчитанные запасы по категориям С + $\frac{1}{2}$ составляют 6 млн. тонн. Перспективные запасы фактически неисчерпаемы.

III. АРАГАЦКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ ПЕРЛИТОВ

Арагацское месторождение перлитов расположено в 4—5 км к северу от железнодорожного полотна

ЗКВЖД, между станциями Артени и Арагац, и входит в Талинский район Арм. ССР.

Участок месторождения детально разведан в 1958 г., он является небольшой частью обширного перлитового покрова, занимающего здесь большую площадь. Месторождение в данное время разрабатывается в качестве сырья для получения вспученного перлита. Добытое сырье, в основном, вывозится за пределы республики.

В геологическом строении района месторождения принимают участие породы третичного и четвертичного возрастов и современные образования. Восходящий разрез этих пород следующий:

1. Верхний плиоцен — представлен в основном долеритовыми базальтами, которые кверху сменяются андезито-базальтами, андезитами, андезито-дацитами, дацитами, липарито-дацитами, липаритами, обсидианами и перлитами.
- 2 Постплиоцен — представлен различными лавовыми покровами, в основном андезито-базальтового состава, туфами как пирокластическими, так и арктическими, туфобрекчиями и туфоконгломератами.
3. Современные образования — представлены делювиально-элювиальными, пролювиальными, в основном коллювиальными отложениями.

Перлиги образуют здесь довольно обширные покровообразные залежи. Длина их доходит до 10 и более км при 4—5 км в ширину; большей частью они

полого падают на восток и юго-восток. Мощность перлитовой залежи колеблется от нескольких метров до 70 м и более. На разведанной площади (по данным пробуренной здесь скважины) видимая мощность достигает 50 м; скважина в них остановлена.

Вещественный состав перлитов Арагацкого месторождения мало отличается от аналогичных пород других месторождений. В их минералогический состав входит в основном бесцветное, аморфное вулканическое стекло с обильными кристаллитами. В общей массе встречаются единичные микролиты плагиоклазов. Структура перлитов, как правило, витрофировая; текстура—перлитовая.

Гидрогеологические и горнотехнические условия месторождения благоприятны. Грунтовые воды разведочными выработками не встречены. Транспортные условия очень хорошие.

Подсчитанные запасы перлитов по данным разведки 1958 г. составляют: по категории А—1259431 *кбм* или 2392919 тонн, по категории В—12811228 *кбм* или 24341334 тонн, по категории С₁—10070111 *кбм* или 19133211 тонн, всего $A+B+C_1=24140771$ *кбм* или 45867465 тонн. Перспективные запасы фактически неисчерпаемы.

К северо-восточной оконечности Арагацкого месторождения перлитов примыкает Артегинское месторождение перлитовых песков. Своеобразное в своем роде, это месторождение, пока единственное в Армянской ССР, представлено, в основном, песчанистыми фракциями и не отличается в геологическом строении от предыдущего. По данным Р. Е. Богданяна запасы песков этого месторождения практически неисчерпаемы, горнотехнические условия благоприятны, качество их хорошее и определяется следующими показателями: химический состав—

Окислы	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	MgO	MnO	Na ₂ O	K ₂ O	Влага	П.п.п.
От	70,05	12,13	0,56	сл	сл	0,14	3,60	4,50	0,30	1,74
До	73,31	14,45	0,96				3,93	4,80	0,30	4,30

Гранулометрический состав (в естественном состоянии): фракция размерами более 10 мм и до 5 мм=24,64%; фракция размерами от 0,1 мм до 0,05 мм=3%; глинистые частицы в этих песках отсутствуют. Объемный насыпной их вес составляет 1140 кг/м³, удельный вес, в среднем—2,22 г/см³.

Объемные веса этих песков по фракциям до и после их вспучивания:

Размеры фракций в мм	Объемные веса перлит. песков в сыром сост.	Объемные веса пер- лит. песков после их вспуч.	Коэффици- ент вспу- чивания
Фракция от 0,1—3	1040 (насыпной)	0,250	4,2
Фракция от 3—10	1920 (в куске)	0,430	4,5
Фракция от 10—15	1920 (в куске)	0,370	5,2

Разведка и изучение этих песков продолжаются.

IV. АРТЕНИНСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ ОБСИДИАНОВ

Месторождение находится в 4—7 км к северу от железнодорожной ст. Арагац ЗКВЖД, в Талинском районе Арм. ССР. Месторождение детально разведано в 1959 г. Оно занимает площадь более 7 га; максимальная глубина разведочных выработок 50 м. В настоящее время месторождение не разрабатывается.

В геологическом строении района месторождения принимают участие породы третичного и четвертичного возрастов, а также современные образования.

Породы третичного возраста представлены долеритовыми базальтами, андезито-базальтами, андезито-дацитами и чередующимися потоками кислых лав типа липаритов, перлитов-обсидианов, имеющих широкое распространение в районах вершин Большого и Малого Артени и у сел Арег и Сабунчи.

Образования четвертичного периода представлены лавовыми покровами андезито-базальтового состава, пирокластическими туфами еревано-ленинканского типа и туфолавами арктического типа. К новейшим современным образованиям относятся аллюво-дельта-элювиальные отложения и колоссальные россыпи — коллювиальные образования, в основном, андезито-базальтового состава.

Обсидианы, приуроченные к верхам вулканогенной толщи верхнего плиоцена, представлены пологопадающими линзоподобными, пластоподобными телами, параметрами до 200 м в длину, до 100—150 м в ширину и более чем 50 м по мощности. Как и всюду, здесь обсидианы представляют собой стекловатую породу черно-смоляного, светло-коричневого, ^и красного, серого и других цветов. Блеск на свежем разломе, как обычно, стеклянный — ^{як}рогоvistый.

Под микроскопом порода состоит из кислого бесцветного аморфного стекла с большим количеством кристаллитов, сконцентрированных в тонкослоистых агрегатах. В зависимости от густоты кристаллитов образуются темные и светлые полосы; редко встречаются неориентированные, беспорядочно разбросанные в общей массе стекла, отдельные кристаллиты.

Гидрогеологические и горнотехнические условия эксплуатации месторождения благоприятны и обуславливаются отсутствием грунтовых вод, положительным

топо-рельефом, небольшой мощностью вскрышных пород, близостью к железнодорожной линии, обеспеченностью электроэнергией и т. д.

Запасы обсидианов Артегинского месторождения подсчитаны по категории А и составляют 10761160 *кбм* или 25397370 тонн.

Запасы месторождения при необходимости могут быть увеличены за счет участков, расположенных западнее и северо-восточнее разведанного участка.

V. АКУНКСКОЕ (БАШГЮХСКОЕ) МЕСТОРОЖДЕНИЕ ОБСИДИАНОВ

Месторождение расположено на южном склоне горы Атис, в Абовянском районе Армянской ССР, в 15—18 *км* к северо-востоку от г. Еревана и связано с Атисской залежью кислых стекол площадью в десятки квадратных километров. Оно изучено слабо (только поисковыми шурфами и канавами) и в настоящее время не разрабатывается.

В геологическом строении района месторождения (аналогично Лусаванскому) принимают участие породы третичного и четвертичного возрастов и современные образования. Снизу вверх они представлены свитой глин, мергелей, песков, песчаников, горючих сланцев и ракушечников, а также вулканогенно-обломочными породами верхнего миоцена. Породы верхнего миоцена имеют большое распространение в районе среднего течения р. Раздан и в Приереванском районе.

На дислоцированных отложениях верхнего миоцена залегают долеритовые базальты, а затем кислые лавы верхнего плиоцена, представленные чередующимися потоками липаритов, обсидиана и перлитов; последние хорошо обнажаются в районе горы Атис.

Четвертичные образования, в отличие от Лусаванского месторождения, здесь представлены пирок-

кластическими туфами, травертинами, озерными отложениями, лавовыми покровами андезито-базальтового и базальтового составов. Породы эти обнажаются в окрестностях горы Атис, в ущелье р. Раздан, у гор. Раздан и у сел. Арзни, Элар, Зар.

Современные образования выражены аллювиально-пролювиальными, делювиальными, элювиальными и коллювиальными отложениями, развитыми в долинах рек, на подножьях склонов и на высоких равнинах гор и т. д.

Обсидиановые тела Акунского месторождения падают на север и на северо-восток под углом $16-55^\circ$. Формы этих тел напоминают пласты, заключенные между липаритами—снизу и перлитами—сверху; простираются они на довольно большой площади и имеют большую мощность, достигающую 100 м.

Обсидианы Акунского месторождения, как по своему минералогическому, так и по химическому составу мало отличаются от таковых Артегинского месторождения. Основная масса обсидианов здесь также состоит из бесцветного, кислого, аморфного вулканического стекла, содержащего большое количество кристаллитов, лонгулитов и белонитов; встречаются и микролиты плагиоклазов. Густотой и ориентировкой кристаллитов обусловлена и флюидальная—полосчатая текстура.

Гидрогеологические условия месторождения благоприятны. Разведочными работами грунтовых вод на участке месторождения не встречено; миниатюрный родничок имеется у Акунской церкви, он выходит из контакта обсидианов с липаритами.

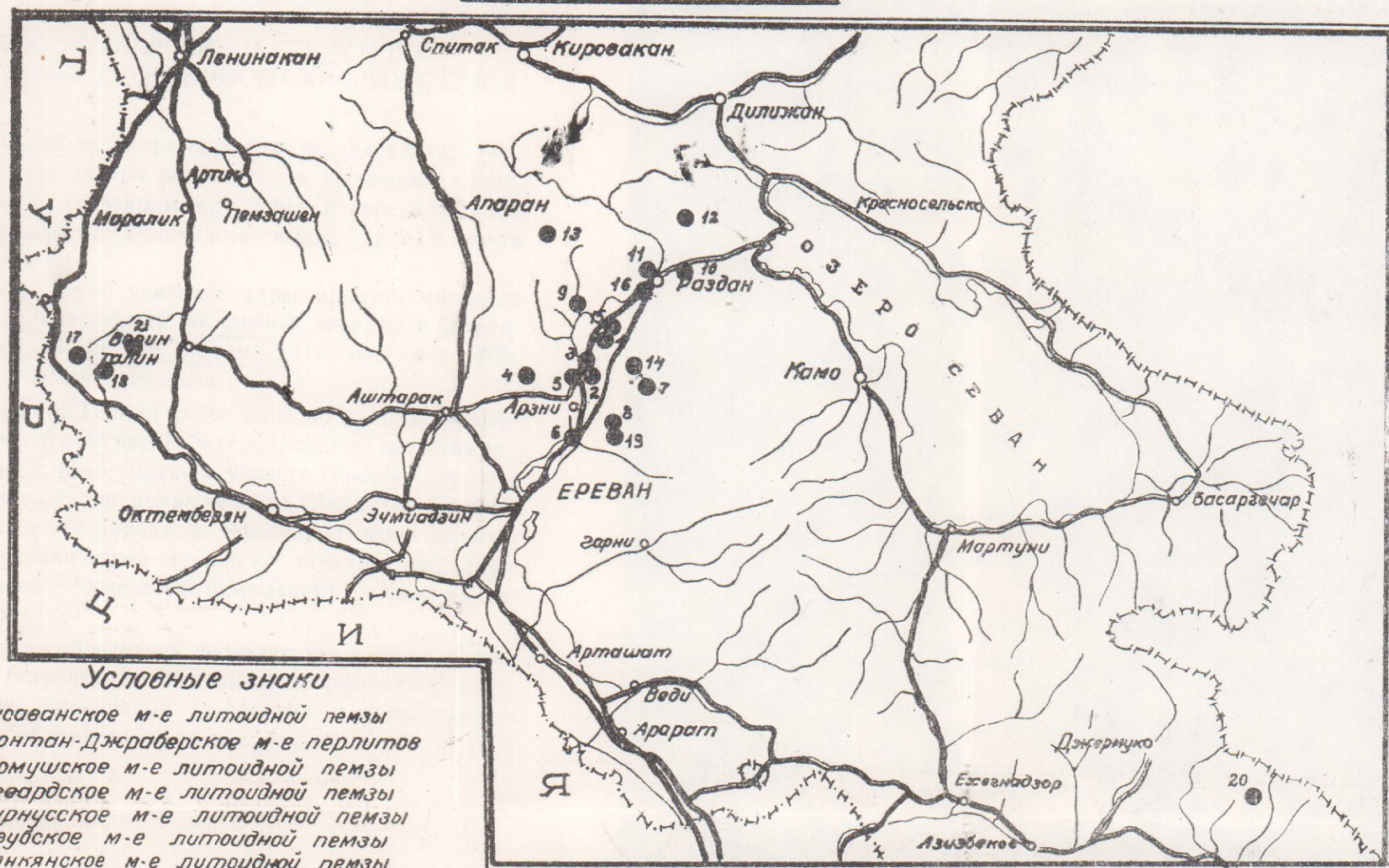
Горнотехнические условия сложные, что обусловлено очень большой мощностью вскрышных пород (учитывая залежь вышележащих перлитов); отсутствуют хорошие асфальтированные дороги, железная дорога

находится на расстоянии 10—15 км от месторождения. Комплексная эксплуатация обсидианов с перлитами значительно облегчит горнотехнические условия и упростит способ разработки месторождения.

Запасы обсидианов Акунского месторождения подсчитаны приблизительно и составляют около 10530000 *кбм* или 24745500 тонн. Перспективы месторождения в отношении увеличения запасов практически неисчерпаемы.

РАСПОЛОЖЕНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЛИТОИДНОЙ ПЕМЗЫ, ПЕРЛИТА И ОБСИДИАНА НА ТЕРРИТОРИИ АРМЯНСКОЙ ССР

Масштаб 1:1000000
0 10 20 30 40 50 км.



Условные знаки

1. ● Лусаванское м-е литоидной пемзы
2. ● Фонтан-Джраберское м-е перлитов
3. ● Гюмушское м-е литоидной пемзы
4. ● Егвардское м-е литоидной пемзы
5. ● Нурнусское м-е литоидной пемзы
6. ● Маубское м-е литоидной пемзы
7. ● Кянкянское м-е литоидной пемзы
8. ● Елаванское м-е литоидной пемзы
9. ● Арзакендское м-е литоидной пемзы
10. ● Верх. Ахтинское м-е литоидной пемзы
11. ● Ахпаринское м-е литоидной пемзы
12. ● Дамашенское м-е литоидной пемзы
13. ● Цахкадзор-Макраванское м-е лит. пемзы
14. ● Тезжарабское м-е литоидной пемзы
15. ● Фонтанское м-е литоидной пемзы
16. ● Казсинское м-е литоидной пемзы
17. ● Артекинское м-е обсидианов
18. ● Арагацское м-е перлитов
19. ● Акункское м-е обсидианов
20. ● Воротанское м-е перлитов
21. ● Арташатаинское м-е перлитовых песков

ГЛАВА III

ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЕ И СТРУКТУРНО-ТЕКСТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ КИСЛЫХ СТЕКОЛ

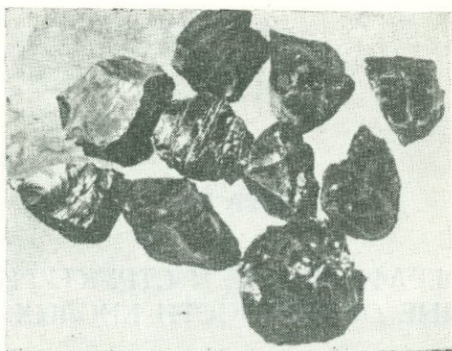
Исходя из петрографических исследований, указанные породы можно разделить на несколько групп, которые тесно связаны между собой и переходят, как уже неоднократно отмечалось выше, друг в друга очень незаметно.

Из этих групп наиболее характерными, являются обсидианы, липаритовые обсидианы, перлиты и перлитовые или литоидные пемзы. На описании этих групп мы и останавливаемся.

Обсидиан. Термин „обсидиан“ по данным некоторых исследователей введен в терминологию геологии Беданом, а по словам римского ученого Плиния Старшего это название дано по имени некоего Obsidius-a, который якобы нашел эту породу в Эфиопии. Порода эта—типичное вулканическое стекло со стекловатым, реже перламутровым (вследствие ирризации) блеском на свежем изломе.

Текстура обсидианов флюидальная и очень разнообразная. Встречаются обсидианы аморфнооднородные, полосчатые, брекчиевые (с резкими и оплавленными контурами обломков), слоистые, пористые и т. д. (См. фиг. 1—8).

Обсидианы бывают разных цветов: черного, серого, красного, коричневого, со всевозможными оттен-



Фиг. 1

[Образцы разноцветных обсидианов.

($\frac{1}{15}$ натуральной величины)

Акунское месторождение.



Фиг. 2

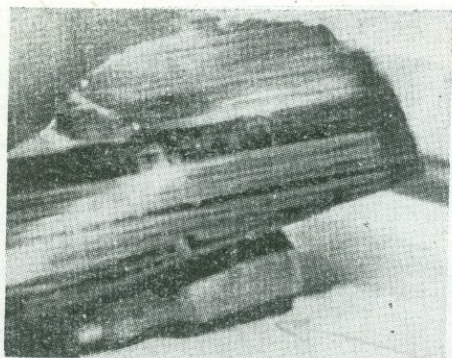
Переслаивание обсидиана с перлитом.

($\frac{1}{5}$ натуральной величины)

Акунское месторождение.

ками. (См. фиг. 1). Поверхность излома (свежего) имеет сфероидально-раковистый облик. Бывают они плоско-раковистые и гладкие. При плоско-раковистом и гладком изломах куски обладают острыми ребрами, которые, наподобие острого ножа, способны резать.

Эта способность обсидиана была использована человеком палеолита, неолита и даже бронзового века, что подтверждается находками обсидиановых ножей, наконечников стрел и т. д. при археологических раскопках на территории Армении и примыкающих соседних республик.



Фиг. 3

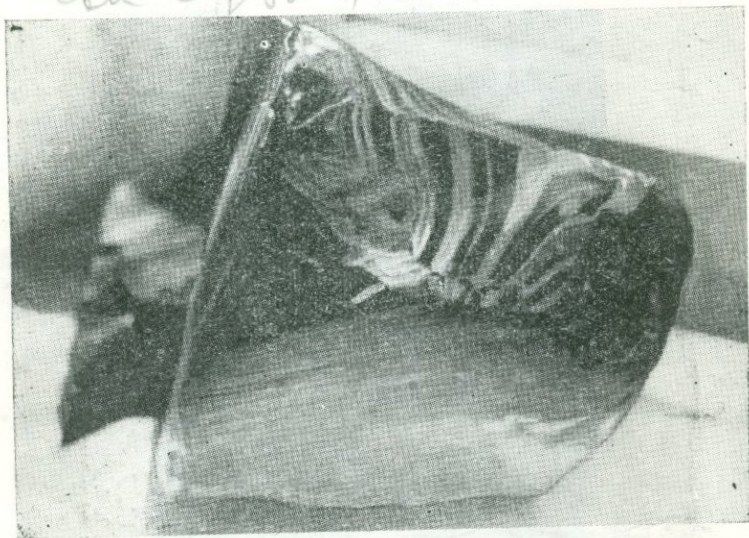
Обсидиан с венарушевной полосчатостью
($1/2$ натуральной величины)
Лусаванское месторождение.

Под микроскопом обсидианы обнаруживают большей частью витрофировую структуру с содержанием большого количества кристаллитов. Основная масса породы представлена кислым, бесцветным, аморфным вулканическим стеклом с многочисленными кристаллитами (см. фиг. № 9—10).

Кристаллиты при большом увеличении (480х) об-

наруживают форму лонгулитов и белонитов (см. фиг. № 10). В общей стекловатой массе встречаются также микролиты полевого шпата и биотита. В породе иногда наблюдаются мелкие поры диаметром более 0,1 мм и газовые пузырьки, которые ориентированы по направлению течения лавового потока.

Формы обсидиановых тел большей частью линзо-подобные, длиной до 100—150 и более метров, пластовые—характеризуются значительно большей длиной, встречаются и более тонкие прослойки, переслаивающиеся с перлитами (см. фиг. 2).



Фиг. 4

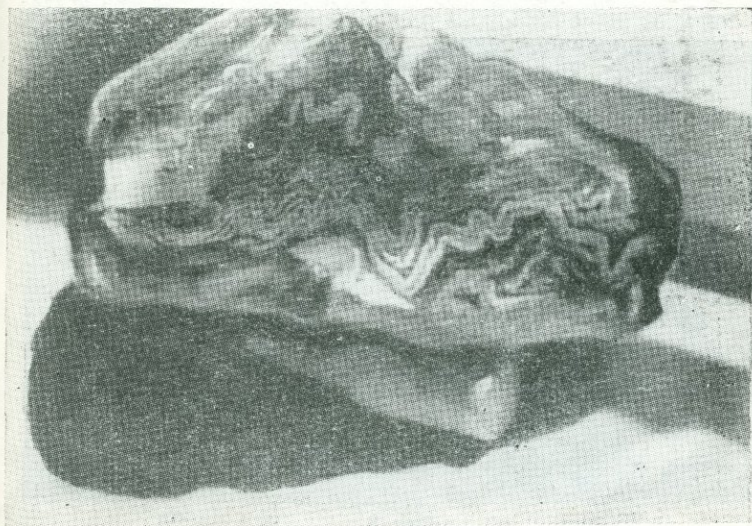
Обсидиановая брекчия с разноцветно-слоистыми обломками (1/2 натуральной величины). Лусаванское месторождение.

Мощность линз и пластов колеблется от долей метра до десятков метров, а прослоек—от миллиметра до сантиметра и более.



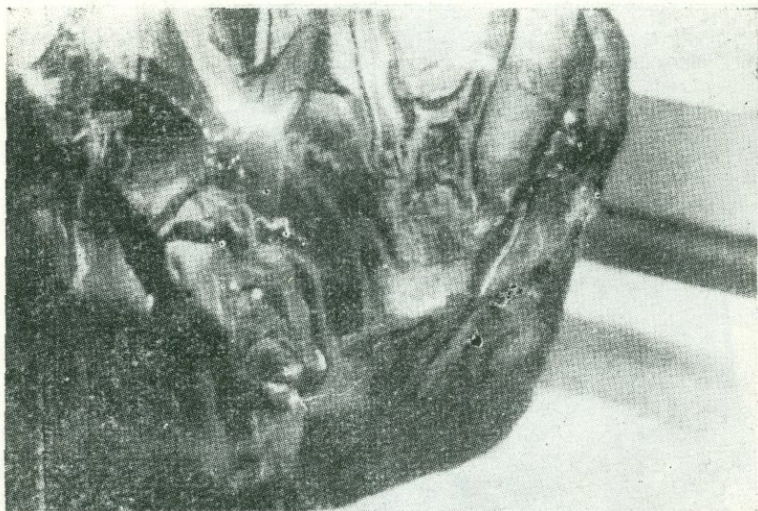
Фиг. 5.

Обсидиан с нарушенной полосчатостью ($1/2$ натуральной величины). Лусаванское месторождение.



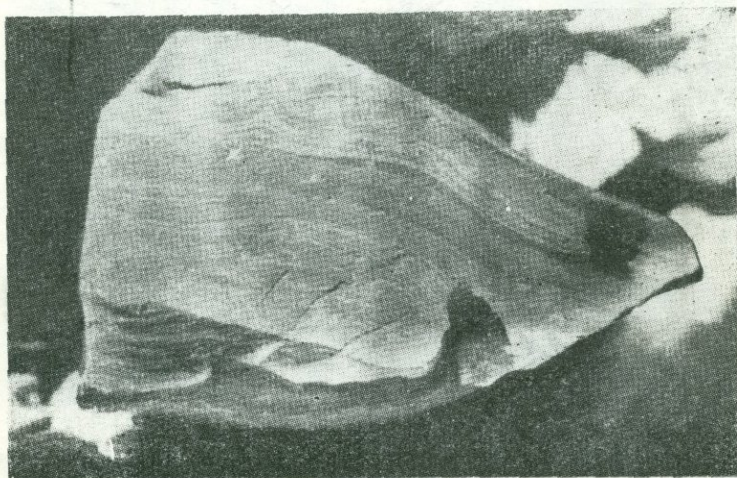
Фиг. 6

Обсидиан с нарушенной „гофрированной“ полосчатостью ($1/2$ натуральной величины). Лусаванское месторождение.



Фиг. 7

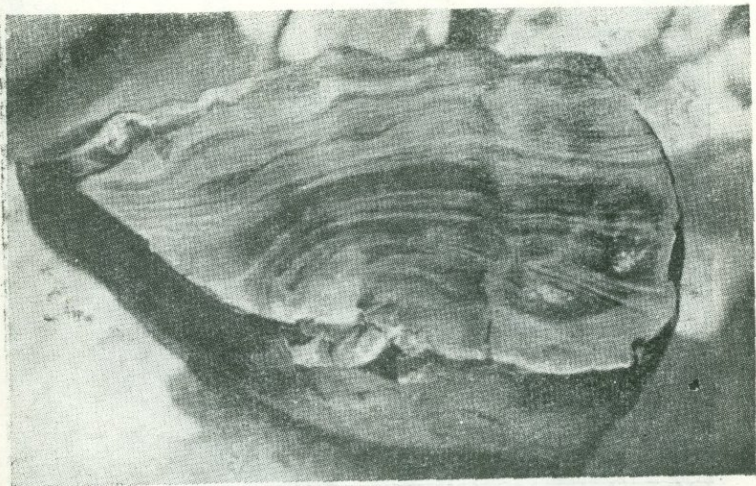
Обсидиан с нарушенной полосчатостью (полоски с, авнительно толстые) ($1/2$ натуральной величины). Лусаванское месторождение.



