

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

В. О. СААКЯН

ВУЛКАНИЧЕСКИЕ ШЛАКИ КАК ЗАПОЛНИТЕЛИ ДЛЯ
 ЛЕГКИХ БЕТОНОВ

Одним из видов естественных пористых легких заполнителей являются вулканические шлаки (1, 2, 3).

Вулканические шлаки представляют собой пористую, пузырчатую горную породу вулканического происхождения.

Месторождения вулканических шлаков в Армянской ССР имеются в Аванском, Ариджском, Аштаракском (Егвардский и Ошаканский карьеры), Ахтинском, Басаргечарском, Горисском, Джермукомском, Мартунинском, Октемберянском, Нор Баязетском, Севанском, Сисианском, Татевском, Талинском (Кармрашенский карьер), Шамирамском и др. районах. В настоящей статье приводятся результаты исследования вулканических шлаков Аванского, Ариджского и Джермукомского месторождений. Каждая проба вулканического шлака в естественном состоянии подвергалась рассеву на песок и щебень, путем пропуска через сито диаметром отверстий в 5 мм. Устанавливался процент содержания вулканического песка и количество щебня в шлаковом балласте. Основные физические показатели исследованных вулканических шлаковых песков приведены в табл. 1.

Таблица 1

Основные физические показатели шлаковых песков

Показатели	Месторождения		
	Аванское	Ариджское	Джермукомское
Цвет	черный	красный	коричневый
Объемный вес в сухом состоянии в т/м ³	1,07	0,89	0,98
Удельный вес в порошкообразном состоянии	2,7	2,66	2,6
Суммарный объем пор шлакового песка в %	60,0	66,0	62,0
Средняя крупность зерен в мм	—	0,40	0,56

Зерновой состав исследованных шлаковых песков приводится на рис. 1. Как видно из рис. 1 вулканические шлаковые пески Ариджского и Джермукомского месторождений содержали в себе до 21% мелких пылевидных частиц с размерами менее 0,15 мм. При использовании вулканических шлаков в качестве мелкого заполнителя эти

частицы в легких бетонах играют роль гидравлических добавок и уплотнителя.

Шлаковый песок Аванского месторождения содержал незначительное количество пылевидных частиц. В связи с этим в дальнейших опытах в качестве уплотняющей добавки в составах бетонов на шлаковом песке Аванского месторождения была введена каменная мука, образующаяся при механической обработке Аванского туфа на камнефрезерных станках.

Каменная мука из туфа имела следующие характеристики:

Объемный вес в сухом состоянии... 1,1 t/m^3 ; проход через сито с диаметром отверстий 1 мм—100%; с 900 отв/см²—62,5%; и 4900 отв/см²—38,1%.

По зерновому составу шлаковые пески Аринджского месторождения относились к мелким пескам, пески Аванского месторождения и Джермукского месторождения к стандартным пескам.

Пылевидное составляющее вулканического шлака уплотняет структуру бетона и придает удобоформируемость бетонной смеси.

В таблице 2 приводятся основные физические показатели вулканического шлакового щебня Аринджского, Аванского и Джермукского месторождений.

Как видно из табл. 2 шлаковый щебень из вулканической породы Джермукского месторождения обладает несколько большим объемным весом и соответственно ему меньшим объемом пустот, чем шлаковый щебень Аринджского и Аванского месторождений.

Зерновой состав использованных в опытах шлаковых щебней из вулканических пород Аринджского, Аванского и Джермукского месторождений приводятся на рис. 2.

Как видно из рис. 2, кривая зернового состава Джермукского шлакового щебня попадает в зону стандартного (оптимального состава) щебня, а у Аринджского выходит за пределы мелкого щебня; для Аванского щебня кривая находится в зоне, допускаемой стандартом.

