

КУТЕЙНИКОВСКИЙ И КАМЕНЕЦ-ПОДОЛЬСКИЙ ТРЕПЕЛЫ ДЛЯ ИЗВЕСТКОВО-ТРЕПЕЛЬНОГО РАСТВОРА И БЕТОНА

П. П. БУДНИКОВ и М. Г. СИНЯВСКАЯ

(Лаборатория технологии силикатов)

Под названием трепела в промышленности понимают осадочную горную кремнеземистую породу, легко растираемую между пальцами или слегка уплотненную. Эту породу иногда также именуют: диатомит, диатомовая земля, кизильгур, инфузорная земля, горная мука и т. п. Таким образом до сего времени нет достаточно установившейся номенклатуры.

Трепелы, имеющие промышленное значение, обычно разделяют на:

а) трепелы, состоящие из панцирей диатомовых водорослей, а отчасти из скелетов радиолярий и их губок; их принято называть диатомитами;

б) трепелы, состоящие из аморфного кремнезема (главным образом — опала) в виде зерен, размер которых колеблется от 0,0025 до 0,005 мм, и почти не имеющие остатков организмов; эту кремнеземистую породу и принято называть трепелами.

Трепелы и диатомиты широко используются в промышленности, особенно первые из них, для производства различных строительных материалов и в качестве гидравлической добавки к цементам¹ и извести. Внимания в этом отношении заслуживают работы Е. В. Костырко², исследования которого и разработанные им инструкции дали возможность практически подойти к разрешению проблемы применения известково-трепельных растворов на стройках. Подобного рода работы осуществлены в Орехово-Зуеве³.

СССР располагает значительным количеством месторождений трепела, но до последнего времени, за небольшим исключением, они еще мало изучены с геолого-минералогической стороны и в части практического их использования.

В нашу задачу входило изучение трепелов месторождений

¹ Интересные, заслуживающие большого внимания, работы принадлежат В. А. Кинду — Специальные цементы, изд. ГОНТИ (1932).

² Е. В. Костырко. Известково-диатомовые растворы. „Строительная промышленность“ № 6—7 (1928) и № 4 (1930).

³ В. Д. Степанов. Новые строительные материалы Ореховостроя, изд. „Стандартизация и рационализация“. Москва (1932).

Каменец-Подольского и Кутейниковского районов (УССР) с точки зрения использования их для известково-трепельных растворов и бетонов. В таблице 1 показан химический состав вышеуказанных трепелов (в проц.).

Таблица 1

Наименование трепела	Потеря при прокаливании	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Σ
Кутейниковский	5,72	82,24	3,30	6,15	1,30	1,09	0,55	100,35
Каменец-Подольский	8,26	73,52	5,51	5,77	3,26	1,07	0,16	97,55

Петрографические исследования трепелов

Каменец-Подольского

Главная составная масса трепела состоит из мельчайших опаловых телец овальной формы, диаметр которых не превышает 0,008 мм. На поляризованный свет они действуют очень слабо, обнаруживая сероватоголубоватую интерференционную окраску. В незначительных количествах наблюдаются пластические угловатые зерна кварца и зерна частично выветрившего глауконита. Органических остатков не наблюдается.

Кутейниковского

Главная составная масса трепела состоит из мельчайших опаловых телец, диаметр которых измеряется тысячными долями миллиметров. При скрещенных николях они действуют на поляризованный свет, обнаруживая низкую интерференционную окраску. В незначительном количестве наблюдаются угловатые зерна кварца и приближающиеся к округлой форме зерна глауконита. Из органических остатков в ничтожных количествах встречаются спиккули губок и панцыри диатомей.

Для изучения характера кремневой кислоты указанных трепелов нами производились вытяжки 5% раствором соды¹. Полученные результаты приведены в таблице 2.