Фиг. 8

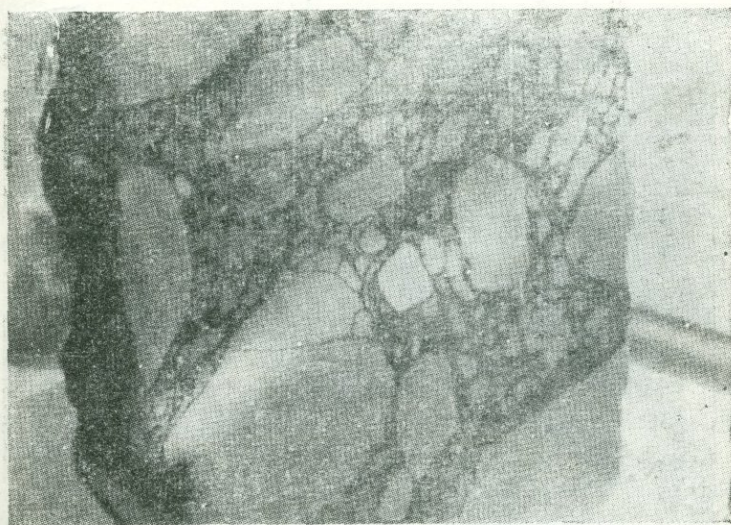
Образец тонкослоистого обсидиана с отодвинутыми частями прослойка, ($1/2$ натуральной величины) Гюмушское месторождение.

Эти образцы?



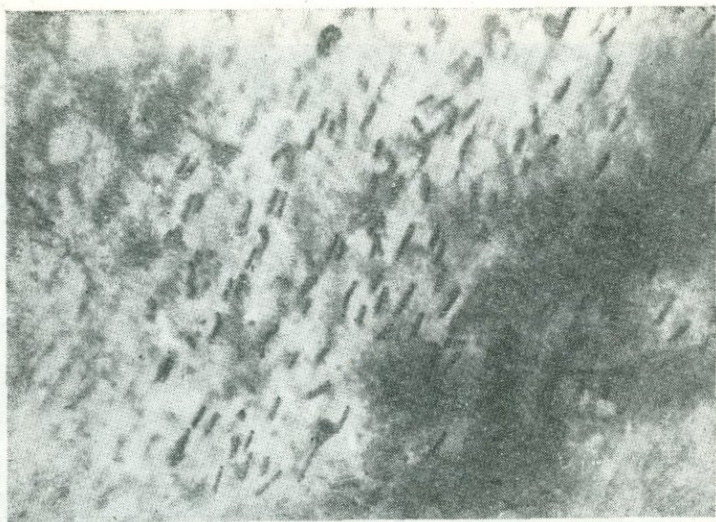
Фиг. 9

Тонкослоистый обсидиан с отодвинутыми частями
гроздька. ($1/2$ натуральной величины) Гюмушское месторождение.



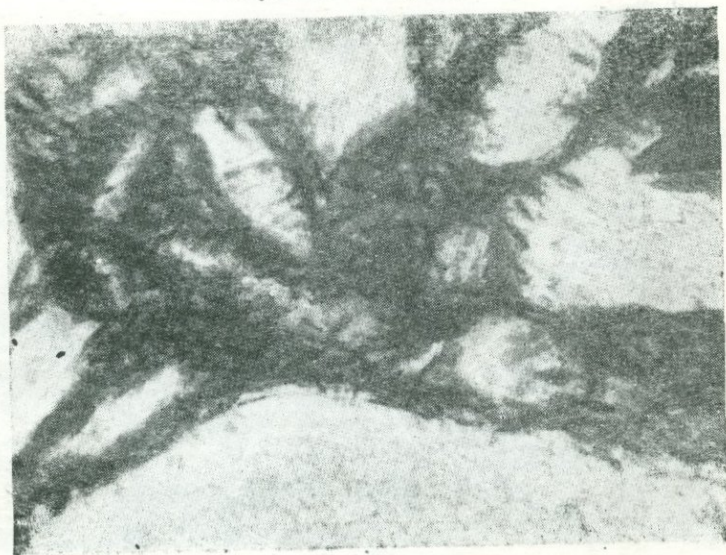
Фиг. 10

Обсидиановая брекчия, ($1/2$ натуральной величины).
Лусаванское месторождение.



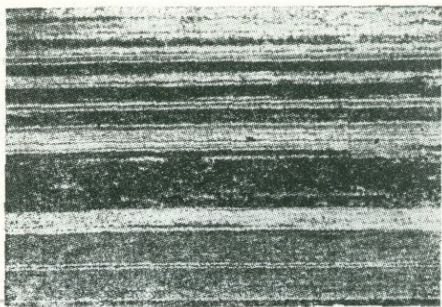
Фиг. 11

Обсидиан черный. Лонгулиты и белониты ориентированные в направлении течения лавы. Ув. 480х без анализатора. Гюмусское месторождение.



Фиг. 12.

Брекчия обсидиановая. Структура брекчиевая. Обломки обсидиана с резко выраженными контурами. Ув. 30х, без анализатора. Гюмусское месторождение.



Фиг. 13

Обсидиан черный. Структура витрофировая с кристаллитовой структурой основной массы. Текстура тонколенточная, флюидальная. Ув. 30х без анализатора. Гюмушское месторождение.

Липаритовые обсидианы. Породы эти имеют тонкопористую стекловатую структуру с ясно выраженной флюидальной текстурой (см. фиг. 14—15).

Порода имеет серый цвет, на котором выделяются более темные или бледные прослои. По сравнению с кислыми породами остальных групп, липаритовые обсидианы более прочны и тверды. Отметим, что они лишены магматической воды, а также характерного для стекла блеска.

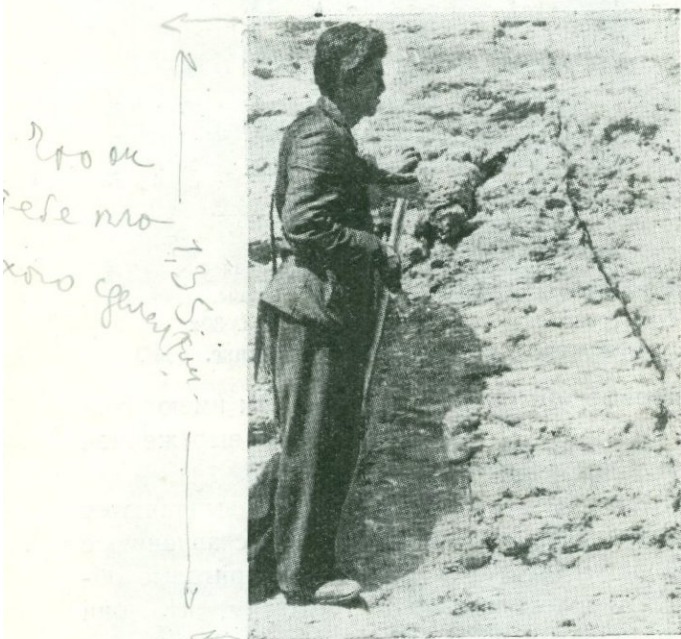
Микроскопическое описание их следующее: структура витрофировая, переходящая в микрофельзитовую.

Порода состоит в основном из аморфного кислого вулканического стекла с большим количеством тех же кристаллитов — лонгулитов, белонитов и микролитов полевого шпата и магнетита.

Липаритовые обсидианы частично расстеклованы, чем и обусловлена их микрофельзитовая структура.

В полевых условиях мы проделали такой опыт: в огонь кузнечного горна поместили небольшой кусок липаритового обсидиана, довели до белого каления.

Вспучивания (характерное изменение перлитов и
обсидианов, происходящих даже при более низких тем-
пературах), в данном случае не произошло, расплавить
его также не удалось.



Фиг. 14

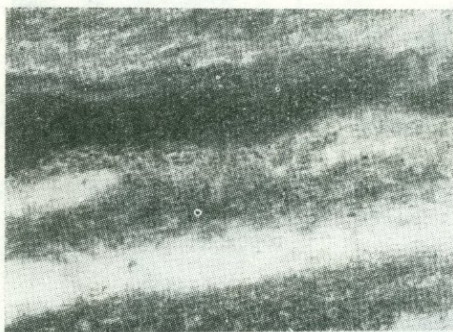
Липаритовые обсидианы. ($1/_{17}$ натуральной
величины). Гюмушское месторождение.

Но вынутый из огня кусок липаритового обсидиана после остывания приобрел незначительный блеск и полосчатость, характерные для обсидианов. Промежуток времени при этом был больше, чем требовалось для вспучивания перлита и обсидиана.

Отсутствие вспучивания и тугоплавкость липаритовых обсидианов связаны, по всей вероятности, с от-

сутствием магматической воды и фельзитовой структурой стекловатого базиса.

Формы тел липаритовых обсидианов мало чем отличаются от таковых обсидианов. Они также образуют линзообразные и пластообразные тела, мощность которых зачастую превышает 50 м при длине более километра, а иногда—нескольких километров.



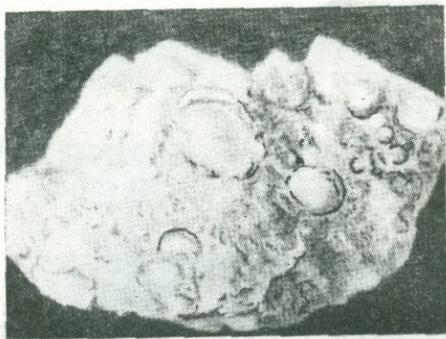
Фиг. 15

Обсидиан липаритовый. Структура витрофировая с кристаллитовой структурой основной массы. Текстура полосчатая. Ув. 30х, без анализатора. Лусаванское месторождение.

Перлиты представляют собой большей частью богатое микровкрапленниками и кристаллитами вулканическое стекло серого, голубовато-серого, а иногда—оранжевого цвета с восковым блеском и ясно выраженной перлитовой, т. е. шаровой отдельностью.

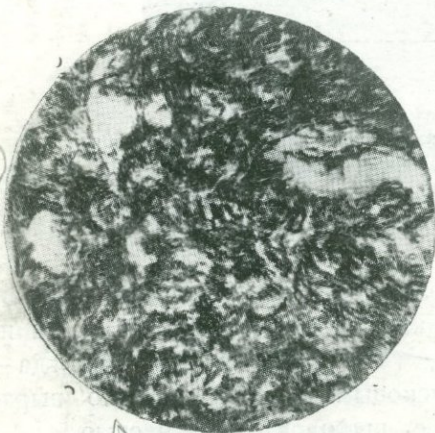
Шары эти, ирризируя солнечный свет, приобретают очень нежный красивый перламутровый оттенок (как жемчуг), откуда и произошло их немецкое название: перлит (перл—жемчуг).

Термин „перлит“ введен в геологию также Беда-ном. Перлитовые концентрические шары, построенные



Фиг. 16

Перлит с характерной перлитовой отдельностью.
($1/2$ натуральной величины) Фонтанское месторождение.



Фиг. 17

Перлит, структура витрофировая, текстура флюидальная, участками перлитовая. Ув. 55,5х, без анализатора.

Фонтанское месторождение.

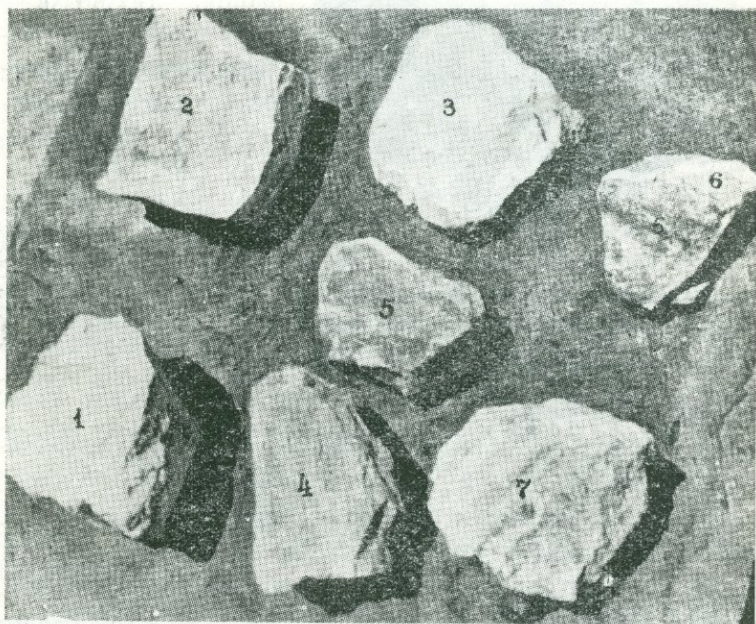
по типу луковицы, или лежат изолированно в основной массе и имеют тогда круглую форму (см. фиг. 16), или тесно примыкают друг к другу и имеют угловатую полигональную форму. В перлитовых шарах световое дву-преломление является следствием натяжения. Наряду с многочисленными вкрапленниками, в перлите очень распространены сферолиты

и микролиты—большой частью полевой шпат, часто—авгит. Последние беспрепятственно пронизывают насквозь перлитовые скорлупки, доказывая тем самым, что образование отдельности связано с последней стадией затвердевания породы.

Кристаллиты в перлитах представлены маргаритами, лонгулитами и единичными литофизами. Порода с собственно перлитовой текстурой, т. е. с перлами, встречается довольно редко, лишь в глубоких горизонтах залежей кислых лав.

Тела перлитов, наподобие обсидианов и липаритовых обсидианов, помимо пластовой, имеют также поровообразную и потокообразную форму.

Перлитовые или литоидные пемзы. В залежах



Фиг. 18

Образцы перлитов и литоидных пемз, 1, 2, 3—перлиты Арагацского месторождения. 4, 5, 6, 7—литоидные пемзы Лусаванского и Фонтан-Джаберского месторождений ($1\frac{1}{2}$ натуральной величины).

Как видно, перлиты Арагацского месторождения нашего краснее остальных перлитов ! ! ! ! ! 45

кислых стекол обсидианы и перлиты кверху переходят в перлитовые или литоидные пемзы. Последние являются естественно вспученными разновидностями обсидианов и перлитов. Объемный вес этих пород (от 1200 до 1700 кг/м³) значительно меньше, чем у перлитов и обсидианов (от 1800 до 2500 кг/м³) и, наоборот, больше, чем у обычных пемз (600–800 кг/м³),

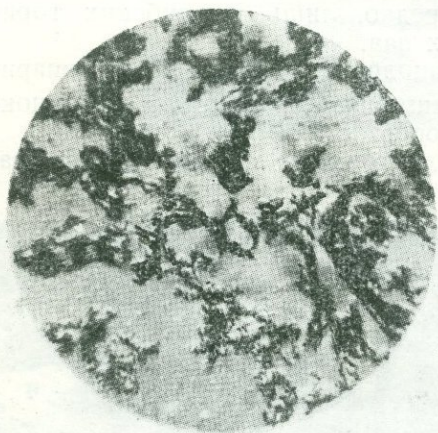
на основании чего они и названы перлитовыми или литоидными пемзами.

Вследствие естественного вспучивания, текстура и структура этих пород резко отличаются от таковых перлитов и обсидианов (см. фиг. 18–19).

Литоидные пемзы характеризуются стекловатой аморфной структурой и пористой флюидалльной, иной раз полосчатой текстурой.

Поры в литоидных пемзах не округлые и не такие крупные, как в обычных пемзах. Они большей частью удлиненные и ориентированные длинной осью по направлению течения лавового потока.

Цвет литоидных пемз большей частью бело-серый, реже – желтовато-оранжевый и еще реже – оранжево-красный (последние цвета, по всей вероятности, являются результатом вторичных окислительных процессов). Блеск литоидных пемз, в основном, стекловатый, но встречаются пемзы, обладающие и нежно шелко-



Фиг. 19

Пемза литоидная с витрофировой структурой, пористой флюидалльной текстурой. Ув. 55,5х, без анализатора.

вистым блеском. Излом шероховатый. Микроскопическое описание этих пород мало отличается от такового предыдущих. Отличие заключается лишь в их очень пористой структуре. Здесь также в основной массе встречаются кристаллиты-кумулиты, глобулиты, белониты, лонгулиты и реже микролиты полевых шпатов, а также сферолитовые образования с пластиночками бурой слюды. Форма тел литоидных пемз покровообразная и потокообразная. Занимают они громадные территории с размерами, достигающими иногда до десятков и сотен квадратных километров. Мощность этих покровов, по данным пробуренных скважин, на Лусаванском месторождении литоидных пемз достигает 64 и более метров.

ПЕТРОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОБСИДИАНОВ, ПЕРЛИТОВ И ЛИТОИДНЫХ ПЕМЗ АРМЯНСКОЙ ССР

На основании химических анализов (табл. 7—8) и составленной по ним таблицы пределов колебания содержания отдельных окислов в обсидианах, перлитах и литоидных пемзах (табл. 9) можно прийти к следующим выводам: обсидианы, перлиты и литоидные пемзы, указанные в таблицах месторождений Армянской ССР, характеризуются близким химическим составом, аналогичным липаритам. Отличаются они, в основном, различным содержанием воды (H_2O_+), которая в наибольшем количестве содержится в литоидных пемзах, составляя в среднем 4,24%, в перлитах, соответственно, 3,35% и в наименьшем количестве в обсидианах—0,30%.

Обратная картина наблюдается в отношении кремнекислоты, наибольшее количество которой содержится в обсидианах, составляя в среднем 74,32%, в перлитах—71,75% и в наименьшем количестве в литоидных пемзах—68,92%.

Интересно отметить, что при пересчете анализов, без учета воды (как H_2O_+ , так и H_2O_-), количество кремнекислоты почти везде одинаково.

Таким образом, недостача содержания кремнекислоты в литоидных пемзах как бы компенсируется излишним количеством воды. Содержания остальных окислов мало отличаются друг от друга, составляя обычно сотые, иной раз десятые доли процента, и лишь в редких случаях эта разница достигает одного или более процентов.

На основании тех же химических анализов, нами составлены вариационные диаграммы окислов, отдельно в обсидианах и совместно в перлитах и литоидных пемзах (фиг. 22—23), после чего по методу А. Н. Заварицкого составлены их петрохимические диаграммы.

Петрохимическая характеристика этих пород сводится к следующему:

1. Содержание кремнекислоты довольно высокое во всех трех разновидностях—от 67,50 до 76,46% и по классификации А. Н. Заварицкого они входят в класс 2—пород, пересыщенных кремнекислотой и поэтому начальные их точки помещаются вблизи вершины диаграммы (фиг. 20—21).

2. В числовых характеристиках обсидианов (табл. 8) Q колеблется в пределах от 26,5 до 40,2; отношение $a:s$ —6,0—33,6; у перлитов и литоидных пемз, соответственно, 23,4—39,6; 7,0—53,7 (табл. 7—8).

Заметно, что в перлитах Q почти однозначно Q в обсидианах.

3. В обсидианах p колеблется в пределах от 56,0 до 62,1%, в перлитах и литоидных пемзах—от 41,0 до 63,3%, т. е. Na_2O и K_2O в обсидианах распределяются неравномерно и количество первой чуть превышает количество второй, ввиду чего, в петрохимической их диаграмме векторы направлены чуть с большим уклоном в сторону Na_2O , а в перлитах и литоидных пемзах, где количество их распределено почти одинаково,

**СВОБОДНАЯ ТАБЛИЦА ХИМИЧЕСКИХ АНАЛИЗОВ ПЕРЛИТОВ И ЛИТОИДНЫХ ПЕМЗ
АРМЯНСКОЙ ССР**

Таблица 7

Окислы	Арагацское месторождение перлитов Талинский район						Фонтанское месторождение перлитов, Разданный р-н						Фонтан-Джраберское месторождение перлитов Разданный р-н						Лусавицкое месторождение литойной пемзы Разданный р-н						Ворстанское месторождение перлитов Светланский р-н					
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	26	27				
SiO ₂	72,65	72,80	72,88	72,87	73,14	72,50	69,82	71,20	71,00	71,30	70,59	71,17	71,00	71,15	70,95	69,80	68,26	67,50	69,00	69,52	70,35	73,00	72,80	71,16	73,80	71,24				
TiO ₂	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
Al ₂ O ₃	13,95	13,03	12,73	13,35	13,01	13,31	14,46	14,49	13,72	14,56	14,60	14,25	14,48	13,85	14,57	14,16	13,71	13,25	13,80	14,04	14,56	13,65	13,65	13,65	13,28	13,01				
Fe ₂ O ₃	0,65	0,58	0,03	0,38	0,21	0,38	0,88	0,81	0,42	1,02	0,89	0,60	1,05	0,80	0,16	0,43	0,03	0,49	0,88	0,71	1,33	0,75	0,80	0,75	0,75	0,75				
FeO	0,60	0,35	1,19	0,56	0,49	0,84	0,70	0,63	0,91	0,49	0,56	0,91	0,56	0,91	0,56	0,70	1,47	1,05	0,70	1,12	0,56	—	—	—	—	—				
MnO	—	—	—	—	—	—	—	—	0,14	0,14	—	0,14	—	—	0,14	—	—	0,14	0,14	—	—	0,32	0,28	0,36	0,34	0,46				
MgO	0,08	0,11	0,10	0,10	0,10	0,08	2,00	0,10	0,07	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,63	0,10	1,08	0,10	0,79	0,86	0,14	0,27	0,28				
CaO	0,90	0,78	1,02	0,95	0,81	0,88	1,06	0,10	1,99	1,70	1,42	1,22	1,00	1,49	2,00	1,22	3,19	3,67	2,75	1,20	1,20	1,40	1,04	1,14	1,02	1,55				
Na ₂ O	4,10	4,65	3,70	3,70	3,75	4,55	4,20	4,30	4,20	4,00	4,05	4,18	4,00	4,10	4,10	4,60	3,95	4,30	4,00	4,00	4,30	2,46	2,14	3,51	2,46	4,21				
K ₂ O	4,07	4,10	4,18	4,14	4,35	4,50	4,00	3,80	4,00	3,75	3,70	4,05	4,40	3,85	3,95	4,15	3,85	3,80	3,85	3,99	3,95	4,62	4,64	5,61	4,64	5,71				
SO ₃	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,68	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
H ₂ O ₋₁₁₀	—	0,10	—	0,09	—	—	0,05	—	0,10	0,15	0,20	0,25	0,10	0,07	—	0,11	0,04	0,10	0,20	0,75	—	0,22	0,34	0,28	0,30	0,40				
H ₂ O ₊₁₁₀	3,50	3,40	3,19	3,61	3,35	3,86	3,72	3,55	3,62	2,26	3,87	3,35	3,50	3,40	3,95	4,35	4,56	4,55	4,45	3,95	3,70	2,90	3,36	3,08	2,60	2,74				
P ₂ O ₅	—	—	0,29	—	0,09	—	—	—	0,23	0,23	—	—	—	0,09	0,23	—	—	—	0,23	—	—	0,037	0,037	0,046	0,046	0,046				
Сумма	100,48	99,90	99,31	99,75	99,30	100,90	100,89	98,98	100,40	99,70	99,98	100,22	100,19	99,81	100,01	100,30	99,16	99,48	100,10	100,36	100,05	100,15	99,95	99,73	99,51	100,40				