Необходимо отметить, что в отличие от щебня Джермукского месторождения, шлаковый щебень Аринджского, и в особенности Аванского месторождения, имеют более развитую поверхность в силу крупнопористости породы. Это обстоятельство с одной стороны влияет благоприятно на повышение прочности бетона, в основном, в связи с

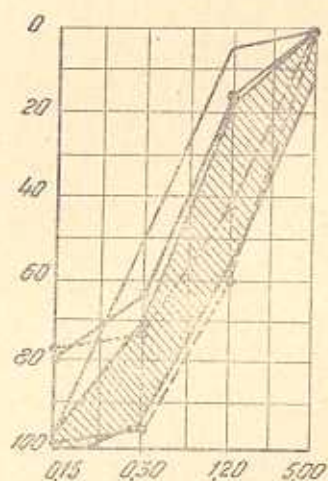


Рис. 1. Кривая зернового состава вулканических шлаковых песков. По оси абсцисс приводятся размеры отверстий сит в мм; по оси ординат полные остатки на ситах в %. Сплошные линии относятся к Аринджскому шлаковому песку; штрих-пунктирные к Джермукскому, а пунктирные к Аванскому шлаковому песку.

Таблица 2

Основные физические показатели шлаковых щебней

Показатели	Месторождения		
	Аванский	Аринджский	Джермукский
Цвет	черный	красный	коричневый
Объемный вес т/м ³	0,63	0,68	0,74
Удельный вес в порошкообразном состоянии	2,7	2,66	2,6
Объем пустот в %	49	53	46
Водопоглощение по весу в %/о %	22	19	—
Количество щебня в шлаке в естественном состоянии в %/о %	48	72	64

увеличением поверхности контакта между цементным тестом и заполнителем, с другой стороны приводит к увеличению расхода вяжущего для получения бетона с требуемыми качествами.

В табл. 3 приведены результаты испытания на сжатие и на морозостойкость вулканических шлаковых камней исследованных месторождений. Испытанные образцы имели форму цилиндров высотой и диаметром в 4 см. Образцы испытывались на морозостойкость при -20°C в водонасыщенном состоянии.

Как видно из табл. 3 прочность вулканических шлаков существенно зависит от пористости и объемного веса породы. Соответственно, с увеличением пористости снижается как прочность при сжатии, так и объемный вес шлакового камня.

Основным критерием для оценки заполнителей является проверка их прочности в бетоне. Для опытов были приготовлены легкие бетоны на вулканическом песке естественном и дробленном вулканическом шлаковом щебне.

Проектирование составов новых видов легких бетонов на вулканических шлаках производилось путем технологического подбора при различных расходах портландцемента.

В исследуемых видах легких бетонов на вулканических шлаках, в качестве вяжущего был принят цемент Араратского завода, с активностью 347 кг/см и с содержанием 25,5% пемзовой муки (заводского

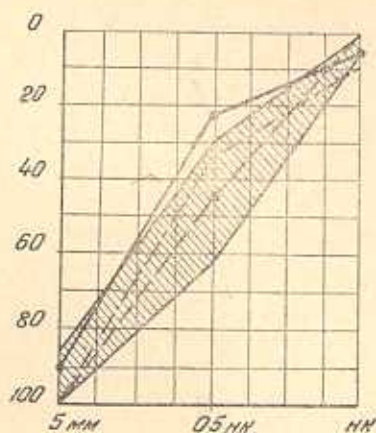


Рис. 2. Кривая зернового состава вулканических шлаковых щебней. По оси абсцисс приводятся наибольшая крупность (НК); по оси ординат — полные остатки на ситах в %/о %/о. Сплошная линия относится к щебню Аринджского месторождения; пунктирная к щебню Аванского месторождения. Штрих-пунктирная к щебню Джермукского месторождения.

Таблица 3

Результаты испытания на сжатие и на морозостойкость вулканических шлаковых камней Ариджского, Джермукского и Аванского месторождений

Месторождения	Пределы прочности, коэффициенты					Средн. объ- емн. вес в m^3
	в сухом сост.	Во влажн. сост.	после 50 цикл. замор.	размягче- ние	морозост.	
Мелкопористый (плотный) шлак Ариджского месторождения	504	528	369	1,05	0,70	1,83
Крупнопористый шлак Ариджск. месторождения	244	115	158	0,47	1,37	1,01
Шлаковый камень Джермукского месторождения	265	232	193	0,88	0,84	1,29
Шлаковый камень Аванского месторождения	297	287	263	0,97	0,92	1,40

приготовления). В качестве активной добавки было принято известково-пемзовое вяжущее Анийского завода с активностью 47 кг/см^2 (в 28 дн. возрасте).