Таблица 2

Вытяжка	Каменец-Подольский трепел %	Кутейниковский трепел %
Первая	4,82	5,75
Вторая	4,80	5,28
Третья	3,68	4,41
Четвертая	2,79	3,4
Пятая	1,55	2,84
Общая сумма	17,64	21,70

Из полученных результатов видно, что растворимость кремневой кислоты Кутейниковского трепела большая чем Каменец-Подольского. Химический анализ извести показал содержание CaO в количестве 82%. Песок применялся обыкновенный — строительный, с модулем крупности 2,0.

Шлак использовался котельный, крупность зерен его доходила до 5 мм в поперечнике.

В таблице 3 показан химический состав шлака (в проц.).

¹ Инструкция по определению активности гидравлических добавок (кислых) методом последовательного выщелачивания 5% раствором соды. Метод испытания кислых гидравлических добавок. Комиссия по добавкам. Выпуск 1. Москва (1931).

Таблица 3

Наименование шлака	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Σ
Котельный	52,86	11,93	25,76	4,25	2,02	1,95	98,75

Методика исследования. Известковое тесто перемешивалось с водой до получения известкового молока, к которому добавлялись при постоянном перемешивании сначала трепел, а затем инертные вещества — песок или шлак, взятые в надлежащей пропорции. Изготовленные образцы, размер ребер которых соответствовал 7,07 см, подвергались испытанию на сжатие; консистенция данных образцов соответствовала рабочей, при легком трамбовании на копре — около шести ударов.

Сформованные образцы хранились во влажном воздухе в течение 6—7 дней, а затем в других различных условиях (на воздухе, во влажном песке и в воде, в течение 7, 15 дней, 1 и 3 месяцев).

Составляющие компоненты брались по объему, а для приготовления растворов — по весу. Дозировка (известь : трепел) была взята в соотношении 1 : 2 с добавлением шлака и песка в количестве 6 частей. Таким образом мы имели состав с соотношением 1 : 2 : 6.

Результаты испытания приведены в таблицах 4, 5, 6 и 7 и на рис. 1, 2, 3, 4.

Таблица 4

Известково-трепельный раствор со шлаком (Каменец-Подольский трепел)

Временное сопротивление сжатию
кг/см²

7 дней	Объемный вес г/см ³	15 дней	Объемный вес г/см ³	1 месяц	Объемный вес г/см ³
На воздухе					
17,4	1,62	37,8	1,59	45,0	1,43
В сыром песке					
15,0	1,61	29,5	1,69	42,0	1,65
В воде					
10,4	1,69	22,5	1,72	40,3	1,70

При сопоставлении полученных результатов испытания образцов, изготовленных из известково-трепельного раствора со шлаком, при хранении их в сыром песке и на воздухе, можно видеть, что механическая прочность их увеличивается при хранении на воздухе; механическая же прочность образцов, изго-

Таблица 5

**Известково-трепелый раствор с обыкновенным песком
(Каменец-Подольский трепел)**

Временное сопротивление сжатию
кг/см²

7 дней	Объемный вес г/см ³	15 дней	Объемный вес г/см ³	1 месяц	Объемный вес г/см ³	3 месяца	Объемный вес г/см ³
--------	-----------------------------------	---------	-----------------------------------	---------	-----------------------------------	----------	-----------------------------------

На воздухе

11,0	1,89	20,0	1,89	22,5	1,84	25,4	1,80
------	------	------	------	------	------	------	------

В сыром песке

9,2	1,89	12,5	1,94	29,0	1,96	75,2	1,91
-----	------	------	------	------	------	------	------

Таблица 6

Известково-трепелый раствор со шлаком (Кутейниковский трепел)

Временное сопротивление сжатию
кг/см²

7 дней	Объемный вес г/см ³	15 дней	Объемный вес г/см ³	1 месяц	Объемный вес г/см ³
--------	-----------------------------------	---------	-----------------------------------	---------	-----------------------------------