Автор

П. Х. Канкян

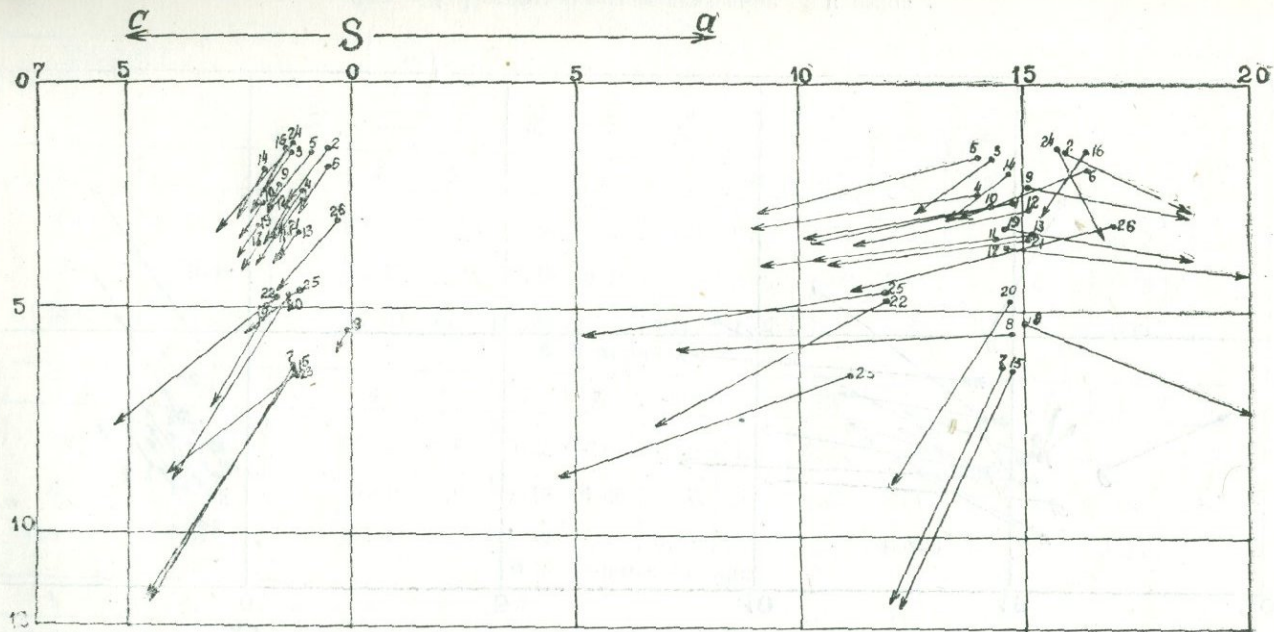
А. Т. Вегуни

a	14,8	16,1	14,3	14,1	14,6	16,4	14,5	14,7	15,1	14,3	14,4	15,1	15,2	14,7	14,7	16,4	14,6	15,0	14,6	14,7	15,1	11,9	11,1	15,8	11,9	17,0
c	1,1	0,5	1,3	1,1	0,9	0,5	1,3	0,1	1,6	2,1	1,7	1,4	1,2	1,9	1,3	1,4	2,1	2,0	2,1	1,4	1,4	1,7	1,3	1,3	1,2	0,3
b	2,6	1,5	1,6	2,4	1,6	1,9	6,3	5,5	2,3	2,7	3,4	2,8	3,3	2,0	6,4	1,5	3,6	5,3	3,2	4,7	3,4	4,8	6,5	1,4	4,6	3,1
s	81,5	81,9	82,8	82,4	82,9	81,2	77,9	79,7	81,0	80,9	80,5	80,7	80,3	81,4	77,6	80,7	79,7	77,7	80,1	79,2	80,1	81,6	81,1	81,5	82,3	79,6
a'	51,3	—	16,7	51,4	50,0	—	25,0	76,5	—	40,0	53,1	39,0	49,0	13,8	25,0	9,5	—	—	—	26,5	44,9	53,0	64,0	—	68,0	—
f'	41,0	59,1	70,8	40,0	37,5	60,7	22,9	19,8	58,8	52,5	40,8	53,7	44,9	75,9	23,0	76,2	41,2	30,0	52,2	33,8	49,0	19,0	14,0	71,0	22,0	26,0
m'	7,7	13,6	12,5	8,6	12,5	10,7	52,1	3,7	5,9	7,5	6,1	7,3	6,1	10,3	52,0	14,3	5,9	19,4	6,5	39,7	6,1	28,0	22,0	19,0	10,0	15,0
e'	—	27,3	—	—	—	28,6	—	—	35,3	—	—	—	—	—	—	—	52,9	50,6	41,3	—	—	—	—	10,0	—	59,0
n'	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
n	60,0	63,0	57,14	57,7	56,1	60,6	61,8	63,3	61,8	61,9	62,9	61,3	58,0	61,7	61,8	62,6	61,5	63,3	61,9	60,7	62,7	45,0	41,0	49,0	45,0	52,0
t	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
φ	20,51	36,4	—	17,1	8,3	21,4	12,5	12,3	17,6	30,0	24,5	19,5	28,6	34,5	12,5	28,7	—	7,8	26,1	11,8	32,6	13,9	10,30	47,6	14,7	12,8
Q	32,3	31,1	35,7	35,5	35,7	29,1	25,5	29,9	30,2	31,1	30,5	29,8	29,0	31,7	24,5	27,2	28,1	23,4	30,1	27,6	28,6	37,7	38,7	30,1	39,6	24,9
$\frac{a}{c}$	13,75	29,7	11,7	12,2	15,3	30,5	11,2	147,0	9,2	7,0	8,9	10,6	12,6	7,7	11,3	11,7	7,0	7,5	7,0	10,5	10,8	7,0	8,5	12,2	9,9	56,7

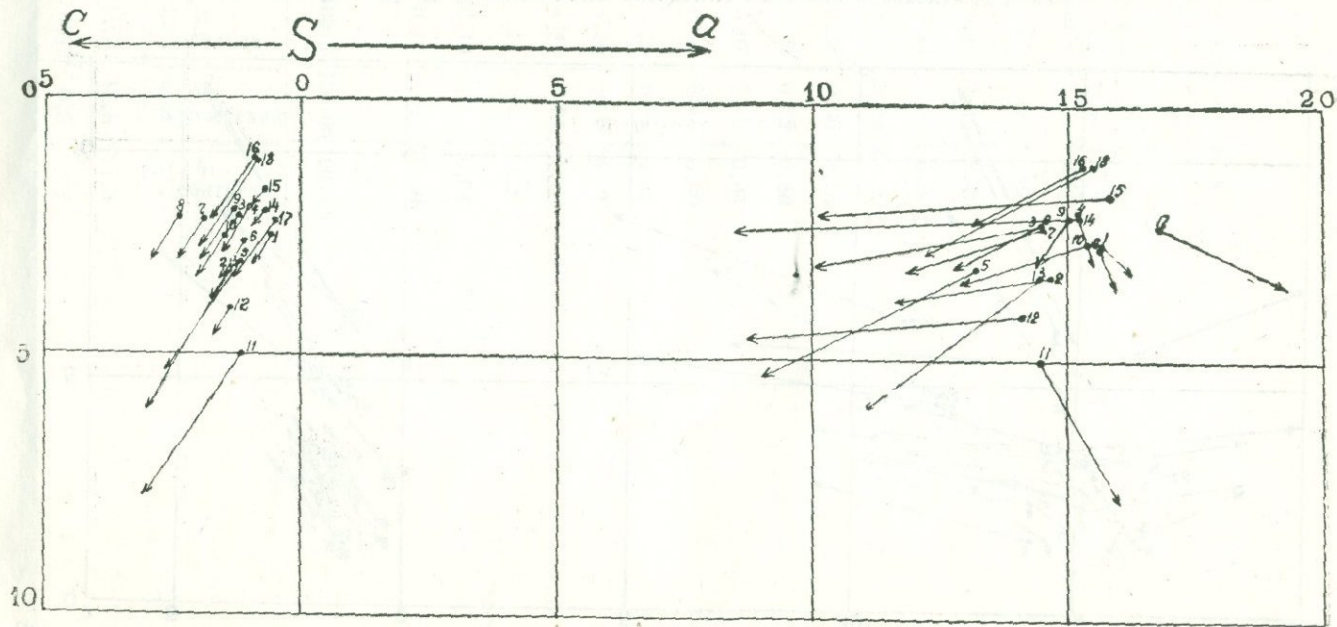
**СВОДНАЯ ТАБЛИЦА ХИМИЧЕСКИХ АНАЛИЗОВ ОБСИДИАНОВ
АРМЯНСКОЙ ССР**

Таблица 8

Оксид	Артенинское месторождение обсидианов						Акуинское месторождение обсидианов							г. Мец- Спитаксар Агмаганское	Озеро Севан	Вулкан Арагац	г. Гутан-сар	Озеро Севан
	Талинский район						Абовянский район											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
SiO ₂	74,50	74,50	75,35	75,00	75,55	73,60	73,50	73,00	74,23	72,30	72,40	73,95	73,40	75,56	75,31	76,12	73,13	76,46
TiO ₂	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,11	0,10	0,11	—	0,06
Al ₂ O ₃	13,23	14,39	13,99	13,40	13,19	13,96	14,58	15,17	13,80	14,60	13,25	14,89	14,34	14,18	14,30	13,37	13,88	13,30
Fe ₂ O ₃	1,64	0,16	0,49	0,87	0,57	1,95	0,89	1,03	1,11	1,57	2,05	1,02	0,65	0,20	0,26	0,36	0,96	0,24
FeO	1,26	1,26	0,84	0,98	0,70	0,98	0,70	0,84	0,98	0,49	1,51	0,98	0,90	0,50	0,43	0,38	0,75	0,50
MnO	—	0,14	—	0,14	—	—	0,14	0,14	—	—	—	—	—	0,10	0,09	0,07	0,18	0,04
MgO	0,07	0,10	0,10	0,10	0,36	0,10	0,10	0,09	0,10	0,10	0,80	0,09	0,59	0,04	0,04	0,06	0,15	0,09
CaO	0,61	1,18	1,02	0,88	1,02	1,00	1,65	2,02	1,12	1,30	1,70	1,20	1,22	0,61	0,58	0,64	0,92	0,58
Na ₂ O	4,60	4,00	4,10	4,45	3,75	4,45	4,10	4,15	4,25	4,10	4,10	3,95	4,23	4,21	4,49	4,06	4,68	4,21
K ₂ O	4,30	4,35	4,25	4,07	3,90	4,50	4,05	4,00	4,30	4,60	4,07	4,03	4,00	4,56	4,46	4,83	5,01	4,45
SO ₃	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
H ₂ O ₋₁₁₀	—	0,05	—	0,15	—	—	—	—	—	—	—	—	0,20	0,16	—	0,10	—	0,04
H ₂ O ₊₁₁₀	0,26	0,20	0,28	0,36	0,02	—	0,17	0,40	0,05	1,12	0,25	0,50	0,20	—	0,24	0,16	—	0,30
P ₂ O ₅	—	0,23	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Сумма	100,47	100,56	100,42	100,40	99,06	100,54	99,88	100,80	99,94	100,18	100,13	100,61	99,68	100,23	100,30	100,26	100,66	100,27
Автор	П. Х. Кавканин													Б. М. Куплетский	А. А. Леонтьева	П. И. Лебедев	Б. М. Куплетский	А. А. Леонтьева
a	15,7	14,6	14,5	15,2	13,2	15,7	14,5	14,5	15,0	15,4	14,5	14,1	14,5	15,2	15,8	15,3	16,8	15,5
e	0,6	1,4	1,2	1,0	1,2	1,1	1,9	2,4	1,3	1,5	1,2	1,4	1,4	0,7	0,7	0,8	0,5	0,8
b	2,7	3,4	2,3	2,1	3,2	2,8	2,4	2,3	2,2	2,7	5,0	4,1	3,4	2,2	1,8	1,2	2,4	1,2
s	81,0	80,6	82,0	81,7	82,4	80,4	82,0	80,8	81,5	80,4	79,3	80,4	80,7	81,9	81,7	82,7	80,3	82,5
a'	—	30,2	44,5	—	41,7	—	27,0	17,7	6,1	25,0	—	54,0	35,3	67,0	57,0	21,0	—	33,0
f	90,5	64,1	47,2	87,5	37,5	90,5	64,9	73,5	84,8	67,5	59,2	41,2	39,2	30,0	39,0	68,0	65,0	50,0
m'	4,7	5,7	8,3	9,4	20,8	7,1	8,1	8,8	9,1	7,5	26,3	4,8	25,5	3,0	4,0	11,0	11,0	17,0
c'	4,8	—	—	3,1	—	2,4	—	—	—	—	14,5	—	—	—	—	—	24,0	—
n'	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
n	61,6	58,0	59,5	62,1	59,4	60,0	60,5	61,5	59,6	57,3	60,0	59,3	61,8	58,0	60,0	56,0	59,0	59,0
t	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,1	0,1	0,1	—	—
φ	47,6	26,4	16,7	37,5	16,7	57,0	32,4	35,3	42,4	50,0	31,6	19,0	15,7	6,0	14,0	32,0	32,0	11,0
Q	30,0	30,6	33,8	32,0	40,2	28,3	31,5	30,2	31,7	28,5	28,6	31,2	31,0	32,7	31,1	34,0	26,5	34,2
$\frac{a}{c}$	26,2	10,4	12,0	15,2	11,0	14,3	7,6	6,0	11,5	10,0	12,0	10,0	10,4	21,7	22,6	19,1	33,6	19,4



Фиг. 20. Петрохимическая диаграмма перлитов и литоидных пемз.



Фиг. 21. Петрохимическая диаграмма обсидианов

а. В обсидианах

Окислы	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	SO_3	H_2O	$\text{H}_2\text{O}^{+110}$	P_2O_5
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
От	72,30	—	13,19	0,16	0,38	Сл.	0,04	0,58	3,75	3,90	—	Сл.	0,02	Сл.
До	76,46	—	15,17	2,05	1,51	0,18	0,80	2,02	4,68	5,01	—	0,20	1,12	0,23
Сред.	74,32	—	14,00	0,90	0,83	—	0,17	1,07	4,21	4,32	—	—	0,30	—

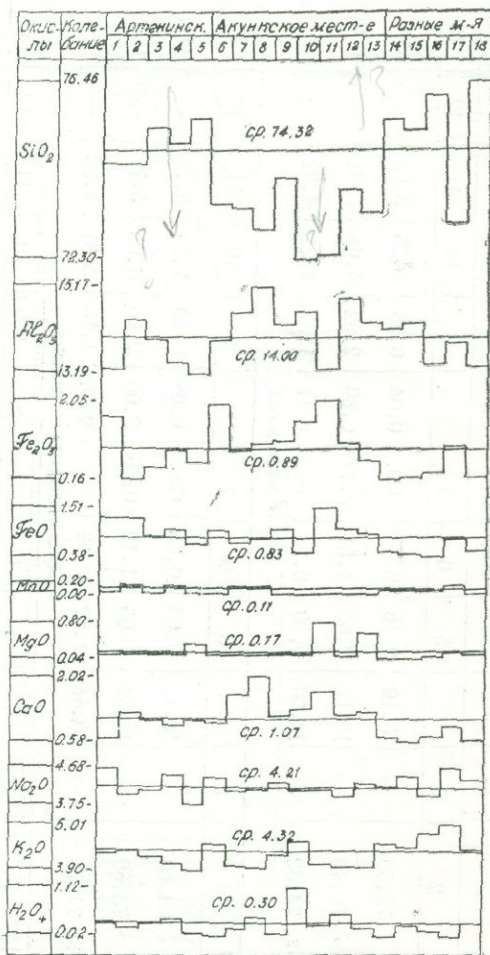
б. В перлитах

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
От	69,80	—	12,73	0,03	0,35	Сл.	0,08	0,10	2,14	3,70	—	Сл.	2,26	Сл.
До	73,80	—	14,60	1,05	1,19	0,46	2,00	2,00	4,65	5,71	—	0,25	4,35	0,29
Сред.	71,75	—	13,85	0,62	0,69	—	0,28	1,18	3,81	4,20	—	—	3,35	—

в. В литоидных пемзах

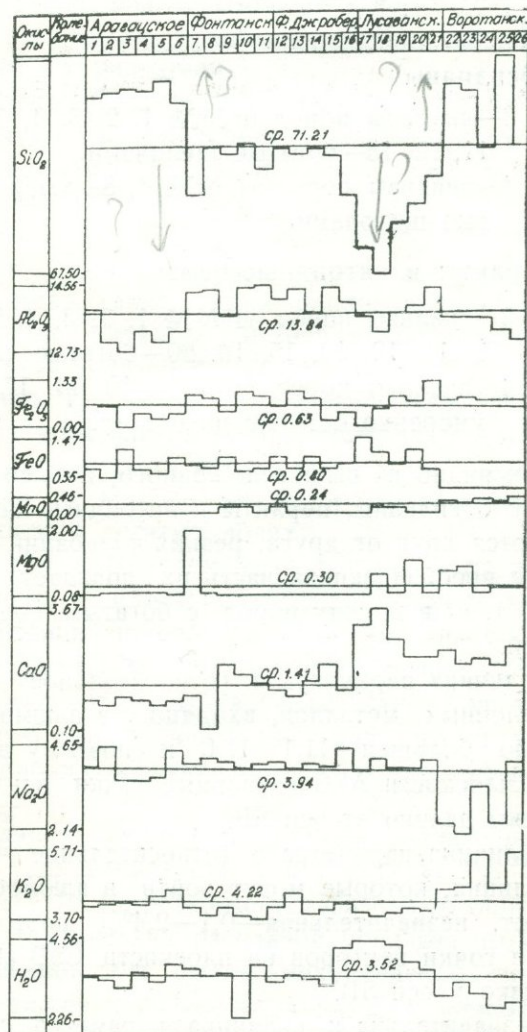
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
От	67,50	—	13,25	0,03	0,56	Сл.	0,10	1,20	3,95	3,80	—	Сл.	3,70	Сл.
До	70,35	—	14,56	1,33	1,47	0,14	1,08	3,67	4,30	3,99	—	0,75	4,56	0,23
Сред.	68,92	—	13,87	0,69	0,98	—	0,40	2,40	4,11	3,88	—	0,21	4,24	—

Вариационная диаграмма химических анализов обсиуанов.



14. - г. Агдог - Ахманванское плато.
15. - р-н озеро Севан.
16. - Вулкан Арагац.
17. - г. Гутанасар. 18. - р-н озеро Севан.

Вариационная диаграмма "Химических анализов перлитовилицитовых пемз"



Фиг. 23

они направлены под углом в 45° (табл. 7—8, фиг. 20—21).

По содержанию щелочей эти породы классифицируются по следующим группам метода А. Н. Заварицкого:

Обсидианы

Группа 3—анализы пород за №№ 1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 10, 11, 12, 13—богатые щелочами.

Группа 4—анализы пород за №№ 7, 8—умеренно богатые щелочами.

Перлиты и литоидные пемзы

Группа 3—анализы пород за №№ 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 15, 16, 20—богатые щелочами.

Группа 4—анализы пород за №№ 10, 14, 17, 18, 19—умеренно богатые щелочами.

Как видно из вышеизложенного, и по содержанию щелочей обсидианы, перлиты и литоидные пемзы мало отличаются друг от друга, резких колебаний не наблюдается и преобладающая часть их попадает в третью группу, т. е. в группу пород с богатым содержанием щелочей.

Величина параметра a (относительное число атомов щелочных металлов, входящих в алюмосиликаты) довольно большая—11,1—17,0 и поэтому в диаграммах на плоскости ASB начальные точки векторов расположены далеко от оси SB.

Величина параметра c (относительное число атомов кальция, которые могут войти в алюмосиликаты), наоборот, незначительная—0,1—2,4%, поэтому и начальные точки векторов на плоскости CSB расположены близко к оси SB.

Незначительна и величина параметра b (относительное число всех остальных металлических атомов, за исключением кремния и титана, не входящих в алю-

мосиликаты). Направление же векторов, расположенных на плоскости ASB показывает резкий перевес величины параметра f' (относительное число атомов железа и марганца) над m' (относительное число атомов магнезиума), поэтому преобладающая их часть направлена ближе к горизонтали.

Аналогичной однородностью характеризуются и результаты полук количественного спектрального анализа из взятых нами 34 проб перлитов, литоидных пемз и обсидианов (табл. 10—11).

Спектральным анализом были выявлены такие элементы, как титан, марганец, хром, никель, ванадий, молибден, медь, свинец, цинк, олово, стронций, барий, галлий, ниобий, цирконий, иттрий и из редкоземельных элементов—лантан и иттербий.

Из табл. 11 заметно, что большая часть элементов, выявленных этим анализом, присутствует в изученных нами кислых стеклах в сотых и тысячных долях, за исключением Ti; Mn; Cu; Sn; Sr и Ba, которые порой встречаются и в десятых долях.

Редкоземельные элементы—лантан почти во всех анализах проб участвует в сотых долях процента, между тем лантаноид иттербий во всех анализах составляет не более 0,0005' десяти тысячной доли процента.

Практика исследования кислых стекол установила значительную роль титана и марганца при их вспучивании, каково же значение остальных элементов—пока не выявлено.

Но, однако известно, что даже незначительное содержание таких элементов, как Cr; Ni; V; Mo; Sn; Sr; Ga; Nb; Zr; J; Ib; La резко меняет физико-механические свойства металлических расплавов, придавая им те или другие особенности и физико-механические свойства.

Дальнейшее изучение влияния этих элементов на физико-механические свойства, при вспучивании кислых стекол, наверняка представит большой интерес.

Помимо окислов и элементов, обнаруженных хи-

мическим и спектральным анализами, многочисленные исследователи занимались также изучением состава газов, содержащихся в кислых стеклах (см. историю исследования), в частности, интересны данные С. Ross и R. Smith (53), которыми были обнаружены в шести пробах риолитового обсидиана (в объем. %: CO_2 —0,077—1,402, CO —0,032—0,705, H_2 —0,080—2,253, N_2 —0,053—3,897, Ar —0—0,002, S_2 —0—0,367, Cl_2 —0,069—2,965, F_2 —0,515—4,329, H_2O —88,386—98,551).

Каков газовый состав кислых стекол Арм. ССР мы, к сожалению, сказать не можем, ибо им до сих пор не занимались. I. Friedman-у и R. Smith-у удалось установить в воде, извлеченной из образцов перлита и обсидиана, отобранных из одиннадцати различных месторождений Америки и Новой Зеландии, наличие дейтерия. Содержание последнего, по сравнению с водой озера Мичиган, составило 4,6—12,3‰ в обсидиане и 3,1—16,6‰—в перлите. Имеется ли дейтерий в водах кислых стекол Арм. ССР, пока неизвестно. Газовым составом и содержанием дейтерия в кислых стеклах Армянской ССР в настоящее время занимается лаборатория химической переработки камня и силикатов НИИКС-а под руководством доктора тех. наук профессора М. В. Дарбиняна.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Полуколичественно-спектральных анализов перлитов, литоидных пемз и
обсидианов месторождений Армянской ССР (в %)

	Ti	Mn	Cr	Ni	V	Mo	Cu	Pb	Zn	Sn	Sr	Ba	Be	Ca	Nb	Zr	I	Ib	La	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
перлиты	1	0,1—0,3	0,03—0,1	н.	0,001	0,001	0,001—0,005	0,1—0,5	0,01—0,05	0,01	0,05	0,01—0,05	0,03—0,1	0,001—0,003	0,003—0,01	0,01	0,01—0,03	0,001—0,005	0,0001—0,0005	н.
	2	0,1—0,3	0,03—0,1	н.	н.	0,001—0,003	0,001—0,005	0,05—0,1	0,01	н.	0,01—0,05	0,01—0,05	0,03	0,001	0,003	0,01	0,01—0,03	0,001—0,005	0,0001—0,0005	0,01
	3	0,1—0,3	0,03—0,1	0,001	0,001—0,003	0,001—0,003	0,001—0,005	0,1—0,5	0,01—0,05	0,01	0,01—0,05	0,05	0,03—0,1	0,001—0,003	0,003—0,01	0,01	0,01—0,03	0,001—0,005	0,0001—0,0005	н.
	4	0,1—0,3	0,1	н.	0,001	0,001—0,003	0,001—0,005	0,1—0,5	0,005—0,01	0,01	0,05—0,1	0,05	0,03—0,1	0,001—0,003	0,003—0,01	0,01—0,03	0,01—0,03	0,001—0,005	0,0001—0,0005	н.
	5	0,1—0,3	0,1	н.	0,001	0,001	0,005	0,01	0,005—0,01	н.	0,01—0,05	0,05	0,003—0,1	0,001—0,003	0,003—0,01	0,01—0,03	0,01—0,03	0,001—0,005	0,0001—0,0005	н.
	6	0,1—0,3	0,03—0,1	н.	0,001	0,001—0,003	0,001—0,005	0,1—0,5	0,01—0,05	н.	0,01—0,05	0,05	0,03	0,001—0,003	0,003—0,01	0,01	0,01—0,03	0,001	0,0001	0,01
	7	0,1—0,3	0,03—0,1	н.	0,001	0,001—0,003	0,001	0,05—0,1	0,005—0,01	н.	0,01	0,05	0,03	0,001—0,003	0,003—0,01	0,01	0,01—0,03	0,001—0,005	0,0001—0,0005	0,01
	8	0,1—0,3	0,1	н.	н.	0,003—0,01	0,001	0,05	0,01	н.	0,01—0,05	0,05	0,03—0,1	0,001—0,003	0,01	0,01	0,01—0,03	0,001—0,005	0,0001—0,0005	0,01
	9	0,1—0,3	0,03—0,1	н.	0,001	0,001—0,003	0,001	0,1	0,005—0,01	н.	0,01—0,05	0,05	0,03—0,1	0,001—0,003	0,001—0,01	0,01	0,01—0,03	0,001—0,005	0,0001—0,0005	н.
	10	0,1—0,3	0,03—0,1	н.	н.	0,001—0,003	0,001	0,05	0,005—0,01	н.	0,01	0,05	0,03—0,1	0,001—0,003	0,003—0,01	0,01	0,01—0,03	0,001—0,005	0,0001—0,0005	0,01
	11	0,1—0,3	0,03—0,1	н.	н.	0,003—0,01	0,001	0,05	0,005—0,01	н.	0,005	0,05	0,03—0,1	0,001—0,003	0,003	0,01	0,03	0,001—0,005	0,0001—0,0005	0,01
	12	0,1—0,3	0,03—0,1	н.	н.	0,001—0,003	0,001—0,005	0,1—0,5	0,01—0,05	н.	0,01	0,05—0,1	0,03—0,1	0,001—0,003	0,003—0,01	0,01	0,01—0,03	0,001—0,005	0,0001—0,0005	0,01
пемзы	13	0,1—0,3	0,03—0,1	н.	н.	0,01	0,001—0,005	0,05	0,005—0,01	н.	0,005—0,01	0,05	0,03	0,001—0,003	0,003	0,01	0,01—0,03	0,001—0,005	0,0001—0,0005	0,01
	14	0,1—0,3	0,03—0,1	н.	0,001	0,003—0,01	0,001—0,005	0,05—0,1	0,005—0,01	н.	0,01	0,05	0,03—0,1	0,003	0,003—0,01	0,01	0,03	0,001—0,005	0,0001—0,0005	0,01
	15	0,1—0,3	0,03—0,1	н.	0,001	0,001—0,003	0,0005—0,001	0,05—0,1	0,005—0,01	н.	0,01—0,05	0,05—0,1	0,03—0,1	0,001—0,003	0,003	0,01	0,01—0,03	0,001—0,005	0,0001—0,0005	0,01
	16	0,1—0,3	0,03—0,1	н.	н.	0,003—0,01	0,001	0,1—0,5	0,005—0,01	н.	0,01—0,05	0,05	0,03	0,003	0,003	0,01	0,01—0,03	0,001—0,005	0,0001—0,0005	0,01
	17	0,1—0,3	0,03—0,1	0,001	0,001—0,003	0,003—0,01	0,001	0,1—0,5	0,01—0,05	н.	0,01—0,05	0,05	0,03	0,001—0,003	0,003—0,01	0,01	0,01—0,03	0,001—0,005	0,0001—0,0005	0,01
	18	0,1—0,3	0,03—0,1	н.	0,001—0,003	0,001—0,003	0,001	0,1—0,5	0,01—0,05	н.	0,05—0,1	0,05	0,03—0,1	0,001—0,003	0,003—0,01	0,01	0,01—0,03	0,001—0,005	0,0001—0,0005	0,