Удобоукладываемость, изученная по Б. Г. Скрамтаеву [4] принята равной 15—20 сек. Дозировка опытных замесов производилась по весу. Из каждого состава бетона были изготовлены 12 кубиков с размерами ребер в 10 см, 6 восьмерок, 6 призм размерами $10 \times 10 \times 30$ и 6 балочек, с вибрационным уплотнением.

Образцы хранились в камере с температурой $20 \pm 2^\circ$, с относительной влажностью 90—95% и испытывались кубики в 7, 28 и 90-дневных возрастах при сжатии. Остальные образцы были подвергнуты испытанию на растяжение, изгиб, кручение в 28 и 90-дневных возрастах, с определением соответствующих деформаций. Эти результаты в статье не приведены. Составы и объемные веса изученных бетонов на вулканических шлаках приводятся в табл. 4.

Анализ табличных данных показывает, что для получения одинаковой удобоукладываемости, водопотребность бетона на вулканическом шлаковом щебне в естественном состоянии больше, чем для бетона на дробленном щебне; при применении дробленного щебня расход песка и объемный вес бетона увеличивается. Опытная зависимость прочности бетона от расхода цемента 1 м^3 приводится на рис. 3, 4 и 5. Предел прочности на сжатие определялся на кубиках с размерами ребер в 10 см.

Как видно из рис. 3 пределы прочности бетона при сжатии для Ариджского вулканического шлака в естественном состоянии резко отличаются от полученных результатов после дробления щебня, в возрасте 7 и 28 дней. Для бетона на Ариджском шлаке в естествен-

Таблица 4

Составы и объемные веса легкого бетона на вулканических шлаках

Крупный заполн. и сост.	№№ со- став.	Расход материалов на 1 м ³ бетона					Об. вес свеж. бетона кг/м	Кoeffиц. выхода бетона
		цемент.	пес.	щеб.	доб.	вода		

Бетон на вулканическом шлаке Аринджского месторождения

Вулканический шлак в естест- венном состоя- нии	1	250	500	875	—	315	1550	0,63
	2	320	514	900	—	330	1680	0,60
	3	414	460	818	—	320	1670	0,62

Вулканический шлак в дроблен- ном состоянии	4	260	515	860	—	309	1660	0,63
	5	303	558	765	—	313	1700	0,64
	6	414	528	760	—	315	1770	0,61

Бетон на вулканическом шлаке Джермукского месторождения

Вулканич. шлак в естественном со- стоянии	1	260	503	857	—	356	1766	0,63
	2	311	473	858	—	375	1774	0,63

Вулканич. шлак в дробленном со- стоянии	3	210	492	988	—	360	1685	0,61
	4	300	437	874	—	345	1725	0,64
	5	400	405	807	—	340	1730	0,65

Бетон на вулканическом шлаке Аванского месторождения

Вулканический шлак в естест- венном состоя- нии	1	327	510	930	—	300	1730
	2	257	516	920	103	315	1770*
	3	290	520	835	115	325	1790*
	4	256	515	900	77	308	1730**

ком состоянии прочность бетона 7-дневного, возраста составляет 0,73, а 90-дневного—2,1 от прочности бетона в 28 дней.

Высокий прирост прочности в 90 дн. возрасте обусловлен особенностью характера твердения легкого бетона на Аринджском вулканическом шлаке.

В результате добавления каменной муки и Анийского известково-пемзового вяжущего происходит повышение прочности легкого бетона на Аванском вулканическом шлаке (рис. 5); известково-пемзовое вяжущее содержит в себе негашеную гидравлическую известь играющую роль возбудителя твердения, эффект которого явно виден

* С добавкой каменной муки из Аванского туфа.