На воздухе

18,5	1,64	39,6	1,61	47,0	1,46
------	------	------	------	------	------

В сыром песке

15,0	1,69	30,0	1,75	52,5	1,67
------	------	------	------	------	------

В воде

12,5	1,60	25,8	1,73	45,0	1,71
------	------	------	------	------	------

Таблица 7

**Известково-трепелый раствор с обыкновенным песком
(Кутейниковский трепел)**

Временное сопротивление сжатию
кг/см²

7 дней	Объемный вес г/см ³	15 дней	Объемный вес г/см ³	1 месяц	Объемный вес г/см ³	3 месяца	Объемный вес г/см ³
--------	-----------------------------------	---------	-----------------------------------	---------	-----------------------------------	----------	-----------------------------------

На воздухе

12,8	1,89	22,4	1,89	27,5	1,80	27,5	1,79
------	------	------	------	------	------	------	------

В сыром песке

10,5	1,90	13,0	1,96	30,5	1,98	78,4	1,92
------	------	------	------	------	------	------	------

товленных из известково-трепельного раствора с обыкновенным песком, при хранении на воздухе ниже предыдущих. Механическая прочность образцов, изготовленных со шлаком, при хранении в воде увеличивается.

На основании данных исследований можно сделать следующие выводы.

Образцы, изготовленные из известково-трепельных растворов со шлаком, приобретают механическую прочность, значительно более высокую, чем у образцов, изготовленных из известково-трепельных растворов с песком.

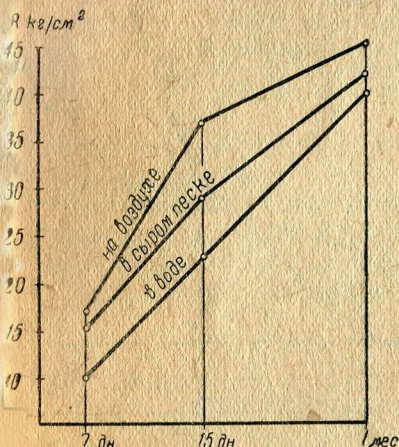


Рис. 1

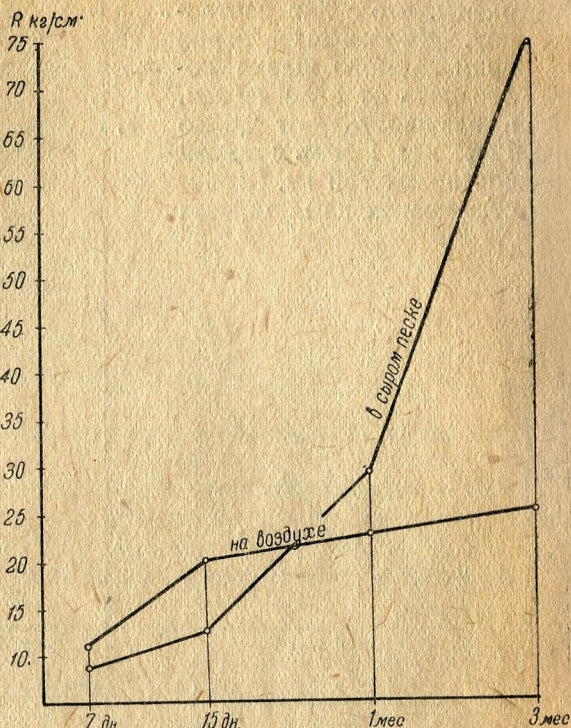


Рис. 2

Известково-трепельные вяжущие растворы являются гидравлическими. В образцах, изготовленных из этого раствора, наблюдается заметное нарастание механической прочности как при хранении их в воде, так и во влажной среде. Механическая прочность образцов при хранении на воздухе резко снижается.

Твердение образцов, изготовленных из известково-трепельных растворов, должно производиться при наличии достаточной влажности.

Полученные результаты исследования дают основание сделать вывод, что известково-трепельные растворы по их гидравлическим свойствам могут быть использованы для кладки неотвественных сооружений, что дает возможность заменить портланд-цемент.

В нашу задачу входило выяснение вопроса о стойкости образцов, изготовленных из известково-трепельного раствора, по отношению к пропариванию.