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
ЛИТОНДНЫЕ	19	0,1—0,3	0,03—0,1	н.	0,001	0,001—0,003	0,0005-0,001	0,05—0,1	0,005—0,01	н.	0,01—0,05	0,05—0,1	0,03—0,1	0,001—0,003	0,003	0,01	0,01—0,03	0,001—0,005	0,0001—0,0005	0,01
	20	0,1—0,3	0,03—0,1	н.	0,001	0,001—0,003	0,001—0,005	0,1—0,5	0,01	н.	0,05	0,05	0,03	0,001—0,003	0,003—0,01	0,01	0,01—0,03	0,001	0,0001	0,01
	21	0,1—0,3	0,03—0,1	н.	0,001	0,001—0,003	0,001	0,05—0,1	0,005—0,1	н.	0,01—0,05	0,05	0,03—0,1	0,001—0,003	0,003—0,01	0,01	0,01—0,03	0,001—0,003	0,0001—0,0005	0,01
	22	0,1—0,3	0,03—0,1	0,001	0,001	0,001—0,003	0,001—0,005	0,1—0,5	0,01—0,05	н.	0,01—0,05	0,01—0,05	0,03	0,001—0,003	0,003	0,01	0,01—0,03	0,001—0,005	0,0001—0,0005	0,01
	23	0,1—0,3	0,03—0,1	0,001	0,001—0,003	0,001	0,001—0,005	0,1—0,5	0,01—0,05	0,01	0,05	0,05	0,03	0,001—0,003	0,003—0,01	0,01	0,01—0,03	0,001—0,005	0,0001—0,0005	0,01
	24	0,1—0,3	0,03—0,1	0,001	0,001	0,001	0,001—0,005	0,05	0,005	н.	0,005	0,05	0,03—0,1	0,003	0,003	0,01	0,01—0,03	0,001—0,005	0,0001—0,0005	0,01
ОБСИДАНЫ	25	0,1—0,3	0,03—0,1	н.	н.	0,001	0,001—0,005	0,05—0,1	0,005—0,01	н.	0,01—0,05	0,05	0,03—0,1	0,001—0,003	0,003—0,01	0,01	0,01—0,03	0,001—0,005	0,0001—0,0005	—
	26	0,1—0,3	0,03—0,1	н.	н.	0,001	0,001—0,005	0,05	0,001—0,005	н.	0,01	0,05	0,03—0,1	0,001—0,003	0,003—0,01	0,01	0,01—0,03	0,001—0,005	0,0001—0,0005	0,01
	27	0,1—0,3	0,03—0,1	0,001	н.	0,003—0,01	0,001—0,005	0,05	0,005—0,01	н.	0,005	0,05	0,03	0,001—0,003	0,003	0,01	0,01—0,03	0,001—0,005	0,0001—0,0005	—
	28	0,1—0,3	0,03—0,1	0,001	0,001	0,001	0,001—0,005	0,05—0,1	0,005—0,01	н.	0,01	0,05	0,03—0,1	0,001—0,003	0,003—0,01	0,01	0,01—0,03	0,001	0,0001	0,01
	29	0,1—0,3	0,03—0,1	0,001	0,001	0,001—0,003	0,001—0,005	0,05—0,1	0,005—0,01	н.	0,05	0,05	0,03—0,1	0,001—0,003	0,003	0,01	0,01—0,03	0,001—0,005	0,0001—0,0005	0,01
	30	0,1—0,3	0,03—0,1	н.	0,001	0,003—0,01	0,001—0,005	0,05	0,005—0,01	н.	0,01—0,05	0,05	0,03	0,001—0,003	0,003	0,01	0,01—0,03	0,001	0,0001	—
	31	0,1—0,3	0,03—0,1	0,001	0,001	0,01—0,03	0,001—0,005	0,1—0,5	0,01—0,05	н.	0,01—0,05	0,05	0,03—0,1	0,001—0,003	0,003—0,01	0,01	0,01—0,03	0,001—0,003	0,0001—0,0005	0,01
	32	0,1—0,3	0,03—0,1	0,001—0,003	0,001	0,01—0,03	0,0001-0,005	0,05—0,1	0,005—0,01	0,01	0,01—0,05	0,05—0,1	0,1—0,3	0,001—0,003	0,01—0,03	н.	0,01—0,03	0,001—0,005	0,0001—0,0005	0,01
	33	0,1—0,3	0,03—0,1	0,001—0,003	0,001	0,003—0,01	0,0001-0,005	0,1—0,5	0,01—0,05	0,01	0,05	0,05	0,1—0,3	0,001—0,003	0,01—0,03	н.	0,01—0,03	0,001—0,005	0,0001—0,0005	0,01
	34	0,1—0,3	0,03—0,1	0,001	0,001	0,001—0,003	0,001—0,005	0,1—0,5	0,005—0,01	0,01	0,01—0,05	0,05—0,1	0,03	0,001—0,003	0,003—0,01	0,007	0,01—0,03	0,001—0,005	0,0001—0,0005	0,01

Примечание: в пробах №№ 14 и 17 обнаружены Со в количестве 0,001% в каждой. Пробы: 1—6 Арагацское месторождение перлитов; 7—11—Фонтанское м-е перлитов; 12—16 Фонтан-Джраберское м-е перлитов; 17—21—Лусаванское м-е литондных пемз; 22—26—Артенинское м-е обсидианов; 27—34—Акунское м-е обсидианов.

ПРЕДЕЛЫ КОЛЕБАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ

таблица 11

(по данным спектрального анализа)

В ПЕРЛИТАХ, ЛИТОИДНЫХ ПЕМЗАХ И ОБСИДИАНАХ АРМЯНСКОЙ ССР

Назван. месторож- дения	Вид сырья	Пред. колеб.	Ti	Mn	Cr	Ni	V	Mo	Cu	Pb	Zn	Sn	Sr	Ba	Be	Ga	Nb	Zr	I	Ib	La
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Арагацское	Перлиты	От	0,1	0,03	000	0,001	0,001	0,001	0,05	0,005	000	0,01	0,01	0,003	0,001	0,003	0,01	0,01	0,001	0,0001	000
		До	0,3	0,1	0,0001	0,003	0,003	0,005	0,5	0,05	0,01	0,1	0,05	0,1	0,003	0,01	0,03	0,03	0,005	0,0005	0,01
От		0,1	0,03	000	000	0,001	0,001	0,05	0,005	000	0,005	0,05	0,03	0,001	0,003	000	0,01	0,001	0,0001	000	
До		0,3	0,1	000	0,001	0,01	000	0,1	0,01	000	0,05	000	0,1	0,003	0,01	0,01	0,03	0,005	0,0005	0,01	
От		0,1	0,03	000	000	0,001	0,001	0,05	0,005	000	0,005	0,05	0,03	0,001	0,003	000	0,01	0,001	0,0001	000	
До		0,3	0,1	000	0,001	0,01	0,005	0,5	0,01	000	0,05	0,1	0,1	0,003	0,01	0,01	0,03	0,005	0,0005	0,01	
От		0,1	0,03	000	0,001	0,001	0,0005	0,05	0,005	000	0,01	0,05	0,03	0,001	0,003	000	0,01	0,001	0,0001	000	
До		0,3	0,1	0,0001	0,003	0,01	0,005	0,5	0,05	000	0,05	0,1	0,1	0,003	0,01	0,01	0,03	0,005	0,0005	0,01	
От		0,1	0,03	000	0,001	0,001	0,001	0,05	0,005	000	0,005	0,01	0,03	0,001	0,003	000	0,01	0,001	0,0001	000	
До		0,3	0,1	0,0001	0,003	0,003	0,005	0,5	0,05	0,01	0,05	0,05	0,1	0,003	0,01	0,01	0,03	0,005	0,0005	0,01	
Артенин- ское	Обсидианы	От	0,1	0,03	000	0,001	0,001	0,001	0,05	0,005	000	0,005	0,01	0,03	0,001	0,003	000	0,01	0,001	0,0001	000
До		0,3	0,1	0,0001	0,003	0,003	0,005	0,5	0,05	0,01	0,05	0,05	0,1	0,003	0,01	0,01	0,03	0,005	0,0005	0,01	
Акувкское		От	0,1	0,03	0,0001	000	0,001	0,001	0,05	0,005	000	0,005	0,05	0,03	0,001	0,003	000	0,1	0,001	0,0001	000
		До	0,3	0,1	0,0003	0,001	0,01	0,005	0,5	0,05	0,01	0,05	0,1	0,3	0,003	0,01	0,01	0,03	0,005	0,0005	0,01

ГЛАВА IV

ЕСПУЧИВАЕМОСТЬ ПЕРЛИТОВ И ОБСИДИАНОВ АРМЯНСКОЙ ССР

В начальной части данной работы приведены результаты исследований разных авторов—Г. Абиha (1), А. Брена (10), Р. Чемберлена (69, 70), А. А. Леонтьевой (38, 39), Г. Гендкампана и К. Элделля (39)—С. Коцу и, наконец, советского исследователя П. П. Будникова (11, 12), положившего начало практическому использованию вспученных кислых стекол—перлита и обсидиана, приобретших в настоящее время столь большое значение.

Результаты исследований привели к тому выводу, что вспучиваемость вулканических стекол находится в тесной зависимости от их химического состава, главным образом, от содержания щелочей, титана*) и магматической воды. Дальнейшие опыты, произведенные как у нас в Советском Союзе, так и за границей показали, что активная роль при вспучивании принадлежит также размерам вспучиваемых частиц, продолжительности времени их вспучивания и необходимости удаления избыточного количества воды.

Вышеописанные и ряд других факторов затрудняют процесс вспучивания и требуют тщательного лабораторного исследования.

*)—требует изучения.

Изучением свойств перлитов и обсидианов Армянской ССР занимались Всесоюзный научно-исследовательский и проектный институт „Теплопроект“, Армянский научно-исследовательский институт строительных материалов и сооружений (АИСМ) и, в последнее время, Научно-исследовательский институт камня и силикатов Совнархоза Арм. ССР.

Лабораторные исследования велись в следующем порядке:

1. Изучение химического состава породы.
2. Установление потерь при прокаливании при различных температурах.
3. Установление изменения веса породы при постепенном повышении температуры.
4. Установление температуры начала вспучивания породы.
5. Установление коэффициента вспучивания породы.
6. Установление зависимости коэффициента вспучивания от температуры, величины зерен и продолжительности тепловой обработки.

Показатели качества вспученных материалов (приводимые в главе „Физико-механические свойства перлитов и обсидианов“) определялись путем установления:

1. Объемного веса.
2. Коэффициента теплопроводности.
3. Предела прочности при сжатии.
4. Пористости и характера пористости.

Ниже переходим к описанию лабораторных исследований каждого месторождения в отдельности.

I. ОБСИДИАНЫ ЛУСАВАНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (Нурнус-Гутан-сарский участок).

Т а б л и ц а 12

Химический состав четырех образцов следующий:

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	R ₂ O	ппп
76,50	11,96	2,22	0,97	0,48	0,02	7,52	0,33
73,51	14,01	1,87	1,06	1,33	0,10	7,79	0,33
78,98	11,54	1,66	0,79	0,34	0,02	6,35	0,32
74,98	12,85	1,79	0,94	0,17	0,03	8,99	0,29

Т а б л и ц а 13

Результаты определения потерь при прокаливании:

Потери в % при температуре в градусах С				
100	500	900	1000	1200
0,082	0,25	0,22	0,41	0,41
0,098	0,24	0,21	0,33	0,32
0,070	0,22	0,24	0,32	0,33
0,085	0,20	0,19	0,29	0,29
0,100	0,26	0,28	0,33	0,35

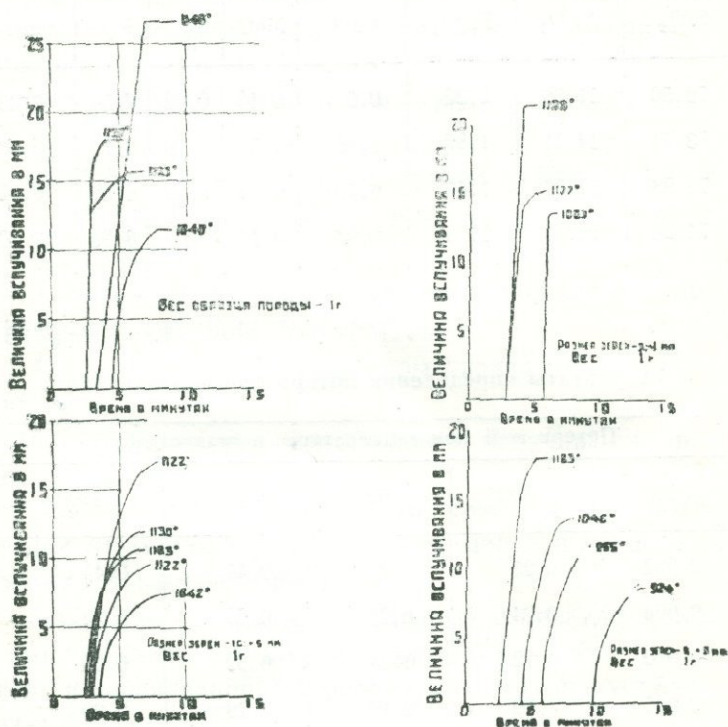
Динамика вспучивания одного грамма образца породы в зависимости от величины её частиц, от температуры и продолжительности нагрева их приводится ниже в виде диаграммы (фиг. 24).

Из этого графика следует, что;

1. Оптимальная продолжительность времени колеблется от 1 до 3 минут.

2. Для мелких фракций (от 1—3 мм и от 3—5 мм) величина вспучивания возрастает по мере увеличения температуры (в пределах до 1190°).

Динамика вспучивания образцов породы



Фиг. 24 Теплопроект—1956 г. С. П. Каменецкий.

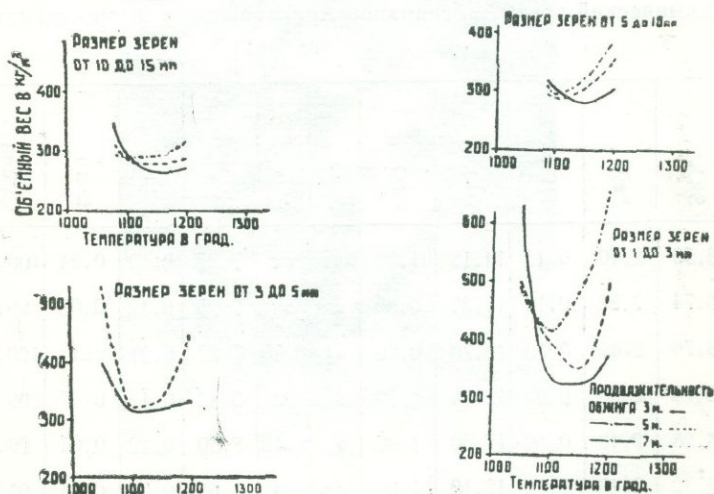
3. Для фракций больших размеров (5—10 мм и 10—15 мм) наибольшая величина вспучивания достигается при температуре 1120—1140°.

Следующая диаграмма показывает зависимость объемного веса куса обожженной породы от температуры, времени обжига и размеров частиц испытуемого образца (фиг. 25).

Из приведенного графика следует, что лучшие результаты по величине объемного веса получены при обжиге зерен породы размером от 5 до 15 мм при температуре от 1100 до 1150°C и продолжительности обжига от 3 до 5 минут. В этом случае удалось получить щебень с объемным весом в куске от 250 до 290 кг/м³.

При одном и том же режиме тепловой обработки объемный вес вспученного щебня растет с уменьшением размеров кусков сырой породы. С увеличением времени обжига, при температуре выше 1100°C объемный вес вспученного щебня также растет. Коэффициент вспучивания колеблется от 7,5 до 10,5.

Зависимость объемного веса (в куске) обожженной породы от температуры и времени обжига



Фиг. 25. Теплопроект—1956 г. С. П. Каменецкий

Помимо лабораторных исследований, обсидианы Нурнус-Гутан-сарской залежи (Аркельский участок) подвергались испытанию и во вращающейся печи Подольского опытного завода „НИИ-цемент“.

Результаты испытаний обжига дробленного обсидиана с начальным объемным весом 1042—1285 кг/м³ следующие: объемный вес вспученного в куске от 264—405 кг/м³ в среднем 325 кг/м³, объемный вес вспученного щебня в россыпи от 218—280 кг/м³.

Материал, получаемый во вращающейся печи, характеризуется большим объемным весом и значительно большей прочностью (предел прочности отдельных кусков вспученного обсидиана от 25 до 60 кг/см²), что обусловлено постепенным нагревом породы.

II. ОБСИДИАНЫ АРАГАЦКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

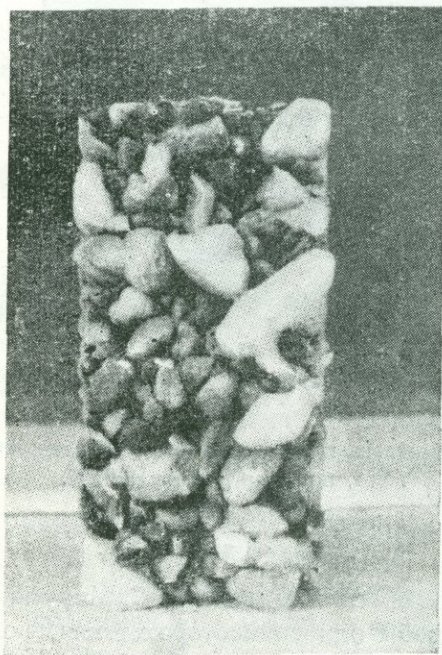
Таблица 14

Химический состав обсидианов Арагацкого месторождения:
(по А. Г. Мирумяну)

SiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O+Na ₂ O	пш	Влага	Сумма
73,56	2,40	0,12	14,18	1,80	нет	нет	7,25	0,12	0,04	100,3
76,74	2,80	0,10	11,30	0,90	»	»	7,25	0,12	0,08	99,71
76,76	2,40	0,10	12,70	0,80	»	0,10	7,22	0,21	нет	100,29
76,70	2,00	0,09	12,04	0,50	»	сл	8,44	0,11	0,07	99,85
75,28	2,40	0,10	11,50	1,00	»	0,12	8,50	0,22	0,04	99,12
75,32	2,40	0,10	12,10	1,00	сл	сл	8,65	0,06	0,11	99,63
74,00	2,80	0,10	12,10	0,70	нет	нет	8,50	2,00	0,18	100,0
75,50	2,00	0,09	9,91	2,30	»	сл	10,45	0,12	0,06	100,37
74,98	2,40	0,10	11,98	1,12	нет	0,02	8,28	0,37	0,07	100

Температура начала вспучивания арагацского обсидиана и
потери при прокаливании
(по А. Г. Мирумян)

№ № выработ.	Гранулометр. состав	Температура начала вспучив.	ппп в % %
№ 3	3 - 5 мм	1070°	0,21
№ 4	3—5 мм	1100°	0,11
№ 4	3—5 мм	не вспучивает. при 1300°	0,05



Фиг. 26.

Ярко выраженная форма зависимости вспучивания обсидиана от количества магматической воды, щелочей и других элементов, при температуре 1180°C. Отдельные куски не вспучиваются даже при температуре 1300—1340°C.



Фиг. 27.

Вспучивание обсидиана при различном количестве магматической воды, при температуре 1180°C .

а—содержание воды $0,12\%$.

б—содержание воды $0,17\%$.

Исследовав эти обсидианы А. Г. Мирумян (44) установил, что пробы одного месторождения, но из разных шурфов, содержат различное количество магматической воды и вспучиваются при разной температуре, причем при отсутствии воды вовсе не вспучиваются.

Интенсивность вспучивания зависит исключительно от количества магматической воды: чем больше воды в обсидиане, тем ниже температура вспучивания породы и выше коэффициент вспучивания.

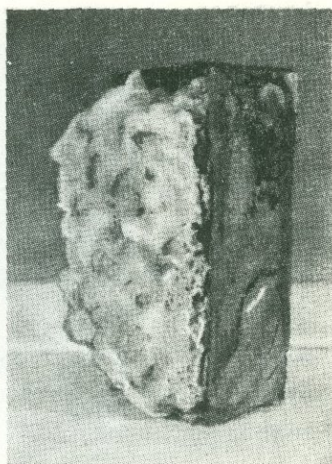
„Вспучивание обсидиана является функцией трёх факторов: количества растворенной воды, температуры и продолжительности вспучивания. С изменением одного из них изменяется характер вспучиваемого обсидиана“. (А. Г. Мирумян).

Температура вспучивания обсидиана находится в тесной связи и с количеством, и с размерами содержащихся в нем зерен. Так, температура, при которой вспучивается 1 г обсидиана отличается от той, которая нужна хотя бы для одного килограмма. При вспучивании нет необходимости предварительного нагрева печи до известной температуры, ибо обсидиан вспучивается не хуже и при постепенном поднятии температуры. С целью установления оптимальной температуры в зависимости от величины зерен щебенки и гранулометрического состава, были изготовлены просеиванием следующие фракции щебня: 5—10, 10—15, 15—20, 20—40 мм.

Температурный интервал при опытах находился между 1070—1230°C. Здесь также автор приходит к выводу, что вспучивание зависит в основном от количества растворенной магматической воды, и чтобы доказать это, А. Г. Мирумян в одной части формы расположил обсидиан с содержанием магматической воды 0,17, в другом с содержанием воды 0,12%. Температура вспучивания была 1180°C. Образец с содержанием 0,17% воды вспучился примерно в полтора раза больше. Лучшие результаты по величине объемного веса получены при обжиге щебня—10—15 мм при температуре обжига 1100—1180°C и при продолжительности 20—30 минут. Рассортировка обсидиана по содержанию магматической воды улучшает получение легковесных блоков с объемным весом 110—280 кг/м³.



Фиг. 28. Сравнительно слабо
вспученный обсидиан.



Фиг. 29. Сильно вспученный
обсидиан.

Средние объемные веса в куске обсидиана Арагацкого месторождения различных фракций, вспученных при различных температурах, приводятся ниже.

Таблица 16

Средние объемные веса в куске обсидиана Арагацкого месторождения

Температура вспучивания в градусах С	Объемный вес (в куске) обсидиана в кг/м ² для фракций с размерами зерен в мм				
	40—20	20—15	15—10	10—5	5—3
1050	380	400	400	450	600
1100	360	380	420	450	540
1150	220	250	320	350	470
1200	84	119	280	350	420

Из данных таблицы видно, что с повышением температуры обжига уменьшается объемный вес. С уменьшением гранул до 5—3 мм понижается вспучиваемость, так как щебёнка, будучи мелкой, быстро обезвоживается. Чем сильнее вспучен обезвоживатель, тем ниже его механическая прочность. Проба с объемным весом 84 кг/м^3 легко крошилась при раздавливании пальцами.

Определение вспучиваемости в разных печах и при разных температурах дали резко отличающиеся друг от друга коэффициенты вспучивания—от единиц до 28,0.

Дополнительные испытания обсидианов в силикатной печи АИСМ-а привели к более вероятным результатам: из десяти определений средний коэффициент вспучивания составил 14, колеблясь в пределах от 6,7 до 28,0.