** С добавкой Анийского известкового пемзового вяжущего.

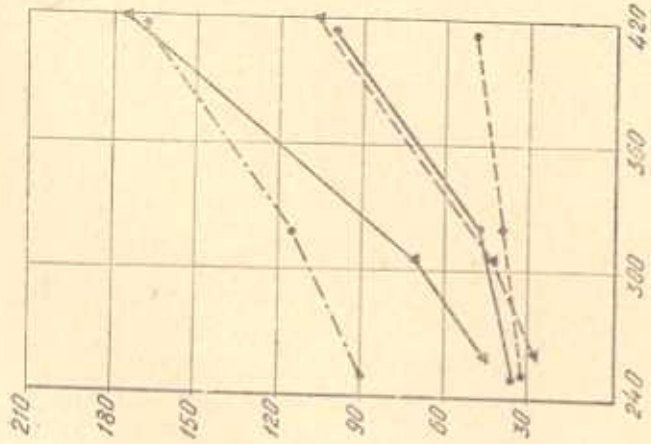


Рис. 3. Кривые прочности легкого бетона на Аринском вулканическом шлаке; штрих-линия соответствует бетону в возрасте 7 дней; сплошная линия—28 дней; штрих — пунктирная — 90 дней; кружочки относятся к бетону на естественном шлаке, треугольнички к бетону на дробленном шлаке.

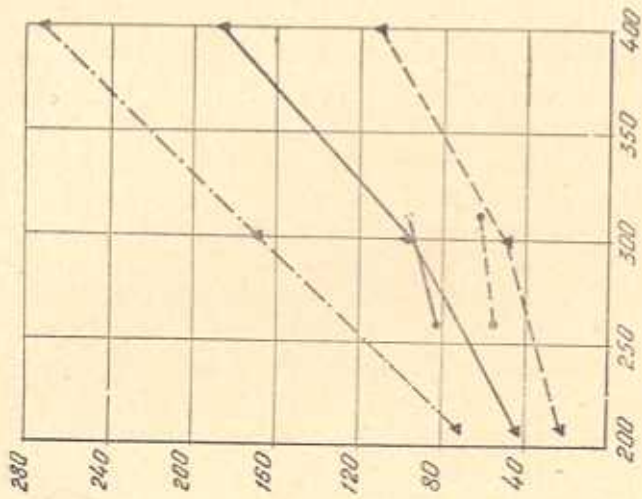


Рис. 4. Кривые прочности бетона, на Держинском вулканическом шлаке; штрих-линия соответствует бетону в возрасте 7 дней; сплошная линия—28 дней; штрих-пунктирная—90 дней; кружочки относятся к бетону на естественном шлаке, треугольнички к бетону на дробленном шлаке.

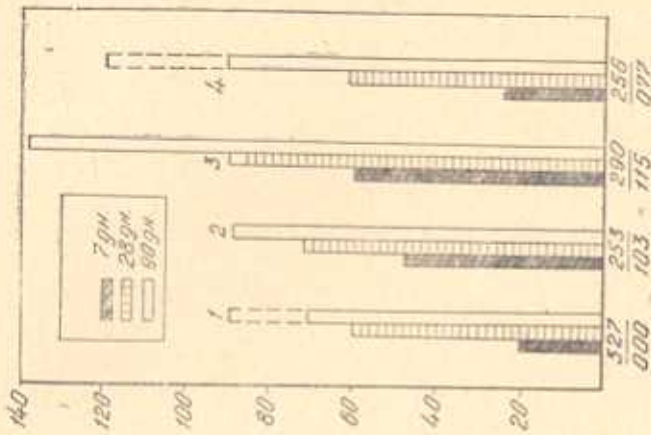


Рис. 5. График прочности легкого бетона на Аринском вулканическом шлаке. 1—бетон на порглицементе; 2 и 3—бетон с добавкой каменной муки; 4—бетон с добавкой Аринского цемента.

На графиках по оси абсцисс приводятся расходы цемента и добавок в $\text{кг}/\text{м}^3$, по оси ординат пределы прочности при сжатии в $\text{кг}/\text{см}^2$.