При изготовлении бетона были применены котельные шлаки. Для изготовления камней были взяты те же материалы, что и для растворов. Крупность зерен применяемого шлака колебалась от 5 до 40 мм, а влажность — от 2,5 до 12%; вес 1 м³ в среднем составлял 765 кг. В поставленных нами опытах

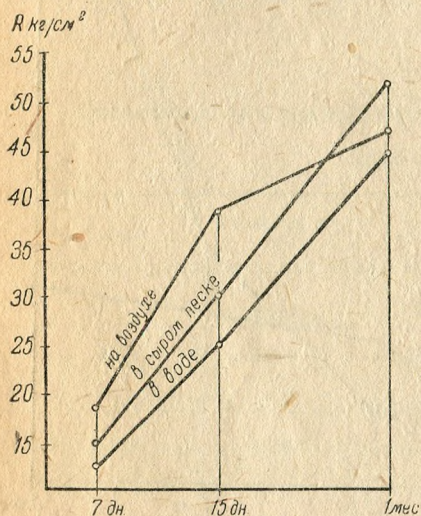


Рис. 3

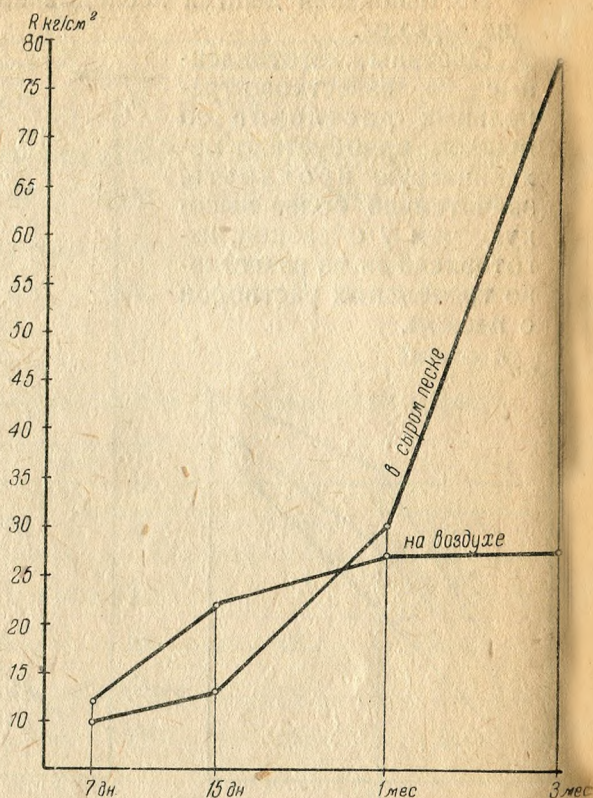


Рис. 4

компоненты извести и трепела были взяты в пропорции 1 : 2. Результаты испытания бетонных образцов приведены в таблице 8.

Образцы, изготовленные из Каменец-Подольского трепела, после месячного хранения дают временное сопротивление сжатию 15 кг/см², а после 24-часового пропаривания — 16,2 кг/см².

Образцы, изготовленные из Кутейниковского трепела, при равных условиях хранения дали несколько лучшие результаты, а именно: временное сопротивление сжатию после месячного хранения — 16,5 кг/см², а после 24-часового пропаривания — 17,3 кг/см², что можно отнести за счет повышенного содержания в этих трепелах активной кремневой кислоты.

Из полученных результатов следует, что временного сопротивления бетонных образцов сжатию, полученных через один

Таблица 8

Состав бетона	Хранение	Временное сопротивление сжатию кг/см ²		
		3 дня	10 дней	1 месяц
1:2:8	Камень-Подольский трепел			
	1) Во влажных опилках . .	—	7,0	15,0
	2) Пропаривались до испытания во влажных опилках 12 часов при $t = 70^{\circ}$	7,6	11,5	—
	3) Пропаривались до испытания во влажных опилках 24 часа при $t = 70^{\circ}$	16,2	17,9	—
	Кутейниковский трепел			
1:2:8	1) Во влажных опилках . .	—	8,5	16,5
	2) Пропаривались до испытания во влажных опилках 12 часов при $t = 70^{\circ}$	8,9	12,6	—
	3) Пропаривались до испытания во влажных опилках 24 часа при $t = 70^{\circ}$	17,3	19,5	—

месяц, можно достигнуть пропариванием в течение 24 часов при температуре 70° .