III. ОБСИДАНЫ АКУНКСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

По сравнению с обсидианами Арагацского месторождения магматической воды в них меньше, а содержание CaO , наоборот, больше. Меньше также и количество $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$. Ниже приводится таблица химического состава (см. табл. 17).

Таблица 17

	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	+ Na ₂ O K ₂ O	Fe ₂ O	Влаги 100°C	ппп 1000°	Сумма
	74,34	0,14	14,56	2,40	нет	нет	6,12	2,80	нет	0,13	100,49
	74,04	0,14	12,46	3,20	»	»	7,24	3,20	0,10	0,08	100,46
	74,84	0,14	14,06	2,90	»	»	5,62	2,80	0,15	0,09	100,60
	73,98	0,11	13,99	2,40	»	0,10	7,25	2,40	0,12	0,05	100,30
	73,16	0,11	14,29	2,40	»	»	7,65	2,40	нет	0,18	100,19
	75,18	0,11	9,49	2,20	»	»	8,50	4,00	0,10	0,12	99,70
	73,92	0,11	15,39	2,00	»	»	6,25	2,80	0,08	0,32	100,87
Среда	74,50	0,12	13,46	2,50	—	—	6,95	2,92	0,08	0,14	100,67

Температура начала вспучивания обсидиана Акункского месторождения приводится в нижеприводимой таблице:

Таблица 18

Наименование и место взятия пробы	Диаметр частиц в мм	Температура нача- ла вспучивания	ппп
Ряд. пр., канава № 1	3—5	1180—1240	0,13
» » № 3	3—5	1180—1260	0,09
» » № 4	3—5	1180—1260	0,05
» » № 6	3—5	1180—1240	0,12
Валовая проба	3—5	1100—1150	—
» »	3—5	1100—1150	0,15

Здесь также, чем меньше магматической воды в обсидиане, тем выше температура вспучивания породы.

Коэффициент вспучивания для обсидианов Акункского месторождения составил в среднем из восьми определений 9,8, колеблясь в пределах от 4,9 до 18,8.

IV. ПЕРЛИТЫ ФОНТАНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ.

Таблица 19

Химический состав перлитов Фонтанского месторождения

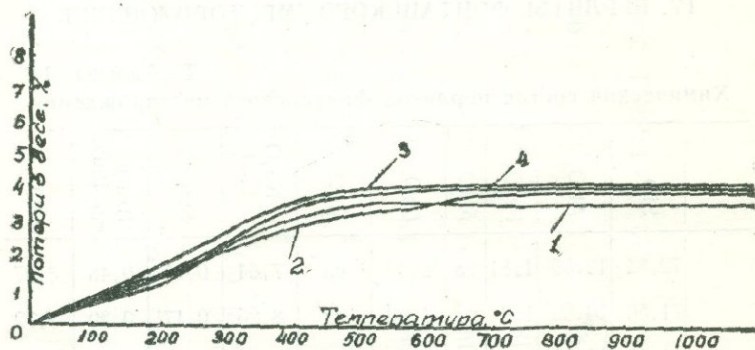
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	CaO	MgO	Na ₂ O + K ₂ O	SO ₃	Влага при 100°C	ппп
	72,34	12,59	1,81	сл	2,40	сл	7,64	0,15	0,48	3,07
	71,56	13,66	1,64	сл	1,00	сл	8,25	0,17	0,30	3,72
	71,66	13,92	1,48	сл	1,30	сл	7,74	0,15	0,31	3,75
	71,64	14,02	1,48	сл	1,10	0,11	7,91	0,16	0,37	3,58
Сред.	71,80	13,55	1,62	сл	1,45	0,027	7,89	0,16	0,36	3,53

Потери в весе образцов породы при различных температурах приводятся ниже в таблице № 20.

Таблица 20

	Потери в весе при температуре в градусах С					
	100	200	400	600	800	1000
	0,59	1,40	3,46	3,64	3,69	3,75
	0,52	1,29	2,99	4,03	4,13	4,19
	0,69	1,61	3,91	4,12	4,22	4,17
	0,45	1,43	3,80	4,07	4,12	4,12
Среднее:	0,56	1,43	3,54	3,96	4,04	4,06

Из приведенных в табл. 20 данных следует, что содержащаяся в пробах перлита вода, в основном, удаляется при температуре до 600°C, что обязывает производить вспучивание перлита в минимально короткие сроки.



Фиг. 30.

Графическое изображение данных, приведенных в табл. 20, см. на фиг. 30.

Для предварительного определения температуры вспучивания фонтанского перлита, он был измельчен до 3—5 мм и потом помещен в заранее нагретую печь.

Температура вспучивания при продолжительности вспучивания 10—15 сек.: пробы №№ 1—880°C, 2—840°C, 3—860°C, 4—820°. Для определения коэффициента вспучивания перлита, при обжиге его во взвешенном состоянии, загружалась в опытную печь измельченная и просеянная порода величиной зерен до 0,5, от 0,5 до 1,0 мм, от 1,0 до 2,0 мм, от 2,0 до 3,0 мм. Зерновой состав и объемный вес отдельных фракций вспученного перлита Фонтанского месторождения приводится ниже в таблице 21.

Из составленных нами диаграмм следует, что наиболее выгодным исходным материалом, в отношении размеров, являются исходные зерна от 2 до 3 мм, которые дают до 17 и более процентов вспученного перлита с размерами частиц 3 мм. Почти наполовину меньше в процентном соотношении дают перлиты размерами от 1 до 2 мм. При исходном материале размером от 0,5 до 1,0 мм после вспучивания преобладают зерна размерами менее 0,25 мм.

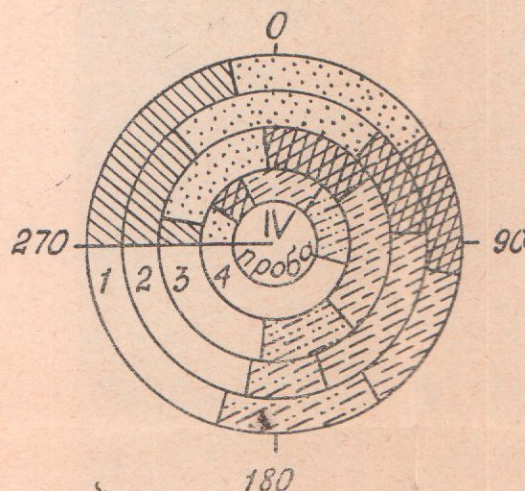
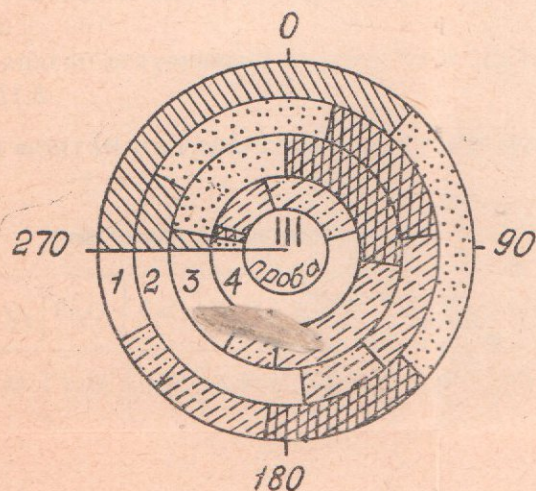
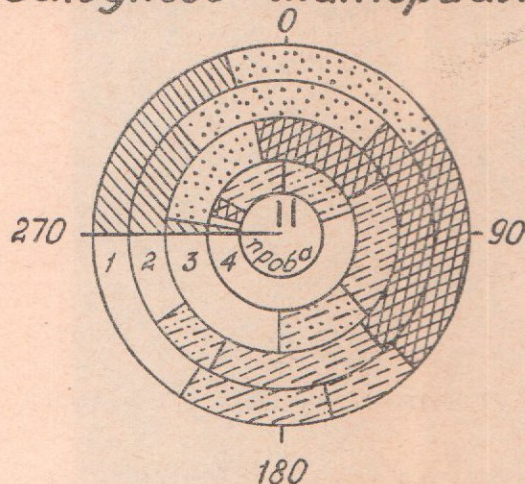
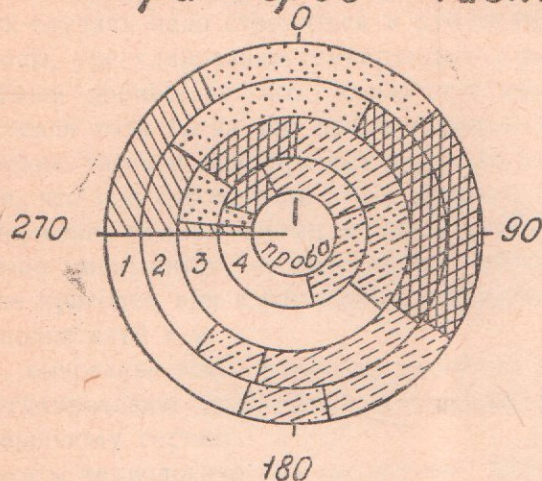
В таблице 21 наглядно показано, как резко повышается объемный вес вспученного перлитового песка, когда в исходном материале преобладают мелкозернистые пески. Это приводит к тому, что при необходимости можно избежать исходного перлита с размерами зерен менее 0,5 мм и, в основном, размерами менее 0,5 мм.

Во всех 4 диаграммах, после фракции с размером 0,25 мм, следует резкое увеличение процентного содержания частиц размерами менее 0,25 мм. Это вероятно, зависит либо от наличия избыточной воды, либо от низкой температуры в печи, либо от продолжительности обжига.

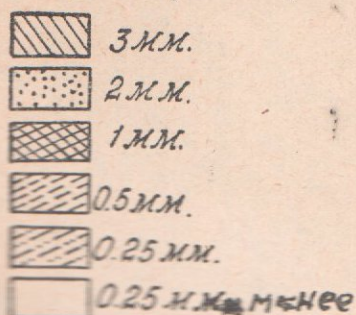
В первом случае, избыточная вода при вспучивании может разрывать частицы сырого перлита на очень

образцы №№	Размер зерен сырой породы до обжига в мм	Зерновой состав и объемный вес вспученного перлитового песка											
		Остатки на ситах с размерами ячеек в мм в процентном отношении						Объемные веса для отдельных фракций в кг/м³					
		3 мм	2 мм	1 мм	0,5 мм	0,25 мм	менее 0,25 мм	3 мм	2 мм	1 мм	0,5 мм	0,25 мм	менее 0,25 мм
1	От 2 до 3	17,30	21,10	21,30	12,80	7,40	20,10	58	60	67	71	74	96
1	От 1 до 2	9,30	23,60	27,00	19,30	7,20	13,60	55	55	70	98	103	126
1	От 0,5 до 1	1,40	8,30	16,30	17,60	17,00	39,40	40	44	44	55	74	158
1	Меньше 0,5	1,60	3,50	11,70	27,20	25,40	30,60	32	78	140	151	—	—
2	От 2 до 3	20,50	20,00	16,00	13,20	7,90	22,40	59	65	75	83	90	98
2	От 1 до 2	12,30	24,20	27,00	19,20	7,00	10,20	55	59	78	127	128	131
2	От 0,5 до 1	2,15	18,25	21,60	19,90	12,80	25,30	52	72	80	85	100	140
2	Меньше 0,5	0,75	1,82	4,82	17,21	19,40	56,00	37	38	97	124	—	—
3	От 2 до 3	37,50	24,20	15,30	10,70	4,50	7,80	75	97	102	124	141	153
3	От 1 до 2	8,30	21,50	19,10	14,85	9,65	26,60	46	57	68	81	83	116
3	От 0,5 до 1	2,70	21,10	27,80	24,30	8,00	16,10	47	60	73	98	122	140
3	Меньше 0,5	—	1,40	3,00	15,40	26,00	54,20	—	67	77	84	86	160
4	От 2 до 3	21,00	19,00	12,00	13,00	15,00	20,00	72	73	85	92	93	117
4	От 1 до 2	12,35	22,90	16,30	16,90	8,35	22,20	56	58	71	81	93	101
4	От 1 до 0,5	4,00	18,60	17,10	22,70	13,60	24,00	57	65	81	122	160	166
4	Меньше 0,5	—	7,00	9,00	18,00	19,00	47,00	—	57	82	88	92	164

зависимость зернового состава вспученного перлитового песка от размеров частиц исходного материала



остатки на сите
по размерам ячеек



Каждая проба состоит
из
четырёх фракций

1. Круг - исходная фракция размерами от 2 до 3 мм.
2. Круг - исходная фракция размерами от 1 до 2 мм.
3. Круг - исходная фракция размерами от 0.5 до 1 мм.
4. Круг - исходная фракция разм. менее 0.5 мм.

Масштаб диаграммы 1% = 3.6°

мелкие частицы. Понижение температуры также способствует этому, так как при этом бурное выделение газов не сопровождается образованием пиропластического упругого состояния стекла, что ведет к разрушению и распылению его на мелкие частицы.

В третьем случае, при продолжительном обжиге происходит перевспучивание породы, которое зачастую может разрушить вспученные ячейки до превращения их в мелкие частицы (либо расплавить).

Во всех случаях надо стремиться к удалению избыточной воды, урегулированию температурного режима и тем самым добиваться того, чтобы пластическое состояние стекла хотя бы на миг предшествовало бурному выделению газов и газообразных водяных паров. Нам кажется, что при соблюдении этого правила, процентное содержание мелких частиц, начиная от 0,25 мм и менее, резко уменьшится и полученный материал будет вполне пригоден при изготовлении сверхлегких бетонов, заполнителей и т. д.

Кстати, выяснение этих вопросов, вероятно, приведет к урегулированию процессов вспучивания перлитов по зерновому составу.

Результаты технологических испытаний валовых проб перлитов Фонтанского месторождения весьма положительные.

Коэффициент вспучивания колеблется в пределах от 8,87 до 11,6.

V. ПЕРЛИТЫ ФОНТАН-ДЖРАБЕРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Таблица 22
Химический состав перлитов

SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	$\begin{matrix} + \text{Na}_2\text{O} \\ + \text{K}_2\text{O} \end{matrix}$	Влага 100°C	ппп 1000°C
72,20	14,67	1,23	2,00	0,97	5,14	0,10	3,97

Потери в весе породы при температуре в градусах С:

Таблица 23

Потери в весе в % при температуре в градусах С				
100	200	400	600	800
0,12	1,28	3,17	3,41	3,56

Температура вспучивания при продолжительности вспучивания 15 сек. для данной пробы 890° . По температуре вспучивания перлитовая порода должна быть отнесена в легковспучиваемым перлитам, характеризующимся высоким коэффициентом вспучивания—для фракций породы с размером зерен до 0,7 мм от 13,9—16,4, а для исходной фракции с размером зерен от 0,7—1,2 мм, от 7,5—10,6.

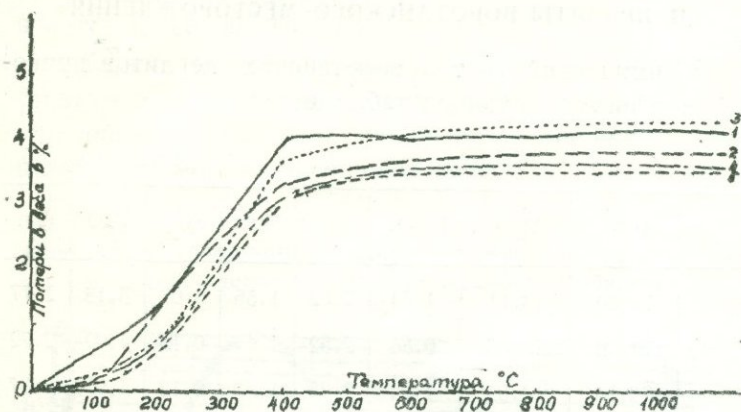
VI ПЕРЛИТЫ АРАГАЦСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Таблица 24

Химический состав 5 проб

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	CaO	MgO	SO ₂	R ₂ O	Влага 100°С	при 1000°С
	72,36	13,88	0,92	—	1,80	0,76	сл	6,97	0,25	3,35
	73,96	14,10	0,70	—	0,70	сл	0,03	5,54	0,24	4,95
	74,06	13,37	0,73	—	0,22	сл	0,34	7,79	0,20	3,49
	74,04	14,16	0,74	—	1,30	0,36	0,15	6,00	0,07	3,31
	57,92	15,70	0,70	—	0,40	0,04	0,15	5,64	0,16	3,45
Сред.	73,67	14,24	0,76	—	0,88	0,25	0,13	6,39	0,18	3,71

Потери в весе образцов Арагацского перлита при различных температурах (по данным Теплопроекта за 1959 г. см. фиг. 32).



Фиг. 32. Теплопроект—1959 г. А. И. Мерзляк

Из приведенных на графике данных следует, что содержащаяся в пробах перлита вода, в основном, удаляется при температуре 600°C, что обязывает произвести вспучивание измельченного перлита в заранее нагретой до требуемой температуры печи.

Температура вспучивания при продолжительности вспучивания 10—15 сек. составила для пробы № 1 840—960°, пробы № 2—830—940°, пробы № 3—850—970° (связь с СаО), пробы № 14—840—980°, пробы № 6—850—940°C.

Коэффициент вспучивания перлитов Арагацкого месторождения колеблется в пределах от 8,5 до 15,9. При этом, пробы подвергались термическому испытанию два раза, в первом случае размеры частиц перлита были от 0,7 до 1,2 мм, во втором случае—менее 0,7 мм. В процессе вспучивания выяснилось, что большим коэффициентом вспучивания обладают те вспучен-

ные перлитовые пески, у которых исходный материал имел бо́льший диаметр (0,7—1,2 мм).

VII. ПЕРЛИТЫ ВОРОТАНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Химический состав воротанских перлитов приводится в нижеследующей таблице:

Таблица 25

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	R ₂ O	ппп
	73,20	13,11	1,34	2,82	1,56	0,07	5,13	2,77
	72,50	15,06	0,84	2,52	1,31	0,15	4,90	2,72
	73,93	13,54	1,04	2,35	1,67	0,13	4,97	2,37
	74,11	11,57	1,73	1,72	0,18	0,02	8,37	2,30
Сред.	73,43	13,42	1,24	2,35	1,18	0,09	5,84	2,53

Потери при прокаливании при разных температурах приводятся ниже:

Таблица 26

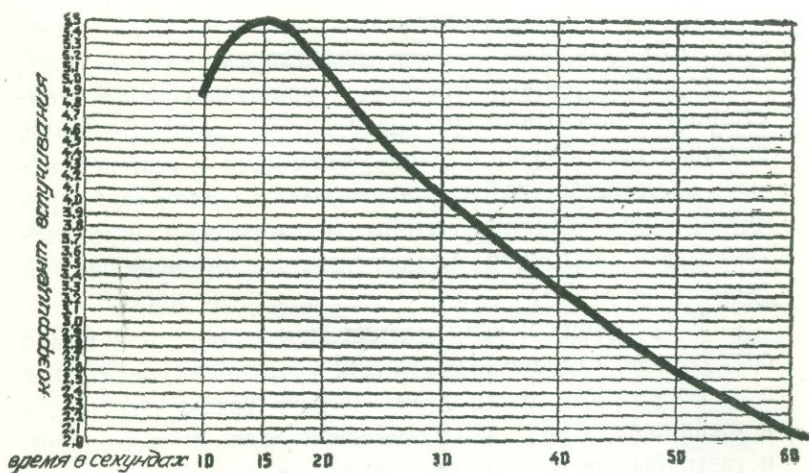
	Потери в % при температурах в градусах С					
	100	300	500	800	1000	1200
	0,212	1,215	2,560	2,700	3,180	2,820
	0,054	1,154	2,340	2,620	2,770	2,670
	0,020	0,120	0,510	2,300	2,300	2,300
	0,560	0,930	3,180	4,300	4,500	4,500
Сред.	0,211	0,855	2,150	2,540	3,190	3,070

Температура начала вспучивания образцов перлита Воротанского месторождения равна $860-930^{\circ}\text{C}$.

Зависимость коэффициента вспучивания от температуры и продолжительности тепловой обработки приводится ниже, на фиг. 33.

Обжиг перлита производился во взвешенном состоянии в лабораторной горизонтальной электрической неподвижной печи, в вертикальной установке, а также в лабораторной вращающейся печи.

Зависимость коэффициента вспучивания перлита Воротанского месторождения от продолжительности обжига



Фиг. 33. Теплопроект-1956 г. П. Камеяцкий

Результаты испытаний полученного материала (куска) приводятся ниже.

Лучшие результаты, как видно, получаются при обжиге породы во взвешенном состоянии в опытной вертикальной установке.

Вид печи	Температ. обжига в градус. С	Объем всс вспу- чиван. матер. в кг/м ³	Исходная фрак- ция дроблен. породы в мм
Лабораторная вращающаяся печь	1100	350 - 380	3—15
Лабораторная горизонтальная не- подвижная печь	1100	250—300	3—15
Опытная вертикальная установка	1100	150—160	3—15

Анализируя вышеописанное, мы приходим к выводу, что суть вспучивания перлитов сводится к тому, что создание пиропластического-эластично-вязкого состояния силикатного расплава и бурное выделение водяных газообразных паров, возможно и при небольшом количестве газов, производились почти одновременно при условии, чтобы достижение пиропластического состояния незначительно им предшествовало.

Весь процесс вспучивания представляется нам в следующем порядке: при высокой температуре кислое вулканическое стекло моментально размягчается; содержащаяся в нем магматическая вода, а возможно, и газы, быстро расширяясь, создают большое давление и надувают заключающую их силикатную массу до тонкопленочных пузырьков.

Расширяющиеся газовые пузырьки на своем пути преодолевают силы сцепления между атомами силикатного расплава, силу тяжести вышележащего столба силикатного расплава (разумеется, при потоках или больших объемах), а также силы поверхностного натяжения. Силы поверхностного натяжения не всегда выдерживают давление бурно выделяющихся и расши-

ряющихся водяных газообразных паров и отчасти, как уже говорилось, газов. Поэтому часть пор открыта или сообщается между собой. Нет сомнения, что силы сцепления между атомами силикатного расплава гораздо большие, чем, скажем, в основных лавах, и поэтому вспучивание материала основных лав отличается толстостенными, обрывистыми ячейками и сравнительно большим объемным весом.

Отсюда вытекает, что, в зависимости от процентного содержания водяных паров и газов, происходит соответствующее им вспучивание той или другой частицы силикатного расплава.

Вспучивание перлитов и обсидианов находится в тесной зависимости от нижеследующих факторов: химического состава пород; степени кристаллизации; размеров частиц исходного материала; температурного режима обжига; вида печи и состояния породы в ней.

1. Химический состав породы должен варьировать в допустимых пределах. Необходимо учесть, что при очень незначительном содержании магматической воды вспучивание не происходит, должна быть удалена также и избыточная вода, наличие которой ведет к разрушению породы без вспучивания.

2. Кристаллическое состояние породы резко уменьшает процесс вспучивания, а в некоторых случаях исключает его.

3. Решающую роль приобретают размеры частиц исходного материала. При очень крупных частицах перлита (крупнее 25–30 мм), они не вспучиваются—растрескиваются и разрушаются без вспучивания. Нежелательный эффект получается и при очень мелких частицах (менее 0,01 мм фракциях). Установлено, что качество готовой продукции в некоторой степени зависит от размеров частиц исходного материала (в этом вопросе имеются противоречия). Крупные частицы

создают хорошо вспученный легкий песок, тогда как очень мелкие*)—нет. Оптимальными размерами для перлитов приняты 0,5—3 мм, для обсидианов они могут быть увеличены в десятикратном размере.

4. Температурный режим должен быть установлен после неоднократных испытаний в следующем порядке:

а) порода после дробления должна быть рассортирована по фракциям;

б) каждая фракция должна быть испытана при постоянной температуре с изменением промежутка времени;

в) эти же фракции должны быть испытаны при постоянных промежутках времени с изменением температуры;

г) все фракции, вместе взятые, должны быть испытаны при резко сокращенном промежутке времени. При таких условиях интересно испытать и стекла с разным содержанием магматической воды и т. д.

После всего этого нужно установить оптимальный температурный режим вспучивания.

5. Многочисленные эксперименты, произведенные как за рубежом так и у нас, говорят и о значительной роли печей и состоянии вспученных в них частиц. Так, в институте „Теплопроект“ эффективное вспучивание взвешенных перлитовых частиц было достигнуто в вертикальной печи. Хороших результатов добился Научно-исследовательский институт камня и силикатов при вспучивании перлита в печи с кипящим слоем.

В заключение отметим, что ряд имеющихся противоречий по искусственному вспучиванию кислых стекол, а также некоторые нерешенные вопросы говорят о том, что механизм вспучивания кислых стекол требует дальнейшего тщательного изучения.

*) НИИ камня и силикатов подбором соответствующего оборудования и режима добился хорошего вспучивания и мелких частиц.

ГЛАВА V

ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПЕРЛИТОВ, ЛИТОИДНЫХ ПЕМЗ И ОБСИДИАНОВ АРМЯНСКОЙ ССР

Качество вспученных перлитов и обсидианов определяется: объемным весом; коэффициентом теплопроводности; пределом прочности при сжатии; водопоглощением; пористостью и характером пор.