из результатов испытания состава № 1 на чистом цементе и № 4 с добавкой Арийского цемента. При значительно низком расходе портландцемента в составе № 4, прочность бетона в 90-дневном возрасте на 20 кг/см^2 выше, чем у состава № 1. Это указывает на возможность экономии цемента [5].

Опыты показывают, что прочность бетона зависит от примененного месторождения вулканического шлака. Интенсивность роста прочности легких бетонов на вулканических шлаках с течением времени больше роста прочности обычного бетона.

Опыты эти показывают также, что дробление заполнителей из вулканических шлаков приводит к повышению прочности бетонов по сравнению бетонами, изготовленными на тех же заполнителях в естественном состоянии.

Полученные результаты испытаний на сжатие легких бетонов на вулканических шлаках позволяют наметить расходы цемента для получения бетонов тех или иных марок с учетом прироста прочности во времени.

В табл. 5 на основании опытов приводится зависимость марки бетона на вулканических шлаках от расхода портландцемента и возраста бетона в 28 и 90 дней.

Таблица 5

Зависимость марки бетона на вулканических шлаках от расхода портландцемента активностью 347 кг/см при возрасте бетона 28 и 90 дней

Вид заполнителя и месторождение вулканического шлака	Расход цемента на 1 м^3 в кг при марке бетона					
	35	50	75	100	150	200

Маркировка бетона в 28 дн. возрасте

Арийского месторождения в естественном состоянии	250	320	350	415	—	—
Тоже в дробленном состоянии	—	260	300	360	420	580
Джермукского месторождения в дробленном состоянии	—	210	234	310	360	420
Аванского месторождения в естественном состоянии	190	270	410	—	—	—
Тоже в дробленном состоянии	—	177	217	266	316	—

Маркировка бетона в 90 дн. возрасте

Арийского месторождения в естественном состоянии	105	150	207	294	—	—
Джермукского месторождения в дробленном состоянии	—	144	210	240	280	330
Аванского месторождения в естественном состоянии	125	180	270	360	—	—
Тоже в дробленном состоянии	—	145	217	266	316	—

Как видно из табл. 5 расход цемента для получения одной и той же марки бетона существенно уменьшается при применении дробленного крупного заполнителя из вулканических шлаков. Например, для получения бетона марки „50“ на Аринджском шлаке в дробленном состоянии, расход цемента уменьшается на 60 кг по сравнению с тем же бетоном на естественном шлаке того же месторождения. Отметим, что при дроблении шлака особенно шлакодробилках, происходит измельчение слабых зерен шлаков. В результате этого происходит относительное увеличение прочных частиц в заполнителе. Анализ данных таблицы 5 показывает, что для экономии цемента целесообразно марку бетонов на изученных вулканических шлаках назначить в возрасте 90 дней.

В 1951—52 гг. автором на основании изучения вулканического шлака Сисианского месторождения для строительства Дастакертского комбината цветных металлов были рекомендованы к применению легкие бетоны на вулканических шлаках. Бетоны на вулканическом шлаке Аринджского месторождения применены строительством № 165 (шахта № 1), строительством комбината шампанских вин и СМУ № 160. Бетоны на вулканическом шлаке Джермукского месторождения применяются на строительстве Джермукского курорта.

Кроме того вулканический шлак Джермукского месторождения в Джермуке используется и в качестве заполнителя в кладочных растворах.

В 1955 г. был рекомендован строительству солерудника к применению бетон на вулканическом шлаке Аванского месторождения.

Кроме этого, по рекомендации автора на строительстве Дастакертского комбината цветных металлов в 1951—52 гг. применены легкие бетоны на вулканическом шлаке Сисианского месторождения для стеновых блоков.

Таким образом, путем изучения основных характеристик вулканических шлаковых песков и щебней выявлена возможность наряду с обычными кварцевыми и легкими песками и щебнями рекомендовать к применению в бетонах и растворах также шлаковые пески и щебни Аринджского, Джермукского и Аванского месторождений в качестве мелкого и крупного заполнителя. Произведенные экспериментальные исследования и опыт строительства показали пригодность вулканических шлаков в качестве заполнителя для получения легкого бетона. В связи с этим в Армянской ССР легкий бетон на вулканических шлаках должен найти более широкое применение в бетонных и железобетонных конструкциях.