В таком порядке мы и будем излагать физико-механические свойства этих пород по известным месторождениям Арм. ССР. Прежде чем приступить к их описанию, отметим, что в главе „Вспучиваемость перлитов и обсидианов“ нами не была описана вспучиваемость литоидных пемз, которые, ввиду небольшого объемного веса, применяются в строительстве порой и без вспучивания, хотя они могут быть вспучены и использованы в тех же целях, что и перлиты. И так как применение литоидных пемз в строительстве и, особенно, в гидротехнических сооружениях республики приобретает все большее значение, мы сочли необходимым привести соответствующие данные и по литоидным пемзам, составленные З. А. Ацагорцяном.

1. ОБСИДИАНЫ ЛУСАВАНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (НУРНУС—ГУТАН-САРСКИЙ УЧАСТОК)

Объемные веса этих обсидианов до вспучивания колеблются в пределах от 2170 до 2570 кг/м³, составляя в среднем из 17 образцов 2428 кг/м³.

Удельный вес их равен 2,5 г/см³ по тем же 17 образцам. Пористость колеблется в пределах от нуля до 10% от веса, составляя в среднем 2,8%. Объемные веса вспученных обсидианов, как уже говорилось неоднократно, помимо остальных факторов, зависят также от размеров вспучиваемых частиц, от продолжительности обжига и от температуры, что видно из приводимой ниже таблицы.

Таблица 28

Размер зерен породы в мм	Температ. обжига в град. С	Продолж. обжига в мин.	Объемный вес кг/м ³ в куске
1	2	3	4
от 10 до 15	1080	3	350
»	1100	3	295
»	1150	3	255
»	1200	»	270
»	1080	5	312
»	1100	»	285
»	1150	»	280
»	1200	»	288
»	1080	7	295
»	1100	»	290
»	1150	»	295
»	1200	»	305

(продолжение)

1	2	3	4
От 5 до 10	1080	3	320
»	1100	»	300
»	1150	»	280
»	1170	»	290
»	1200	»	308
»	1080	5	295
»	1100	»	288
»	1150	»	310
»	1200	»	360
»	1080	7	360
»	1100	»	295
»	1120	»	300
»	1150	»	328
»	1200	»	400
От 3 до 5	1050	3	400
»	1065	»	376
»	1100	»	312
»	1150	»	320
»	1200	»	328
»	1050	5	530
»	1100	»	320
»	1130	»	322
»	1150	»	335
»	1200	»	435
От 1 до 3	1050	3	630

(продолжение)

1	2	3	4
От 1 до 3	1100	3	330
»	1120	»	325
»	1150	»	328
»	1180	»	340
»	1200	»	380
»	1050	5	500
»	1100	»	400
»	1150	»	350
»	1200	»	500
»	1050	7	490
»	1100	»	412
»	1170	»	530
»	1200	»	650

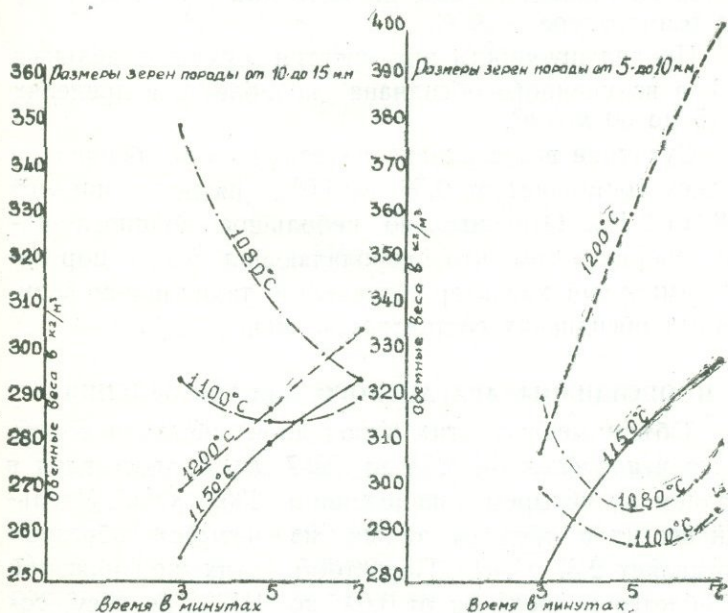
Как видно, лучшие результаты по величине объемного веса получены при обжиге зерен размером от 5 до 15 мм, при температурах от 1100°C до 1150°C и при продолжительности обжига от 3 до 5 минут.

В этом случае удается получить щебень с объемным весом в куске от 250 до 290 кг/м³. При одном и том же режиме тепловой обработки объемный вес вспученного щебня растет с уменьшением размеров зерен сырой породы, объемный вес вспученного обсидиана растет также при продлении обжига при температуре свыше 1150°C, а в некоторых случаях даже при 1100°.

Зависимость объемного веса обожженного обсидиана от температуры и времени показана на фиг. 34, где наглядно видно, что лучшие результаты по величине

объемного веса получены при обжиге зерен размером от 5 до 15 мм, при температурах от 1100 до 1150°C и продолжительности обжига от 3 до 5 минут.

Зависимость
*объемного веса вспученного обсидиана от температуры
и времени обжига*



Фиг. 34.

В обоих графиках при температурах 1150—1200°C с уменьшением продолжительности обжига кривые стремительно спускаются вниз, в то время как при температурах 1080 и 1100°C они, спускаясь очень незначительно, тут же поднимаются. Заметим, что по данным графика, с сокращением времени обжига при температуре 1150—1200° уменьшается объемный вес, в то время как при температурах 1080 и 1100° он ограничен. Испытание этих обсидианов на По-

дольском опытном заводе установило, что объемные веса их в щебне колеблются в пределах от 264 до 405 кг/м³, составляя в среднем из десяти определений 325 кг/м³. Объемный вес вспученного щебня в россыпи колеблется в пределах от 218 до 280 кг/м³.

Коэффициент теплопроводности вспученных обсидианов составляет от 0,07 до 0,13 ккал./м. час. град. при температуре +30°C.

Предел прочности при сжатии сухих отдельных кусков вспученного обсидиана колеблется в пределах от 25 до 60 кг/см².

Суточное водопоглощение вспученных обсидианов по весу составляет от 2,58 до 5,00%, пятисуточное—от 0,58 до 8,10%. Относительно небольшое водопоглощение говорит о том, что преобладающая часть пор носит замкнутый характер. Количество таких пор во вспученных обсидианах составляет не менее 70%.

II. ОБСИДАНЫ АРАГАЦСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Объемные веса этих пород до вспучивания колеблются в пределах от 2353 до 2367 кг/м³, составляя в среднем по четырем определениям 2359 кг/м³. Удельный вес их в среднем также из четырех образцов составляет 2,37 г/см³. Пористость этих же образцов колеблется в пределах от 0,04 до 1,13% по весу, составляя в среднем по четырем определениям 0,52%. Объемные веса вспученных обсидианов колеблются в пределах от 84 до 350 кг/м³, составляя в среднем из десяти определений 209,5 кг/м³.

Заводское вспучивание обсидианов дало следующие результаты: при вспучивании во вращающейся печи объемный вес в кусках отдельных образцов составил 320, 250, 280, 320, т. е. в среднем 290 кг/м³. Объемный насыпной вес щебня—310 кг/м³.

Коэффициент теплопроводности вспученного обсидиана Арагацкого месторождения равен 0,14, 0,17, 0,20 ккал./м. час. град. при комнатной температуре.

Предел прочности вспученных обсидианов в кусках с увеличением объемных весов увеличивается, но как показано на приведенной таблице закономерности—пропорциональности в этом не наблюдается.

Таблица 29

№ № обр.	Объемные веса в кг/м ³	Предел прочно- сти на сжатие в кг/м ²
1	177	2,5
2	127	1,8
3	32	1,0
4	241	3,0
5	254	4,0
6	350	27,0
Сред.	207	6,55

III. ОБСИДАНЫ АКУНКСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Объемные веса акункских обсидианов до вспучивания колеблются в пределах от 2349 до 2366 кг/м³ составляя в среднем по четырем определениям 2357 кг/м³. Удельный вес тех же четырех образцов составляет в среднем 2,37 г/см³.

Объемные веса вспученных обсидианов, как и в предыдущих, меняются в зависимости от размеров частиц (исходных), от продолжительности обжига, температуры, содержания магматической воды и т. д. Объемные веса их колеблются в пределах от 125 до 480 кг/м³, составляя в среднем 284,7 кг/м³.

Объемный вес акункских обсидианов, при вспучивании в заводских условиях с размерами исходных частиц от 5 до 15 мм, составил 300, 320, 290, 350, 270 кг/м³—среднее значение 306 кг/м³.

Коэффициент теплопроводности вспученного обсидиана Акунского месторождения, измельченного до состояния песка, — 0,10 ккал./м. час. град. при комнатной температуре.

Таблица 30

№ № обр.	Объемные веса в кг/м ³	Предел прочн. на сжатие в кг/см ²
1	125	1,5
2	240	3,0
3	203	1,5
4	480	28,0
Сред.	262	8,5

Предел прочности вспученных обсидианов поднимается с увеличением их объемных весов, что видно из таблицы № 30.

Средние значения данных, полученных А. Г. Мирумяном, не соответствуют действительным, ибо при таких больших разницах усреднять не рекомендуется.

Пористость невспученных обсидианов колеблется в пределах от 0,33 до 1,00% по весу, составляя в среднем из четырех образцов 0,60%.

IV. ПЕРЛИТЫ ФОНТАНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Объемный вес породы в куске перлита Фонтанского месторождения в среднем по 36 определениям составляет 1550 кг/м³, колеблясь в пределах от 1025 до 1990 кг/м³. Их, как и предыдущие, можно отнести к пемзовидным. Удельный вес в среднем 2,36 г/см³. Общая пористость перлитов Фонтанского месторождения в среднем по 26 определениям составляет 34,32%, колеблясь в пределах от 15,68% до 56,50% по весу.

Водопоглощение по 11 определениям составляет: среднесуточное $7,73\%$ с колебанием в пределах от $3,58$ до $12,93\%$, среднее трехсуточное $-8,58\%$ с колебанием от $4,05$ до $15,14\%$ и среднее пятисуточное $-9,42\%$ с колебанием от $4,36$ до $16,71\%$.

Среднесуточное водопоглощение составляет $7,73 \times 1,55 = 11,98\%$, незаполненными остаются $34,32 - 11,98 = 22,34\%$, среднее трехсуточное $-8,58 \times 1,55 = 13,30$, незаполненные водой $-34,32 - 13,30 = 21,02\%$, а среднее пятисуточное $-9,42 \times 1,55 = 14,60\%$, незаполненные водой, соответственно, $34,32 - 14,60 = 19,72\%$. Как и в перлитах Фонтан-Джаберского месторождения большая часть пор замкнута. Объемные веса по фракциям и процентному содержанию каждой фракции в общей массе полученных перлитовых песков, в зависимости от размеров зерен исходного раздробленного песка, приводятся в нижеследующей таблице № 31. (Средние данные по четырем определениям). Коэффициент теплопроводности для вспученных перлитовых песков с объемным весом $70-80 \text{ кг/м}^3$ составляет $0,044 \text{ ккал./м. час. град.}$, для песков с объемным весом $151 \text{ кг/м}^3 - 0,054 \text{ ккал./м. час. град.}$ при температуре $+20^\circ \text{ С.}$

V. ПЕРЛИТЫ ФОНТАН-ДЖАБЕРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Объемный вес этих перлитов в среднем по 50 определениям составляет 1488 кг/м^3 с колебанием в пределах от 1071 до 2132 кг/м^3 . Сравнительно небольшой объемный вес перлитов Фонтан-Джаберского месторождения объясняется их значительным естественным вспучиванием.

Общая пористость их в среднем по тому же числу определений составляет $36,95\%$ с колебанием в пределах от $9,66$ до $54,66\%$. Удельный вес составляет в среднем $2,36 \text{ г/см}^3$. Учитывая небольшой объемный вес и большую пористость, их называют пемзовидными перлитами или литоидными пемзами.

Таблица 31

Размеры частиц исходного перлита в мм	Объемные веса по фракциям в кг/м³						Количество по фракциям в %						
	3	2	1	0,5	0,25	<0,25	3	2	1	0,5	0,25	<0,25	
От 2 до 3	66,0	74,0	82,0	90,2	99,5	116,0	24,07	21,07	16,15	12,42	8,70	16,32	
От 1 до 2	53,0	57,0	71,7	97,0	101,7	118,5	10,84	22,85	22,45	17,61	8,07	17,80	
От 0,5 до 1	49,5	60,25	69,5	90,0	114,0	151,0	2,56	16,56	20,65	21,12	12,85	26,20	
Меньше 0,5	34,5*	60,0	99,0	96,0	89,0*	162,0	0,60	3,43	7,38	19,60	22,62	47,45	

* (Значения со звездочками получены на основании двух определений).

Таблица 32

Размеры частиц исходного перлита в мм	Объемный вес в кг/м ³ по фракциям в мм						Количество по фракциям в процентах					
	3	2	1	0,5	0,25	<0,25	3	2	1	0,5	0,25	<0,25
Менее 0,7	28,7	37,7	41,0	46,0	48,6	78,4	0,30	1,00	5,00	21,36	27,00	45,00
От 0,7 до 1,2 мм	43,5	55,0	65,0	78,0	88,1	104,5	6,00	24,0	20,0	22,0	12,0	16,0

Водопоглощение, также по 50 образцам, составило: среднесуточное 7,76% с колебанием в пределах от 2,3 до 16,35%, среднее трехсуточное—8,83% с колебанием от 3,19 до 18,65% и среднее пятисуточное —9,64 % колебанием от 3,28 до 19,95%.

О характере пор можно судить по количеству поглощенной воды. Если учесть, что средний объемный вес составляет 1488 кг/м³, а среднесуточное поглощение по весу —7,78%, по объему — $7,76 \times 1,49 = 11,56$, то объем пор, незаполненных водой, после суточной выдержки в воде составит $36,95 - 11,56 = 25,39\%$, после трехсуточной — $36,95 - 13,16 = 23,79\%$, а после пятисуточной — $36,95 - 14,36 = 22,59\%$. Таким образом, большая часть пор в перлитах Фонтан-Джраберского месторождения полностью замкнута или сообщается капиллярами, по которым не проникает вода.

Объемные веса вспученных перлитовых песков и их содержание приводится в таблице 32.

Коэффициент теплопроводности вспученного перлитового песка при объемном весе 65 кг/м³ равен 0,035 ккал/м. час. град., а при объемном весе 88 кг/м³ —0,036 ккал/м. час. град.

Коэффициент теплопроводности определен при температуре 20°.

VI. ПЕРЛИТЫ АРАГАЦСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Средний объемный вес породы в куске арагцских перлитов составляет по 32 определениям 1693 кг/м³ с колебанием от 1440 до 2245 кг/м³, что значительно больше, чем в фонтанских и фонтан-джраберских перлитах. Их удельный вес —2,38 г/см³.

Общая пористость в среднем составляет 28,86%, с колебанием от 5,67 до 39,50%, что значительно меньше, чем у перлитов Фонтан-Джраберского и Фонтанского месторождений.

Водопоглощение арагацских перлитов до вспучивания по 32 образцам по весу составляет: среднесуточное — 4,63% с колебанием от 1 до 12,90%, среднее трехсуточное соответственно — 4,70%, с колебанием от 1,04 до 14,10% и среднее пятисуточное — 5,11% с колебанием в пределах от 1,08 до 15,04%.

Количество незаполненных водой пор составляет при среднесуточном водопоглощении $28,86 - (4,63 \times 1,7) = 20,99\%$, при среднем трехсуточном — $28,86 - (4,70 \times 1,7) = 20,87$ и при среднем пятисуточном водопоглощении — $28,86 - (5,11 \times 1,7) = 20,17\%$.

Как видим, и в арагацских перлитах пористость, в основном, носит замкнутый характер.

Объемные веса вспученных перлитовых песков по фракциям при обжиге исходного материала с размерами зерен от 0,7 до 1,2 мм приводятся в нижеследующей таблице.

Таблица 33

№№ проб	Менее 0,25 мм	от 0,25 до 0,5 мм	от 0,5 до 1 мм	от 1,0 до 2 мм	от 2,0 до 3 мм	Более 3 мм
1	—	113	83	78	73	55
2	90,5	57,0	54,5	52	50	44,7

При таких объемных весах истинная пористость, соответственно, составляет от 95,25 до 98,11%.

Данных по теплопроводности вспученных перлитов этого месторождения, к сожалению, не имеется.

VII. ЛИТОИДНЫЕ ПЕМЗЫ ЛУСАВАНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Средний удельный вес литоидной пемзы Лусаванского месторождения составляет 2,36 г/см³, а объемный — колеблется в пределах от 940 до 1970 кг/м³, составляя в среднем 1408 кг/м³. Пористость этих пород

в среднем $39,3\%$ при крайних значениях от $15,4$ до $59,6\%$. Водопоглощение колеблется в пределах от $5,4$ до $24,3\%$. Сопоставляя данные водопоглощения с приведенными выше величинами пористости, легко убедиться, что даже при длительном насыщении пемзы значительная часть пор (больше половины по объему) останется не заполненной водой.

Действительно, среднее значение пористости литоидной пемзы по нашим данным составляет $39,3\%$, а водопоглощение по объему — всего $15,6\%$.

Таким образом, после суточного хранения в воде при атмосферном давлении и комнатной температуре заполняются водой лишь 40% объема пор, в редких случаях больше. Отмеченное нами существенное отличие объемного водопоглощения от пористости отражает характер структуры литоидной пемзы.

Мы имеем основание утверждать, что значительная часть пор в литоидной пемзе замкнута или связана с внешней средой лишь весьма тонкими капиллярами, недоступными в нормальных условиях проникновению воды. Испытания водопоглощаемости литоидной пемзы при кипячении ее в воде показали, что в нормальных условиях вода может проникать в недоступные поры.

Образцы после кипячения и при их дальнейшем пребывании в воде комнатной температуры давали некоторый дополнительный прирост водопоглощения. Постоянный вес достигался лишь спустя 4—5 суток. В итоге, величина водопоглощения достигала в среднем $34,6\%$ по объему, что довольно близко подходит к средней величине пористости — $39,3\%$.

Предел прочности литоидной пемзы при сжатии определяется на образцах кубической формы. Эта величина составляет в среднем 170 кг/см^2 при колебании $47\text{—}344 \text{ кг/см}^2$ в сухом состоянии образца и 168 кг/см^2 с колебаниями $51\text{—}297 \text{ кг/см}^2$ в водонасыщенном состоянии.

При испытаниях оказалось, что предел прочности образцов зависит от текстуры породы. Так, при сжатии параллельно „струям“ литоидной пемзы среднее значение составляет 239 кг/см^2 , колеблясь в пределах от 145 до 344 кг/см^2 , в то время как при сжатии перпендикулярно „струям“ соответствующие данные составляют 147 кг/см^2 и от 51 до 247 кг/см^2 .

Морозостойкость кусковой литоидной пемзы была изучена попеременным ее замораживанием при температуре -17°C и оттаиванием в воде комнатной температуры. После 50 циклов испытаний образцы не обнаруживали каких-либо видимых признаков разрушения или изменения.

Сопротивление сжатию после замораживания оказалось в среднем 188 кг/см^2 с колебаниями от 80 до 393 кг/см^2 . Можно предполагать что, они выдержат гораздо большее количество циклов замораживания.

Истираемость литоидной пемзы составляет в среднем $2,8 \text{ г/см}^2$.

ГЛАВА VI

1) СООБРАЖЕНИЯ О ГЕНЕЗИСЕ ПЕРЛИТОВ, ОБСИДИАНОВ И ЛИТОИДНЫХ ПЕМЗ

Вопросом генезиса этих, весьма интересных как в прикладном, так и петрографическом отношении пород, занимались немногочисленные ученые. Характерные структурно-текстурные особенности (см. фиг. 1—17), переходы от плотных липаритов к пористым литоидным пемзам, резкие изменения структуры и текстуры в связи с переходами, всевозможные, иногда очень красивые цвета отдельных прослоек, различные формы флюидального течения с прекрасно выраженной полосчатостью, разные нарушения этих прослоек (см. фиг. 2- -8), способность увеличивать свой объем при высоких температурах более чем в 15 раз, и еще многие другие характерные особенности, не свойственные другим породам, привлекали внимание многих специалистов.

Сложность объяснения этих вопросов (а сложность генезиса этих пород отмечается почти всеми их исследователями) резко сократила число желающих разрешить тайны этого своеобразного творения природы. До последнего времени эти вопросы оставались неразрешенными и только в связи с бурным развитием промышленности вспученных сверхлегких материалов,

в том числе и перлитов, во многих странах ученые стали заниматься ими вплотную.

Переходя к трактовке точек зрения отдельных ученых по вопросам, представляющим наибольший интерес как с научной, так и практической точек зрения, каковыми являются процесс и механизм образования вспученных пород типа перлита, литоидной пемзы, полосчатой-флюидальной текстуры, образование обсидиановой брекчии, разноцветных полосок и т. д., попытаемся предложить вниманию читателя и наше мнение по каждому затронутому вопросу. Большой интерес представляет полосчатая текстура этих пород и полосчатость в целом.

Образование полосчатости, в связи со слабым ее изучением, является одним из наиболее сложных и нерешенных вопросов геологии. Преобладающая часть ученых объясняет генезис полосчатой текстуры (иногда наподобие слоистости) следующим образом: „Вследствие вязкости кислого стекла процессы диффузии затруднены, чем и объясняется появление полосчатости слоев разной окраски и структуры и возникновение тонколенточных текстур, часто наблюдаемых в обсидианах. Стекло содержит обильные кристаллиты, ориентированные в одном направлении—по течению лавы“ (75).

Относительно этого вопроса Р. Розенбуш (52) высказывается следующим образом: „Различимая невооруженным глазом флюидальная текстура реже обусловлена параллельным расположением вкрапленников, чем послойным строением, которое заметно вследствие различной окраски. Такое строение, незаметное в неизменных породах, часто выступает очень ясно при их изменении как следствие очень **тонкопластинчатой отдельности**, которая первоначально присутствовала только потенциально, но дала дорогу для атмосферных воз-

действий. Микроскопически флюидалные текстуры проявляются преимущественно в расположении составных частей основной массы, чередовании слоев кристаллических с микрофельзитовым и, со стекловатыми, в распределении слоев, окрашенных железистыми включениями, или в расположении газовых включений и микролитов внутри стекловатых слоев. Эти явления указывают на простое флюидалное движение то при спокойном параллелизме, то при спутанных, сплетенных струях, на многократные задержки в движении, но во всех случаях получается впечатление сильной вязкости текучей магмы“.

Иначе трактуется вопрос полосчатости у геолога Л. Топурия (65): „Вероятно, излияние лито-серой лавы (подразумевая липаритовые обсидианы) происходило последовательными, следующими друг за другом, тонкими, а иногда слишком тонкими потоками. Отделяющее их время — минутное затухание вулкана — было, как видно, достаточно только для частичного остекления поверхности потока лито-серой лавы, который тотчас же покрывался ею новыми количествами. Поверхность последнего также успевала только частично остекляться и т. д. Таким образом, думаю объяснить присутствие обсидиановых „жил“ и „прожилков“ в массе лито-серой лавы, причем к завершению ее излияния промежутки времени, отделяющие отдельные потоки, стали более значительными, чем, вероятно, объясняется тот факт, что верхние горизонты лавы сплошь или почти сплошь остекленены“.

М. А. Кашкай и А. И. Мамедов (32) в статье „Перлиты и обсидианы Азербайджана“, помимо решения некоторых практических задач, затрагивают и вопросы генезиса этих пород и, в частности, вопросы их флюидалности и полосчатости. Так, на стр. 353 они пишут: „Характерной структурной особенностью перлитов является их тонкопоточная форма сложения

стекловатого базиса или флюидалная структура. В таких перлитах и микролиты ориентированы. Эта особенность стресса интересна для определения течения магмы“.

На стр. 382: „Гора Кечалдаг (пл. около 4 кв. км) является одним из характерных конусов. Вся гора состоит из стекловатой массы со специфической полосчатостью, обусловленной тонким **переслаиванием перлита и обсидиана**. Слои перлита и обсидиана местами измеряются сантиметрами и миллиметрами . . . “. Далее на стр. 386: „ . . . Судя по этим данным, можно заключить, что образование перлитов происходило ниже 800°С, а обсидианов—при более высоких температурах“. Основные выводы авторов завершаются следующими словами: „Все эти данные по исследованию перлитов и обсидианов показывают многообразие их текстурных и структурных особенностей, что условия их образования были довольно сложными, поэтому требуется дальнейшее детальное изучение перлитов, обсидиана и пехштейна Кельбаджарского района, на примере которого можно подойти к разрешению некоторых теоретических вопросов молодого вулканизма“ (стр. 394).