Վ. Լ. ՍԱՀԱԿՅԱՆ

ՀԲԱՐՆԱՅԻՆ ՇՂԱՔՆԵՐԸ ՈՐՊԵՍ ԹԵԹԵՎ ԲԵՏՈՆԻ ԼՅԻՉ

Ա մ փ ո փ ու լ մ

Հրաբխային շլաքները իրենցից ներկայացնում են ծակոտիկեն լեռնային տղաբ, հանքավայրերը Հայկական ՍՍԽ-ում տարածված են Կոտայքի (Ավանի և Արինջի հանքերում), Աշտարակի (Նղվարզի և Օշականի հանքերում), Ախտայի, Բասարգեշարի, Գորիսի, Ջերմուկի, Մարտունիի, Հոկտեմբերյանի, Նոր Բայազետի, Սեանի (Լճաշենի հանքում), Սիսիանի, Տաթևի, Թալինի (Կարմրաշենի հանքում), Շամիրամի և այլ շրջաններում:

Սույն հոդվածում բերվում են Ավանի, Արինջի և Ջերմուկի հանքավայրերի հրաբխային շլաքների ուսումնասիրության արդյունքները:

Աղյուսակ 1 արված են հրաբխային շլաքների մազումից ստացած ավազների հիմնական ֆիզիկական ցուցանիշները, իսկ նկ. 1 ցույց է տրված այդ ավազանների հատիկային կազմը:

Ըստ հատիկային կազմի Արինջի և Ջերմուկի հանքավայրերի շլաքային ավազները իրենց մեջ պարունակում են 21% չափով ավազափոշի, որպես մանր լցիչ օդտաքործելիս այդ փոշին, ունենալով հրաբխային ծագում, կանդիտանա որպես հիդրոփիլ հավելույթ, Ավանի հանքավայրի հրաբխային շլաքի ավազը իր մեջ ավազի փոշի քիչ է պարունակում, այդ ավազը լցիչ օդտաքործելիս անհրաժեշտ է ավելացնել տուֆ քարի փոշի կամ այլ հիդրոփիլ հավելույթ, բետոնի դյուրաշարժությունը ապահովելու համար: Աղյուսակ 2 արված են հրաբխային շլաքների մազումից ստացած խրների հիմնական ֆիզիկական ցուցանիշները: Անհրաժեշտ է նշել, որ ի տարբերություն Ջերմուկի հանքավայրերի խճից, Արինջի և Ավանի հանքավայրերի խճի կտորները ունեն մակերեսային ծակոտիկներ, որոնք մի կազմից մեծացնում են ցեմենտի հետ շաղկապման մակերեսը և մյուս կազմից ավելացնում ցեմենտի ծախսը: Նկ. 2 ցույց է արված Արինջի, Ավանի, Ջերմուկի հանքավայրերի հրաբխաշլաքային խճերի հատիկային կազմը:

Աղյուսակ 3 արված են վերոնիշյալ հանքավայրերի հրաբխային շլաքարի սեղմման ամրությունը և ցրտադիմացկունությունը փորձարկումների արդյունքները ջրանագեցած վիճակում: Ըստ ծակոտիկնությունից փոփոխվում է շլաքաքարի ամրությունը և ծավալային կշիռը: Լցիչների հիմնական չափանիշն է նրանց ամրության փորձարկումը բետոններում: Փորձերի համար պատրաստել ենք թեթև բետոններ հրաբխային շլաքների բնական և ջարդած խճերով:

Նոր թեթև բետոնների կազմությունը նախագծված է հրաբխային շլաքների կիրամամբ՝ ցեմենտի, տարրեր ծախսերի ղեկքում: Ուսումնասիրման ենթակա բետոններում որպես կապակցանյութ ընդունված է Արաբատի գործարանի հայկական ցեմենտը և Անիի գործարանի կրապեմզային կապակցանյութը: Բետոնի խտանուրդի դյուրաշարժությունն ընդունված է 15—20 վայրկյան:

Ուսումնասիրված բետոնների կազմությունը և ծավալային կշիռները արված են աղյուսակ 4, նույն դյուրաշարժությունը ստանալու համար հրաբխային շլաքները բնական վիճակում գործածելիս բետոնի ջրազարու-

նահությունը բարձրանում է: Ջարգված հրաբխային շլաքների խիճը գործածելիս ավազի ծախսը և բետոնի ծախսային կշիռը մեծանում են:

Բետոնի ամրութունը կախված ցեմենտի ծախսից ցույց է օրված նկ. 3, 4 և 5:

Ինչպես երևում է նկ. 3 Աբինջի հրաբխային շլաքով ստացած բետոնները, կախված խճի վիճակից, նույն ցեմենտի քանակի դեպքում ունենում են տարբեր ամրութուն: Հրաբխային շլաքները բնական վիճակում բետոններում գործածելիս ստացվում է բետոնի ցածր ամրութուն, իսկ շլաքների ջարգելուց հետո կիրառելիս բետոնի ամրութունը բարձրանում է:

Այս նոր բետոնների ամրութունը աճում է նույն չափով 7—28 և 28—90 օր. հասակներում, որը պայմանավորված է հրաբխային շլաքափոշու առկայությամբ հետ: Բետոնը պատրաստելիս ցեմենտի և շլաքափոշու խառնուրդը նրան առլին է կարծրանալու յուրաքանչյուր հատկություն: Յեմենտի հիդրոլիզի արդյունքը Ֆիդիկա-բիմիակա կապի մեջ մտնելով շլաքափոշու հետ ավելի մեծ ուժով է շաղկապվում ավազի և խճի հետ, բետոնին տալով խիստ կառուցվածք:

Յեմենտի անտեսման համար հողվածում առաջարկվում է հրաբխային շլաքներով պատրաստված բետոնների մարկավորումը կատարել 90-օր. հասակում: Ազդու առկ 5 արված է ցեմենտի ծախսը 28 և 90 օր հասակների համար բետոնը մարկավորելիս: Նույն մարկայի բետոնը ստանալու համար ցեմենտի ծախսը զգալի կրճատվում է ջարգված հրաբխային խիճ կիրառելիս:

Հեղինակի կողմից հրաբխային շլաքների ուսումնասիրման հետևանքով 1951—53 թ. Դաստակերտի գունավոր մետաղների կոմբինատի կառույցներում կիրառված է հրաբխային շլաքներով պատրաստված բետոն: Նույնանուն բետոն է կիրառված № 161 շինարարությունում № 1 հորանը, Երևանի շամպայն գինիների կոմբինատը և Ջերմուկ առողջարանը կառուցելիս, 1951 թ. սկսած: 1955 թ. շինարարությունը կիրառման հանձնվեց Ավանի հրաբխային շլաքը, ազային հանքերի և բնակ-ավանի կառույցներում:

Այսպիսով հրաբխային շլաքների հիմնական հատկությունները ուսումնասիրելիս հայտնաբերված է նրանց կիրառման նմարավորությունը:

Կատարած ուսումնասիրությունները և շինարարության փորձը ցույց են տալիս հրաբխային շլաքների պիտանիությունը, թեթև բետոն ստանալու համար որպես լցիչ, այդ կապակցությամբ հրաբխային շլաքներով ստացած թեթև բետոնը պետք է լայն կիրառում ստանա բետոն և երկաթբետոն կոնստրուկցիաներում ու շինամասերում:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Заварицкий А. Н. Начало русской вулканологии. Юбилейный сборник, посвященный 30-летию Великой социалистической революции, 1937, часть II.
2. Владовец В. И. Вулканы Советского Союза, 1939, М.
3. Туррель Г. В. Вулканы. Перевод Е. П. Заварицкой. Изд. ОНТИ, 1934.
4. Скрамтаев Б. Г., Попов Н. А., Герливанов Н. А., Мудров Г. Г. Строительные материалы, 1954, М.
5. Саакян В. О. О возможности частичной замены порландцемента Ангийским известково-пемзозым вяжущим в бетонах и строительных растворах. Известия АН Армянской ССР, № 6, 1956, Ереван.