В последние годы много трудов было посвящено В. П. Петровым (49) результатам изучения ряда эффузивных пород и, в частности, кислых, типа перлита, обсидиана и литоидной пемзы. Здесь, наряду со многими вопросами их генезиса, им затрагивается и вопрос образования флюидалности полосчатости. Приводим его слова: „Обсидиан в толще лавового потока обладает весьма совершенной флюидалностью—флюидалные потоки красного обсидиана чередуются с потоками черного, причем совершенно отчетливо видно, что в последних стадиях движения потока в толще лавы имели место дифференциальные подвижки флюидалных потоков обсидиана разной вязкости (один флюи-

дальний поток проскальзывал по поверхности другого) и хрупкий поперечный разлом некоторых из них“.

А. Т. Асланян (4) в книге „Региональная геология Армении“, при описании эффузивных пород верхнего плиоцена, очень кратко останавливается и на образовании полосчатой текстуры в липаритах и обсидианах в районе с. Гюмуш. По его мнению, образование полосчатой текстуры происходило еще в магме в результате подкоровой дифференциации, а окончательно эта текстура оформилась при выдавливании кислой вязкой лавы через кратер вулкана.

Аналогичные полосчато-брекчиевидные лавы распространены и в районе горы Эльбрус. Изучением их занимались Д. С. Белянкин (5) и цитируемые им Данненберг и А. П. Герасимов.

Предположение Данненберга относительно механизма образования этих лав следующее: „Ввиду того, что между указанными тремя способами распределения участков существует целый ряд переходов, вряд ли можно сомневаться, что имеющие здесь место шлировая и полосчато-слоистая структуры произошли не в результате дифференциации, но как последствие захвата красной лавой обломков более старой черной лавы: в дальнейшем такие куски приобрели известную пластичность и, увлеченные общим движением лавового потока, в большей или меньшей степени вытягивались в длину, приводя в конечной стадии процесса к образованию агломератной эвтакситовой лавы“.

Иначе объясняет А. П. Герасимов: „Пестропятнистые лавы представляют собой не брекчию, а продукт своеобразной дифференциации магмы в процессе застывания и кристаллизации этой последней“. Изучая те же лавы, Д. С. Белянкин приходит к выводу: „Приведенные нами данные по микроскопии и химии брекчиевидных и полосатых эльбруссских лав позволяют нам согласовать то противоречие, какое имеется по

вопросу о происхождении этих лав у А. П. Герасимова и Данненберга. В самом деле, по Данненбергу, они возникли „не в результате дифференциации, но как последствие захвата красной лавой старой черной лавы“, а по А. П. Герасимову, это отнюдь не брекчия и не совокупность двух лав, а именно „продукт своеобразной дифференциации“ в порядке отвердевания и кристаллизации одной, единой лавы. Собранный нами фактический материал отвечает, с одной стороны, подлинной брекчии (Данненберг) а с другой — брекчии, действительно образовавшиеся за счет одной лавы (А. П. Герасимов). Далее он продолжает: „Образовались брекчиевидные лавы, по всей видимости, в результате дробления при движении уже почти отвердевшего, но все еще горячего лавового потока, при энергичном участии газовых (воздушных) струй, захватываемых им и производивших частичное его окисление. В процессе окисления ответственных участков потока поднималась температура лав, понижалась их вязкость и создавалась возможность добавочного движения добавочного микродробления и охвата негазированных еще масс возникавшей микробрекчией — в микробрекчиевидную лаву“.

В книге „Перлиты — обсидианы“ (33) М. А. Кашкай и А. М. Мамедов на основе многочисленных литературных данных и экспериментов, частично произведенными ими самими, развивают новую концепцию относительно образования обсидианов и перлитов.

Приводим их слова (стр. 147): „Извержение липаритовой магмы в Кельбаджарском районе носило взрывной характер и сопровождалось двумя потоками: первый поток обусловил чередование чернотного обсидиана с трахилипаритом в виде небольших полосок. Последующая порция магмы под напором из глубины и в своем движении увлекала еще не остывшие продукты первого потока: нагревала их до пластического состояния, **выжимала последние**

своей тяжестью, образовывая черно-мутную разность обсидиана в виде мощной линзы с падением к центру купола". Короче говоря, обсидиановые линзы образуются путем выжимания под действием тяжести поэтапных излияний.

Образование перлитов авторы объясняют следующим образом (стр. 148): „При следующей гидратации по ослабленным участкам этой разности обсидиана образуются серые перлиты с мелкой шаровой скорлуповатой отдельностью. Таким образом, определенно устанавливается, что перлиты образуются в результате гидратации обсидиана“.

Изучая и анализируя приведенные точки зрения на фоне многочисленных экспериментов, произведенных разными учеными, и наших полевых наблюдений, можно сказать следующее: первые две точки зрения объясняют полосчатость отсутствием диффузии в кислой вязкой магме, вследствие чего разноцветные участки и участки, богатые кристаллитами и вкрапленниками, при движении лавы располагаются параллельно, придавая породе тонколеночную полосчатую текстуру; всевозможные сплетенные и спутанные формы объясняются Розенбушем многократными задержками. В общих чертах эти точки зрения не вызывают возражений, хотя не объясняют механизма их образования. Допустить наличие отдельных, как предполагает Р. Розенбуш, на наш взгляд, нет оснований.

Образование полосчатой „тонкослоистой“ текстуры кислых лав П. Топурия объясняет пульсационной деятельностью вулкана, с растеканием изверженной массы на тонкую прослойку после каждого минутного затухания вулкана. Реально ли такое предположение? На наш взгляд, нет. Во-первых, мощность этих пород достигает более 150 м, а каждая прослойка по толщине редко превышает миллиметр. Разумеется, даже при

грубом подсчете, для образования толщи с такой мощностью потребовались бы десятки лет непрерывной деятельности вулкана. Непрерывно действующие вулканы известны и сейчас. Например, вулкан Сангай в Эквадоре, вулкан Изалько в штате Сальвадор (Центральная Америка), или вулканы Гавайских островов: Килауэа и Мауна-Лоа; но извергавшийся материал у всех этих вулканов представлен либо пепловыми отложениями, либо лавовыми потоками, не подтверждающими предположения Топурия. Во-вторых, площадь, покрытая этими лавами, по ориентировочным данным Т. А. Джрбашяна (27) исчисляется сотнями кв. км. Могла ли кислая, весьма вязкая лава растечься на такой громадной территории и образовать слой такой незначительной толщины? Конечно, нет. Точка зрения П. Топурия неправдоподобна.

В статье М. А. Кашкая и А. И. Мамедова (32) ничего не говорится определенного о механизме образования полосчатой текстуры, хотя у них, на наш взгляд, больше всего правильных исходных данных.

В. П. Петров, не останавливаясь на механизме образования полосчатой текстуры в обсидианах, отмечает роль дифференциальных подвижек отдельных прослоек в общей толще лавы и процессы их скольжения, результатом чего является хрупкий поперечный разлом некоторых из них.

На наш взгляд, при такой вязкости здесь не могло иметь места проскальзывание отдельных потоков. Скорее всего здесь происходило вытягивание в силу собственного же веса лавы, почему и прослойки разной вязкости вытягивались по-разному, а пришедшие уже в твердое состояние прослойки (см. фиг. 8—9), разламываясь, отодвигались подвижными потоками.

Предположения А. Т. Асланяна по затронутому вопросу, на наш взгляд, более реальны и дают, возможно, правильную картину процесса образования

полосчатой текстуры, особенно, если принять во внимание момент выдавливания кислой вязкой лавы через жерло вулкана. Но, к сожалению, автор детально не описывает весь ход механизма образования.

Судить о взглядах Данненберга, А. Т. Герасимова и Д. С. Белянкина, не побывав в районах распространения полосчатых и брекчиевидных лав Эльбруса, нам очень трудно. Исходя из наших данных, образование брекчиевидной лавы, предложенное схемой Данненберга, нам кажется вполне возможным. Возможно также образование полосатой лавы (если, конечно, охваченные красной лавой обломки—черного, более старого дацита), пришли полностью в расплавленное состояние. В последней стадии, в стадии вытягивания, в силу своей тяжести и в зависимости от уклона рельефа лавы могли вытянуться тонкие в полоски. Разумеется, последний процесс мог бы произойти при ограниченном количестве черного дацита, расчет которого приводится нами ниже.

Основываясь на данных Г. Вашингтона (76) о температурах лав, принимая температуру дацитовых лав в момент их излияния 1100°C , а температуру их плавления—в среднем 1050°C , и, исходя из условий, что старый черный дацит расплавляется за счет тепла, полученного от излившегося красного дацита, можно подсчитать его количество, воспользовавшись уравнением теплового баланса:

$$Q_1 = Q_2 \quad \dots (1)$$

где: Q_1 — количество тепла, переданного красным расплавленным дацитом, попавшему в него старому черному дациту в к. к.;

Q_2 — количество тепла, необходимого для нагрева твердого старого черного дацита от 20°C до температуры плавления 1050°C (температуру

черного дацита в момент попадания его в красную принимаем $+20^{\circ}\text{C}$).

$$Q_1 = G_1 C_1 \Delta t_1 \quad \cdot \cdot \cdot (2)$$

где: G_1 — вес расплавленного излившегося красного дацита в тоннах;

C_1 — средняя теплоемкость расплавленного красного дацита в интервале температур от 1100° до температуры плавления 1050°C в к. к.

Δt_1 — разность температур излияния и плавления ($1100^{\circ} - 1050^{\circ}$) красного дацита.

$$Q_2 = G_2 C_2 \Delta t_2 \quad \cdot \cdot \cdot (3)$$

где: G_2 — вес старого черного дацита, захваченного лавой красного, в тоннах;

C_2 — средняя теплоемкость старого черного дацита в интервале температур от 20°C до температуры его плавления 1050°C в к. к.

Δt_2 — разность температур старого черного дацита от начала нагрева до температуры плавления.

Для приблизительного расчета примем теплоемкости красного и черного дацитов равными, т. е. $C_1 = C_2$ тогда, подставляя значения Q_1 и Q_2 в уравнении (1), получим:

$$G_1 C_1 \Delta t_1 = G_2 C_2 \Delta t_2 \quad \cdot \cdot \cdot (4)$$

$$G_1 \Delta t_1 = G_2 \Delta t_2 \quad \cdot \cdot \cdot (5)$$

Принимая вес красного, излившегося из кратера расплавленного дацита условно в одну тонну, мы находим количество старого черного дацита, которое может быть нагрето первым до температуры плавления:

$$G_2 = \frac{G_1 \cdot \Delta t_1}{\Delta t_2} \quad \cdot \cdot \cdot (6)$$

Подставляя значения этих параметров, получим:

$$G_2 = \frac{1 \cdot (1100 - 1050)}{1050 - 20} = \frac{50}{1030} = 0,0485 \quad \dots (7)$$

или 48,5 кг, т. е. примерно $\frac{1}{21}$ часть или менее 5%.

Вследствие отсутствия данных по теплоемкости и по теплоте плавления, мы ограничиваемся лишь определением того количества черного дацита, температура которого доведена до плавления. Этот расчет, хотя и грубый, тем не менее дает представление об ограниченности излившейся лавы в расплавлении охваченных ею пород. Если при этом учесть и теплоту излучения, а также поглощения из потока лавы, то количество черного дацита уменьшится в несколько раз.

Допустить же, что брекчиевидные и полосатые лавы образовались в результате своеобразной дифференциации магмы в процессе застывания и кристаллизации ее, как предлагает А. И. Герасимов, нет оснований, ибо химический состав как брекчий, так и общей массы, по данным тех же авторов, почти одинаков: процессы дифференциации затрудняются и вязкостью кислой дацитоподобной лавы. Точка зрения Д. С. Беянкина относительно образования брекчиевидных лав путем экзотермических, вторично разогревающих процессов, также не внушает доверия. Вряд ли могла увлеченная потоком лавы струя воздуха оказать такой большой эффект. Последнее легко доказывается на примере железа—единственного элемента в лаве, который может доокисляться и составляет заметное количество в общей массе лавы. Если принять во внимание, что в потоке содержание железа составляет 2% и оно полностью подвергается окислению от элементарного состояния до Fe_2O_3 , выделяющаяся теплота в состоянии поднять температуру не более, чем на $10-15^\circ C$, с учетом, что

одна грамм/мол Fe_2O_3 при образовании выделяет 195 ккал теплоты и в составе Fe_2O_3 Fe обладает атомным весом 55,8 г. Вряд ли такое ничтожное поднятие температуры в состоянии оказать предполагаемый Белянкиным эффект, тем более, что эта реакция могла протекать в начальный период излияния лавы, а не после ее затвердения. Меньший эффект получается при сгорании горючих газов и других элементов. А если учесть количество излучаемой поверхностью потока теплоты, то роль экзотермических реакций фактически сводится к нулю.

Обстоятельное толкование по данному вопросу имеется у Л. Грейтона (24). Выдвинутая М. А. Кашкаем и А. И. Мамедовым идея относительно образования обсидианов и перлитов вызывает ряд сомнений. Во-первых, не обосновывается логичными выводами толкование образования обсидианов и обсидиановых линз, не приводится полный цикл механизма их образования, не объясняется причина стекловатой структуры, их цвета, полосчатости. Кроме того, приводимые предложения осложнены рядом непонятных фраз, как-то: „выжимание“, „под тяжестью“ и т. д. (см. стр. 101).

Говоря вкратце, эта концепция не отражает истины образования обсидианов и, на наш взгляд, не выдерживает критики. Неубедительно также их мнение об образовании перлитов. Для этого достаточно привести несколько слов из их же статьи „Перлиты и обсидианы Азербайджана“, опубликованной в 1956 г., где сказано: „Вся гора состоит из стекловатой массы со специфической полосчатостью, обусловленной тонким переслаиванием перлита и обсидиана“. Этот факт уже говорит о том, что перлиты не являются результатом гидратации обсидиана, ибо переслаивание прослоек, т. е. совместное нахождение обсидиана с перлитом не могло иметь места. Здесь также многое не понятно, не

обосновано, к примеру, что предшествует вспучивание или гидратация? Почему гидратация должна привести к образованию шаровидной отдельности и, вообще, что именно подразумевается под термином перлит?

Обобщая вышесказанное и учитывая многочисленные результаты разных экспериментов, литературных описаний и наших личных полевых наблюдений, механизм образования полосчатых и брекчиевидных кислых лав представляется нам следующим образом: кислая, вязкая лава, каждая часть, каждый небольшой участок которой имел своеобразный характер, отличаясь от соседних, вероятно, очень незначительными качественными и количественными особенностями, но достаточными для приобретения разной вязкости, тем самым и разных физико-механических свойств (см. общую часть истории исследования), излившись из кратера, текла до утраты вязкости. При этом, часть, соприкасающаяся с наземной поверхностью, остывала значительно быстрее, образуя в зависимости от содержания щелочей, окиси титана, растворенной магматической воды и других элементов, а также от давления вышележащих масс,—либо обсидианы, либо липаритовые обсидианы, либо липариты.

Выше наземного слоя, в процессе ламинарного движения, выделяющаяся еще из магмы масса всевозможных кристаллитов и микролитов, ориентируясь по течению лавы, сплющивалась под давлением собственного веса лавовой толщи и, растекаясь в общей стекловатой массе, образовала тончайшие прослойки—полоски. Спустя некоторое время, параллельно с падением температуры, количественного содержания щелочей, магматической воды, окиси титана и, возможно, других элементов, в отдельных частях толщи лавы создаются разные вязкости, т. е. разные скорости движения—дифференциальные подвижки.

Дифференциальные подвижки (разумеется, при благоприятных условиях для движения, т. е. при уклоне рельефа от жерла вулкана) положили начало образованию полосчатости, иной раз близкой к слоистости.

В дальнейшем, в стадии затвердевания кислой вязкой лавы, продвижение потоков постепенно замедлялось, уступая место вытягиванию.

Все участки, превращенные при движении в потоки, отличающиеся чем-либо друг от друга (щелочи, окись титана, магматическая вода), вследствие отсутствия вертикальных подвижек, т. е. диффузии и дифференциации, превращались в плоскости или в полосы, параллельно поверхности рельефа. В последней стадии движения, т. е. в стадии вытягивания, эти плоскости и полосы, вытягиваясь, постепенно становились все тоньше, образуя в конечном итоге тонкослоистые или тонколеночные полосчатые текстуры.

Ввиду различия физико-механических свойств отдельных прослоек, их затвердевание происходило разновременно, т. е. в то время как одни прослойки были уже в твердом состоянии, другие, находясь еще в движении, продолжали вытягиваться. Пришедшие уже в твердое состояние хрупкие прослойки, отламываясь, отодвигались друг от друга подвижными потоками (см. фиг. 8—9) и заметное скопление последних привело к образованию обсидиановой брекчии (см. фиг. 4 и 10). Вышеуказанные процессы продолжались, по-видимому, до перехода всей толщи лавы в твердое состояние.

Всевозможные, порой узорчатые, скрученные, сплетенные, изогнутые, складкообразные и другие формы этих полос (см. фиг. 1—9) своим происхождением обязаны задержкам, затеканиям, надвижкам движущейся кислой вязкой лавы. Не исключена возможность и роли мелких тектонических подвижек, связанных с дыханием вулкана.

На фоне предложенного механизма становятся ясными все загадочные по данному процессу вопросы.

Возможно, что в этом и заключается смысл „своеобразной дифференциации,“ предложенной А. П. Герасимовым еще в 1911 году.

Следующей характерной особенностью кислых лав является их способность вспучиваться при определенных температурных интервалах—приобретать весьма пористую текстуру. Процессы вспучивания кислых лав происходят как в естественных условиях (образование литоидных пемз, перлитов и их громадное распространение), так и в искусственных. На последнем основано широкое развитие промышленности вспученных перлитов.

Вопросами вспучивания занимались также и многие другие ученые. Особенно за последние 6—8 лет были произведены многочисленные эксперименты, носящие чисто практический характер, целью которых являлось определение температурного режима вспучивания.

В 1957 г. В. П. Петров (50), основываясь на экспериментальных данных М. П. Воларовича и В. П. Чепурина, выдвинул новую точку зрения относительно образования литоидных пемз. Согласно этой точке зрения, их образование происходило за счет поверхностного слоя обсидиановой лавы в процессе ее движения. Образование литоидной пемзы, отмечает В. П. Петров, на глубине более 6 м не происходило, так как в конце этого интервала давление достигает 15 атмосфер (см. общую часть истории исследования), учитывая увеличение давления на каждый метр обсидиановой лавы по две с половиной атмосферы. По его предположению, в излившейся из кратера обсидиановой лаве имеется столько же воды, сколько сейчас содержится в обсидианах нижних горизонтов, т. е. около 0,5%. Это количество, по его данным, является

вполне достаточным для того, чтобы на поверхности потока, где находится обсидиан, только под давлением атмосферы мог вспучиваться и образоваться пемзовый поверхностный слой.

Происхождение обсидиана и перлита, по данным американского ученого Р. Ричардса (51), объясняется следующим образом: „Обсидиан представляет собой природное вулканическое стекло, которое остыло настолько быстро, что атомы и ионы не смогли сгруппироваться в правильные решетки минералов. Со временем обсидиан стремился кристаллизоваться в тонкозернистую породу или, вобрав в себя влагу, преобразовался в такие материалы, как перлит“.

Своеобразно объясняет образование и взаимоотношение обсидиана и литоидной пемзы в пемзообсидиановой толще А. Н. Назарян (45). Приводим его слова: „Взаимоотношение обсидианов и пемзы обусловлено их удельным весом; они излились одновременно, но при дифференциации магмы, пемза, как более легкая лава, заняла гипсометрически более высокое положение“.

Анализ этих точек зрения на фоне наших полевых фактических материалов, с учетом многочисленных литературных и экспериментальных данных, дает основание высказать следующее: во-первых, мощность литоидных пемз, по данным В. П. Петрова, должна была составить не более шести метров, так как при этой мощности давление достигает пятнадцати атмосфер, при котором, по данным М. П. Воляровича и В. П. Чепурина, пемзообразования не происходит.

Фактическими материалами предположения В. П. Петрова не подтверждаются, так как мощность литоидных пемз Фонтанского месторождения, о которой он говорит в своей статье, составляет не 6 метров, а более шестидесяти.

В этом вопросе исходная точка В. П. Петрова, по нашему мнению, вполне правильна, однако в ходе

разрешения ее им допущены некоторые ошибки, а именно: непонятно, почему на каждый метр частично вспученной лавы литоидной пемзы он принимает давление, равное двум с половиной атмосфер, тогда как даже при объемном весе этих литоидных пемз, равном двум (обычно их объемный вес бывает меньше двух), давление каждого пятиметрового столба лавы достигает всего лишь одной атмосферы. Следовательно, давлению пятнадцати атмосфер будет соответствовать глубина в семьдесят метров, если принять во внимание, что книзу объемный вес стремится к удельному, и только в этом случае мы получим результаты, соответствующие фактическим. При определении мощности литоидных пемз должны быть учтены и абсолютные высотные отметки непосредственно района месторождения, так как в зависимости от высоты меняется и атмосферное давление, что, вероятно, окажет влияние на процесс пемзообразования.

Далее, при определении мощности литоидных пемз, среднеобъемный их вес должен быть принят не за два, а меньше. Учитывая и эти данные, общая мощность литоидных пемз может достигнуть ста и более метров.

Непонятно также и предположение В. П. Петрова относительно содержания магматической воды в литоидных пемзах и нижележащих обсидианах.

Если литоидные пемзы образовались из нижележащих обсидиановых лав, содержащих магматические воды не больше, чем 0,5%, то почему литоидные пемзы после их некоторого природного вспучивания (а вспучивание происходит за счет воды) содержат в несколько раз больше растворенной воды, чем самые богатые водой обсидианы? *Курс логик*

Содержание магматической воды в излившейся лаве, образующей литоидные пемзы, вероятно, было

гораздо больше, чем в нижележащих обсидианах, в противном случае исследуемые литоидные пемзы не содержали бы такого количества воды, если, конечно, эта вода не поглощена литоидными пемзами в дальнейшем, или наоборот, обсидианы не потеряли большую часть своей магматической воды.

Точка зрения Р. Ричардса относительно дальнейшей перекристаллизации обсидианов не вызывает сомнения, ибо все вещества с аморфной структурой со временем стремятся к устойчивой, т. е. к кристаллической форме структуры, (теряя при этом содержащуюся в них растворенную магматическую воду). А вот образование перлита, по тому же автору, происходит за счет поглощенной воды, что уже противоречит его же предположению, тем более, что очень часто прослойки обсидиана прослаиваются с прослойками перлита, а их мощности измеряются сантиметрами и миллиметрами.

Точка зрения А. Н. Назаряна (15) также не подтверждается ни практическими, ни теоретическими данными. Изучением физико-механических свойств этих пород установлено, что все разности толщи кислых лав, включая и переходные, обладают практически одним и тем же удельным весом, и в силу последнего нельзя было ожидать такого расположения излившегося материала. Дифференциация не могла произойти также вследствие вязкости кислой силикатной лавы.

Наше предположение относительно пемзообразования, основанное также на экспериментальных данных Воляровича и Чепурина, в полном соответствии с полевыми фактическими данными, сводятся к следующему.

В то время, когда в основании этой толщи происходило образование полосчатой текстуры, иногда сопровождаемое образованием брекчиевидных текстур,

в верхней части, там, где отсутствовало давление громадной лавовой толщи, происходили бурные взрывоподобные выделения газов с вспучиванием кислой вязкой силикатной лавы.

Процессы вспучивания кислой лавы сопровождались, разумеется, ее движением. Этим и объясняется вытянутость и определенная ориентированность возникающих пор.

Учитывая, что поверхностная, частично вспучившаяся лава не могла иметь объемный вес больше 2, а фактически и меньше того, так как вспучивание поверхностных частей происходит наиболее эффективно и постепенно книзу сводится на-нет, то, принимая среднеобъемный вес, равный двум, процессы пемзообразования должны были протекать до глубины 70—75 м из расчета одного атмосферного давления на каждые пять метров лавового столба. Произведенные расчеты, почти полностью соответствующие природным фактическим данным, доказывают правильность экспериментальных показателей Воларовича и Чепурина.

Цвета прослоек, а также перлитов и литоидных пемз, на наш взгляд, тесно связаны с густотой и разновидностями кристаллитов, с концентрацией окислов разных элементов, а также со степенью вспученности потоков лавы. С последней связаны, вероятно, и световые эффекты.

Интересным представляется также вопрос отсутствия процессов кристаллизации в кислых стеклах. На самом деле, при наличии такой громадной мощности лав, достигающей 150 и более метров, отсутствуют даже единичные идиоморфные кристаллы, вернее, признаки кристаллизации, если не учитывать единичные интрателлургические кристаллы полевых шпатов.

Этот факт никем пока не отмечен, за исключением Ричардса (51), который объясняет его быстрым остыванием лавы, при котором атомы и ионы не смогли сгруппироваться в правильные решетки минералов.

Наше предположение по затронутому вопросу сводится к следующему: отсутствие кристаллизации связано также с наличием магматической воды, которая, по всей вероятности, размещаясь между ионами и атомами силикатного расплава, ослабляет связь между последними, нарушает нормальный ход их группировки—создания кристаллической решетки, тем самым и процессов кристаллизации.

Размещаясь между ионами и атомами силикатного расплава, магматическая вода ослабляет их общую связь и является причиной ухудшения их физико-механических свойств.

Наглядным доказательством указанного предположения являются: полная кристаллизация сферолитов, обнаруженных в кислых лавах, где практически отсутствует магматическая вода, фельзитовая структура в липаритовых обсидианах, где также нет воды, и ухудшение физико-механических свойств, от липаритовых обсидианов до пехштейнов, в соответствии с увеличением процента содержания магматической воды (подразумевается твердость первых и хрупкость последних).

В дальнейшем, остывание лавовой толщи сопровождалось сокращением ее объема, возникновением вследствие этого всевозможных трещин и разбиванием поверхности потока на мелкие блоки и куски всевозможных форм.

В нижних горизонтах литоидных пемз, где созданы условия для всестороннего равномерного остывания, образовались шаровидные отдельности, положив начало образованию перлитов. *Ура!*

Механизм образования всевозможных агрегатных форм обломков кислых лав и шаровидной отдельности

в перлитах, по всей вероятности, связан с процессами остывания, зависящего в основном от их гетерогенного состава.

Практика стекловарения (13, 35, 58) твердо установила, что вязкость в интервале температур от 700 до 400°C при понижении ее на каждые 8° удваивается. Так, например, для некоторых стекол вязкость при 700°C составляет 10^7 , а при 460°C она равна 10^{16} пауз, т. е. при разнице температур в 240° вязкость увеличивается в миллиард раз.

Разновременное остывание приводит к созданию неравномерного внутреннего напряжения, т. е. к сжатию в одних частях и растяжению в других. Если сжатие и растяжение достигают величин, значительно превышающих те, которые стекло способно выдержать, то оно разрушается. Если же они находятся на пределе прочности стекла, то оно остается неизменным до тех пор, пока какие-либо внешние воздействия (механические или термические) не нарушат это равновесие. И если принять во внимание, что вулканические кислые стекла мало чем отличаются от обычных стекол, то становится ясным наличие всевозможных агрегатных форм в общей их массе в пределах месторождений, тем более, что здесь имели место многочисленные тектонические подвижки. В редких случаях, особенно в нижних горизонтах литоидных пемз, в перлитах, там где создаются условия равномерного радиального остывания, силы внутреннего напряжения образуют шаровидные отдельности с лукозицеобразной скорлуповатой текстурой и способностью лучепреломления. Установлено также, что стекла, находящиеся в состоянии неравномерного внутреннего напряжения, легко подвергаются коррозии.

Литоидные пемзы, перлиты, обсидианы и их разновидности, вследствие вышеописанного, легко выше-

ГЛАВА VII

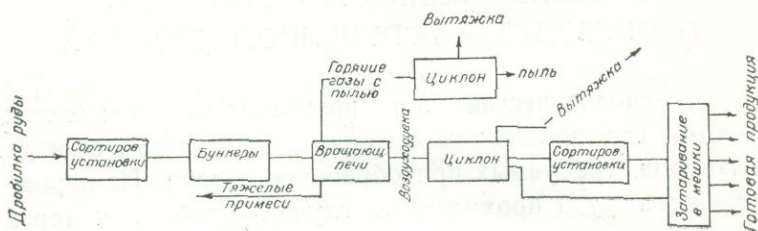
ОСНОВНЫЕ ВОПРОСЫ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ВСПУЧЕННОГО ПЕРЛИТА

Технологическая схема производства заключается в том, что добытая перлитовая руда измельчается до размеров, требуемых при обработке в печи. Из первой дробилки руда проходит, в случае надобности, через вращающуюся сушилку, после чего вторично дробится и сортируется. В зависимости от назначения, руда проходит через разные сита, после чего доставляется в верхнюю часть печи и обогревается на расстоянии 1,8 м от источника тепла. Начальные 1,8 м предназначены для предварительного нагрева при температуре 426—537°, в среде которой удаляется излишняя вода. Температура же в зоне вспучивания колеблется в пределах 1009—1064°C в зависимости от размера частиц сырья. Насыпная руда имеет объемный вес от 1091 до 1348 кг/м³, в зависимости от цели, для которой она предназначена; объемный вес готовой продукции составляет 112—250 кг/м³—также в зависимости от цели. Из печи вспученный материал направляется дутьем в циклонные коллекторы, а затем затаривается в мешки. Изображение этого процесса на заводе „Алексит Энджинеринг“ в Колорадо—спрингс приводится ниже.

Важно, чтобы при разработке месторождения перлита были рассортированы все его разновидности. Если

при добыче не обращается внимания на различие видов сырья, и в результате получается смешанная руда, то должен быть разработан соответствующий метод вспучивания.

Потребное количество теплоты для вспучивания одной тонны перлита по теоретическим расчетам составляет от 302400 ккал до 453000 ккал, но потери тепла при производстве одной тонны на предприятиях таковы, что требуемое тепло составляет в общем 756000 ккал. Лучшие предприятия США по вспучиванию пер-



Фиг. 35.

лита затрачивают 655200 ккал, тогда как в некоторых других предприятиях расход тепла на вспучивание одной тонны составляет 1008000 ккал.

Ниже приводится таблица расхода разных горючих материалов для вспучивания одной тонны сырого перлита.

Таблица 34

Наименование горючего	Теплотвор. способность ккал	Потребное количество горючего в кг	
	кг	от	до
1. Автобензин	10600	61,8	95,0
2. Керосин, тракторн.	10300	63,6	98,7
3. Диз. топливо	10200	64,2	98,8
4. Этил. спирт 96%	6200	102,8	162,6
5. Тверд. гор. ис. в ед.	7000	90,3	142,8
6. Природный газ	8200	80,0 м ³	122,9 м ³

В процессе вспучивания кислых стекол возникает ряд затруднений, связанных с установлением температурного режима каждой разновидности, удаления избыточной воды и т. д. Поэтому разработка технологии производства тесно связана с лабораторными исследованиями. Изучением этих и еще многих других вопросов переработки кислых стекол занимаются многочисленные научно-исследовательские лаборатории во многих странах, а в США существует и специальный институт перлита.

Заводское изготовление вспученного перлита требует, первым делом, точного установления содержания в них растворенной воды. Современная технология, при содержании воды больше 5%, требует удаления излишней воды и доведения ее перед размягчением материала до надлежащего количества. Последний процесс осуществляется в пределах температур от 315 до 648°C. При содержании воды меньше 0,05% вспучивание либо не происходит, либо происходит, но в незначительных пределах. Практика вспучивания кислых стекол показала, что структурно-текстурные свойства этих пород находятся в некоторой связи с количеством содержания в них вод.

Так, например, перлиты содержат больше воды, чем литоидные пемзы; литоидные пемзы, в свою очередь, содержат воды больше, чем обсидианы, а обсидианы больше, чем липаритовые обсидианы (последние растворенной воды практически не содержат).

Практикой установлена также зависимость коэффициентов вспучивания от содержания воды (при одинаковых количествах остальных элементов).

Интересен тот факт, что с увеличением количества воды уменьшается количество кристаллитов; важно также и то, что с увеличением содержания воды увеличивается хрупкость породы. Все это говорит о весь-

ма важной роли воды в структурно-текстурных и физико-механических свойствах этих пород.

Американские экспериментаторы объясняют это следующим образом (67): разновидности перлита (камневидные, пемзовые, зернистые и с лукооболочкой) зависят от различных молекулярных структур, в которых вода удерживается по-разному. Так, например, при одинаковых условиях удаления воды, камневидный (или пемзовый) перлит может оказаться не вспученным, в то время как перлит с лукообразной оболочкой вспучивается.

ГЛАВА VIII

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ВСПУЧЕННЫХ ПЕРЛИТОВ

Краткое изложение результатов всевозможных анализов, произведенных разными исследователями и организациями, говорит о большом интересе, вызванном еще со времен Г. Абиha (1) своеобразностью этих пород.

В настоящее время и, в особенности, за последние 10 лет, интерес к этим стеклам очень возрос. Они приобрели весьма большое практическое значение и широким фронтом вошли в жизнь хозяйств многих западных стран и в основном США.

Используются они во вспученном виде, называясь „вспученным перлитом“. По данным В. П. Петрова (49) широкий размах применения вспученного перлита объясняется следующим:

1. Весьма легкой транспортабельностью сырого перлита.
2. Однородностью материала, получаемого при вспучивании перлита.
3. Возможностью придать продукту любую необходимую плотность и крупность пор.
4. Замкнутой поверхностью пор.

Эти характерные черты полученного перлита бес-
предельно расширяют область его применения. Так, по

данным геологического учреждения штата Калифорния, вспученный перлит используется как наполнитель в штукатурке, бетоне, как компонент теплоизоляционного и огнеупорного цемента, кафелей, кровельных покрытий, как основа стеновых блоков, наполнитель красок, пластмасс и асфальтовых смесей, как фильтр при очистке различных пищевых продуктов, а также многих промышленных жидкостей, как свободный теплоизолирующий наполнитель, как упаковочный материал и т. д.

Выпускаются также различные вермикулит-перлитовые смеси и изделия. В Англии нашли широкое применение теплоизоляционные материалы типа „брелит“ (Brelite), представляющие собой легковесные кирпичи и плиты, изготовленные на основе вспученного перлита, связанного керамической связкой.

Особенно широкий размах в развитии промышленности легких бетонов в США обусловлен относительной дешевизной этого материала по сравнению с дорогостоящим строительным лесоматериалом.

Вот те положительные свойства легких бетонов, которые способствуют росту их производства:

1. Легкость, повышающая роль бетонных деталей в различного рода конструкциях.
2. Высокая прочность на сжатие, разрыв и изгиб.
3. Высокая огнеупорность.
4. Высокая термическая и акустическая изоляция.
5. Незначительная усадка при термических изменениях.
6. Морозостойкость.
7. Низкая водопроницаемость.
8. Хорошее сцепление с арматурой.
9. Хорошая гвоздимось без трещиноватости.
10. Химическая инертность.

Помимо этих прекрасных качеств, производительность труда строительных рабочих при применении блоков из легкого бетона на 20% выше, чем при

применении остальных бетонов. Легкий бетон примечателен еще и тем, что в зданиях со стальными каркасами его применение для полов и огнезащитного слоя экономит строительную сталь на 17—20%.

Перлиты получили широкое применение в Армянской ССР. Помимо вышеописанных областей, ныне из них получают пеностекло и минеральную вату, применяющиеся как звукоизоляторы.

Перлиты применяются в стекольной промышленности для получения стеклотары для розлива минеральных вод, винно-шампанских, водочно-коньячных напитков, пива и для аптечной тары, всевозможных склянок, консервных банок и т. д.

Совсем недавно они стали применяться в фарфоро-фаянсовой промышленности в качестве заменителя привозных кварцевых песков Авдеевского месторождения, при этом черепок, полученный из перлитовой массы, превосходит все требования ГОСТ-а, что дает возможность уменьшить толщину стенок изделий, тем самым уменьшить кратность их обжига. Доказана возможность применения в фарфоро-фаянсовых массах перлитовых песков в количестве до 50%. Полученные таким путем изделия обладают хорошей белизной.

Разработана технология получения на перлитовой основе высококачественной глазури, употребляемой также в фарфоро-фаянсовой промышленности.

Применение перлита в стеклотарной промышленности даст возможность сэкономить 30—40% кальцинированной соды, ввиду наличия в них 6—8% щелочных металлов. Если учесть, что одна тонна соды стоит 35 рублей, то применение перлита в стеклотарной промышленности приведет к большой финансовой экономии.

С большими эффектами экономии связано также применение перлита в фарфоро-фаянсовой промышленности.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Abich. H.—Pogg. Ann. 1840.
2. Аслаян А. Т.—О природе вулканических явлений. ДАН Арм. ССР, т. XIII, № 5, 1951.
3. Аслаян А. Т., Вегуни А. Т.—Перлит—новый строительный материал. Геол. записка. Фонды АрмГУ, 1958.
4. Аслаян А. Т.—Региональная геология Армении. Ереван, 1958.
5. Белянкин Д. С.—К характеристике брекчиевидных и полосчатых лав вулкана Эльбруса. ДАН СССР, 1938, т. 21, № 5.
6. Берч Ф. Р.—Справочник для геологов по физическим константам. 1949, Москва.
7. Бернал Дж.—Успехи химии. Том 25, вып. 5, 1956.
8. Beudant F. S.—Voyage miner. et geol. en Hongrie-III-1822.
9. Болк Р.—Структурные особенности изверженных горных пород. 1946, М—Л.
10. Brun A.—Arch. phys. et nat. Genf. 1905. XIX.
11. Будников П. П., Бобровкин Д. П.—Искусственная пемза из обсидианов Армении и ее использование для получения легковесного бетона. Журн. «Керамика», № 9, 1939, Москва.
12. Будников П. П. и др.—Исследование процесса вспучивания перлита. Журн. «Строительные материалы», № 11, 1962, Москва.
13. Бутт Л. М., Пооляк В. В.—Технология стекла. Госстройиздат, 1960, Москва.
- ✓ 14. Вегуни А. Т.—Появление перлита в Армении. Сб. аннотаций докл. VII научно-технич. конфер. Изд. Тбилисского политехнич. ин-та, 1956, Тбилиси.
15. Вегуни А. Т.—Перлиты Армянской ССР. МГ и ОН СССР, бюлл. научно-технич. информац. № 2, 14, Госгеолтехиздат, 1958.
16. Вегуни А. Т.—Месторождения перлита в Армении. «Разведка и охрана недр», № 11, 1958, Москва.

17. **Виноградов А. П.**—Среднее содержание химических элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры. Геохимия, 1962, Москва.
18. **Виноградов А. П.**—Происхождение оболочек земли. Изв. АН СССР, сер. геол., № 11, 1962, Москва.
19. **Волярович М. А., Чепурин В. П.**—Опыты по нагреванию обсидианов под давлением в связи с вопросом генезиса пемзы. Зап. всесоюзн. минерал. об-во, II сер., т. XXIII, вып. 1, 1944.
20. **Габриелян А. А.**—О стратиграфическом положении и возрасте долеритовых базальтов Приереванского района. 1948, Ереван.
21. **Гальян А. М.**—Отчет о геологоразведочных работах на Фонтанском месторождении литоидной пемзы в Ахтинском районе Арм. ССР за 1948 г. Фонды АрмГУ, 1949.
22. **Гальян А. М.**—Отчет о результатах шлихового опробования в районе с. Арзакендского месторождения. Фонды АрмГУ, 1938.
23. **Григорович М. Б.**—Состояние геологической изученности сырьевых ресурсов перлита и вермикулита и задачи дальнейших геологоразведочных работ. Перлит и вермикулит, (сб. статей) 1962, Москва.
24. **Грейтон Л. К.**—Предположения о вулканическом тепле. Изд. иностр. лит., 1949, Москва.
25. **Coleman S. W.**—Volcanoes new and old New-York-1946.
26. **Джрбашян Т. А.**—Мгубское месторождение пемзы. Фонды АрмГУ, 1930.
27. **Джрбашян Т. А.**—Предварительный отчет о разведочных работах на пемзе Сухо-фонтанского—Ахтинского районов. Фонды АрмГУ, 1929.
28. **Ирисов А. С., Итинская П. И.**—Топливо и смазочные материалы.
29. **Казарян Б. В., Вегуни А. Т.**—Отчет о геологоразведочных работах на Сисианском (Воротанском) месторождении перлитов Арм. ССР за 1956 г. Фонды АрмГУ, 1957.
30. **Каменицкий С. П.**—Механизм вспучивания перлитов и его технологическое значение. Журн. «Строительные материалы», № 11, 1961, Москва.
31. **Канкянц П. Х.**—Отчет о результатах геологоразведочных работ по Лусаванскому месторождению литоидной пемзы в Разданском районе Арм. ССР за 1959 г. Фонды АрмГУ, 1960.
32. **Кашкай М. А., Мамедов А. И.**—Перлиты и обсидианы Азербайджана. ДАН, Аз. ССР, т. XII, 1956.
33. **Кашкай М. А., Мамедов А. И.**—Перлиты, обсидианы. Изд. АН Аз. ССР, 1961, Баку.

31. Kellér W. D., Picket E. E.—Hydroxyl and Water in Perlite from Superior Arizona. Amer. Journ., Sci., v. 252, 1954—№ 2
35. Китайгородский И. И.—Стекло и стекловарение. Промстройиздат, 1950, Москва.
36. Левинсон-Лессинг Ф. Ю.—Петрографический словарь. 1938, Москва.
37. Левинсон-Лессинг Ф. Ю.—Армянское вулканическое нагорье. Избр. труды, т. I, 1949, М.—Л.
38. Левченко С. В.—Вулканизм и магматические горные породы. 1958, Москва.
39. Леонтьева А. А.—Изменение вязкости обсидиана в связи с вопросом пемзообразования. Изд. АН СССР, сер. геол., вып. 2, 1940, Москва.
40. Леонтьева А. А.—Исследования физических свойств обсидианов в связи с вопросом пемзообразования. Тр. ин-та геол. наук, вып. V, петрогр. 1940, Москва.
41. Малхасян Э. Г., Вегуни А. Т.—Перлиты Закавказья. Природа, VIII, 1959.
42. Мануилова С. Н.—Микроструктура природных перлитов и ее изменения в процессе вспучивания. Сб. тр. РОСНИИМС, № 19, 1961.
43. Мирумян А. Г., Акопян А. Г.—Отчет по теме «Изучение обсидианов Армянских месторождений как заполнителя бетонов теплозвукоизоляционного материала», 1960, Ереван. Фонды АрмГУ.
44. Мирумян А. Г.—Физико-механическая характеристика обсидианов Арагацского и Ахунского месторождений и изделия на их основе без связи. Исследование по строительным материалам, г. Ереван, 1962.
45. Назарян А. Н.—Арзникская ГЭС (геологический очерк и инженерно-геологические условия). Фонды АрмГУ, 1954.
46. Nozth-Oliver S. N.—Expanded perlite shows steady production growth Niring. Engin. № 2. 7. 1955 p. 135—137.
47. Паффенгольд К. Н.—Геология Армении. 1948, Л.—Л.
48. Паффенгольд К. Н.—Эльбрус. Изв. АН СССР, сер. геол. № 2, 1959, Москва.
49. Петров В. П.—Новые виды неметаллических полезных ископаемых. «Разведка и охрана недр», № 3, 1955, Москва.
50. Петров В. П.—Игнимбриты и туфовые лавы, еще о природе Арктикуфа. Тр. лабор. вулканологии, вып. 14, Москва, 1957.
51. Richards R. A.—Arizona obsidian Notes and Min'als. Vol. 3 № 11—12, 1956.

52. Розенбуш Р.—Описательная петрография. Москва, 1934.
53. Ross C. R., Smith R. S.—Water and other Volatiles in volcanis glasses.
Amer. Miner. 1955 v 40.
54. Сагателян К. М., Казарян Б. В.—Отчет Фонтанской поисково-разведочной партии по работам 1957 г. Фонды АрмГУ, 1959.
55. Сагателян К. М. и др.—Арагацское месторождение перлитов. Отчет Фонтанской ПРП по работам 1958 г. и подсчет запасов на 1/I—59 г. Фонды АрмГУ, 1959.
56. Сагателян К. М.—Отчет о результатах геологоразведочных работ на Артегинском и Акунском месторождениях обсидианов за 1959 г. Фонды АрмГУ, 1960.
57. Суханов А. Е., Истомин А. Н.—Вулканическое стекло Казахстана как сырье для получения витрозита. Перлит-вермикулит. Сб. статей, 1962, Москва.
58. Темкин Б. С.—Технология стекла и стеклоизделий. Ростехиздат, 1962, Москва.
59. Теплопроект—Отчет по теме «Исследования технологических показателей сырья для производства теплоизоляционных материалов». 1956, Москва. Фонды АрмГУ.
60. Теплопроект—Отчет по технологическим испытаниям проб перлита Фонтанского месторождения Арм. ССР. 1959, Москва. Фонды АрмГУ.
61. Теплопроект—Отчет по технологическим испытаниям проб перлитов Арагацкого месторождения Арм. ССР. Бабушкин, 1959. Фонды АрмГУ.
62. Теплопроект—Отчет по технологическим испытаниям перлитов Джрабер-Фонтанского месторождения Арм. ССР. Бабушкин, 1959. Фонды АрмГУ.
63. Теплопроект—Отчет по дополнительным испытаниям вспученного перлитового песка Фонтан-Джраберского месторождения Арм. ССР как заполнителя теплоизоляционных бетонов. 1960, Москва. Фонды АрмГУ.
64. Thompson B. N; Reed J. J.—Perlite deposits in New-Zealand. part I Geology New Zealand. Journ. Sci and Technol., № 3, B 36, 1954, p. 208—226
65. Топурия П.—Предварительный отчет о поисковых работах на обсидианы Армении. Тбилиси, 1931, Фонды АрмГУ.
66. Weber Robert H.—Processing Perlite-The technologic problems Mining Engin. № 2-7, 1955 p. 174—176.
67. Уитейкер Г.—Легкие бетоны в США, 1956, Москва.
68. Усенко А. Т., Абрамян Г. А.—Отчет о геологоразведочных работах на Гюмушском месторождении литоидной пемзы в Ах-

тинском районе Арм. ССР за 1956—57 гг. (подсчет запасов на 1/I—58 г.). Фонды АрмГУ, 1958.

69. Chamberlin R. T.—Journ. Geol., 1909, 17, 534.
70. Chamberlin R. T.—Publ. Carnegie—Inst. Washington—1908 № 106.
71. Эпштейн П. С.—Курс термодинамики. 1948, Москва.
72. Юзбашев Л. А.—Краткий обзор районов Арм. ССР. Фонды АрмГУ, 1960.
73. АИСМ—Изучение перлитов и обсидианов армянских месторождений как заполнителя бетонов и теплоизоляционного материала, Фонды АрмГУ, 1958.
74. АИСМ—Отчет по теме «Изучение обсидианов армянских месторождений как заполнителей бетонов и теплозвукоизоляционного материала», Фонды АрмГУ, 1960.
75. Половинкина Ю. И., Аникеева Н. Ф., Комарова А. И.—Структуры горных пород, т. 1, Магматические породы. Москва, 1948.
76. Издат. иностр. литерат.—Внутреннее строение Земли. Сб. изд. иностр. лит., Москва, 1949.
77. НИИКС—Исследование перлитов и обсидианов Арагацского месторождения Армянской ССР, за 1962 г. 1963 г., Отчет.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Глава I

Введение	3
История исследования	8

Глава II

Месторождения перлита, литоидной пемзы и обсидиана Армянской ССР	16
I. Лусаванское, Фонтанское, Фонтан-Джраберское и другие месторождения перлита и литоидной пемзы	17
II. Воротанское месторождение перлита	23
III. Арагацское месторождение перлита	25
IV. Артенинское месторождение обсидиана	28
V. Акунское месторождение обсидиана	30

Глава III

Петрографические и структурно-текстурные особенности кислых стекол	33
Петрохимическая характеристика обсидианов, перлитов и литоидных пемз Армянской ССР	47

Глава IV

Вспучиваемость обсиданов и перлитов Армянской ССР	56
I. Обсидианы Лусаванского месторождения (Нурнус—Гутансарский участок)	58
II. Обсидианы Арагацкого месторождения	61
III. Обсидианы Акунского месторождения	66
IV. Перлиты Фонтанского месторождения	68
V. Перлиты Фонтан-Джраберского месторождения	72
VI. Перлиты Арагацкого месторождения	73
VII. Перлиты Воротанского месторождения	75

Глава V

Физико-механические свойства перлитов, литоидных пемз и обсидианов Армянской ССР	81
I. Обсидианы Лусаванского месторождения (Нурнус— Гутансарский участок)	82
II. Обсидианы Арагацкого месторождения	86
III. Обсидианы Акунского месторождения	87
IV. Перлиты Фонтанского месторождения	88
V. Перлиты Фонтан-Джраберского месторождения	89
VI. Перлиты Арагацкого месторождения	91
VII. Литоидные пемзы Лусаванского месторождения	92

Глава VI

Соображения о генезисе перлитов, обсидианов и литоидных пемзы	95
--	----

Глава VII

Основные вопросы технологии производства вспученного перлита	117
---	-----

Глава VIII

Область применения вспученных перлитов	121
Литература	124

П. Х. КАНКАНЯН
Перлитовые породы Армянской ССР

Спец. редактор—А. Т. Вегуни
Редактор—М. А. Карапетян
Издатель-худож. редактор—М. Багдасарян
Техн. редактор—В. Еганян
Контрольн. корректор—И. Наджарян

ВФ 09011

Заказ 1078

Тираж 500

Сдано в набор 24/VIII—1964 г. Подписано к печати 26/II 1965 г.
Бумага 84×108¹/₃₂, печ. 8,25 л.=6,76 усл. печ. л. Уч.-изд.
6,6 л.+5 вкл. 5. Цена 33 к.

Типография № 1 Главного управления полиграфпромышленности
Государственного комитета печати Совета Министров Арм. ССР,
Ереван, Алавердяна, 65.

ЦЕНА 33 к.

15363

„АЙАСТАН“