Для выяснения влияния продолжительности пропаривания при температуре 70° на механическую прочность бетона были взяты два состава — 1:2:6 и 1:2:8.

Результаты полученных испытаний приведены в таблице 9.

Таблица 9

Время пропаривания час.	Состав бетона	Хранение	Временное сопротивление сжатию кг/см ²	
			3 дня	10 дней
Камень-Подольский трепел				
18	1:2:6	Во влажных опилках	13,9	14,0
24	1:2:6	То же	14,0	14,9
48	1:2:6	То же	14,0	15,2
18	1:2:8	То же	12,7	15,9
24	1:2:8	То же	14,7	19,0
48	1:2:8	То же	13,2	14,0
Кутейниковский трепел				
18	1:2:6	Во влажных опилках	15,0	16,4
24	1:2:6	То же	16,0	18,3
48	1:2:6	То же	15,0	16,0
18	1:2:8	То же	13,0	14,9
24	1:2:8	То же	15,0	21,5
48	1:2:8	То же	14,2	15,0

Данные исследований позволяют сделать вывод, что пропариванием образцов бетона в течение 24 часов можно достигнуть

лучших результатов в отношении механической прочности. Наилучшим можно считать бетон состава 1 : 2 : 8. Образцы бетона изготовленные при этом из Каменец-Подольского трепела, показали через 10 дней сопротивление сжатию 19 кг/см^2 , а из Кутейниковского — $21,5 \text{ кг/см}^2$.

Непропаренные бетонные камни можно применять при сооружении неотвественных построек.

Литература

1. Д. Алексеев. Влияние обработки паром на процесс твердения известково-диатомовых растворов. „Строительная промышленность“ № 5, 395 (1930).
2. С. И. Дружинин. Трассы и диатомовые земли, как добавки. „Строительные материалы“ № 6, 5 (1930).
3. Е. В. Костырко. Известково-диатомовые растворы. „Строительная промышленность“ № 6—7, 412, (1928); № 4, 292 (1930).
4. В. А. Кинд. Специальные цементы, изд. ГНТИ (1932).
5. Е. В. Рожков. К методике исследования некоторых физических свойств диатомовых земель, трепелов и опок. Материалы по изучению трепела и диатомита в СССР. Институт прикладной минералогии и металлургии, Москва 42, 62 (1929).
6. Е. В. Рожков. К номенклатуре кремневых отложений. Материалы по изучению трепела и диатомита в СССР. Труды Института прикладной минералогии и металлургии, Москва, 42, 73 (1929).
7. В. Д. Степанов. Новые строительные материалы Ореховстроя, изд. „Стандартизация и рационализация“. Москва (1932).
8. П. И. Юдинсон. Рациональные строительные материалы, изд. ВОРСа Москва (1930).
9. Е. М. Янишевский. Минералогический состав Дабужского трепела. Материалы по изучению трепела и диатомита в СССР. Труды Института прикладной минералогии и металлургии, Москва, 42, 32 (1929).
10. Инструкция по изготовлению растворов и бетонов. НИС НКПС, Москва (1930).
11. Временная инструкция по изготовлению и применению теплых растворов. ВСНХ СССР. Союзстрой (1930).
12. Временная инструкция о применении новых сложных растворов для кладки и об уменьшении толщины кирпичных стен. Институт сооружений. Сообщение о работах, Гостехиздат Украины, 5 (1931).
13. Известково-диатомовые растворы и камни. Строительный бюллетень ВОРСа, 1—2 (1932).
14. Опыт анализа теории и практики тепло-бетонных камней на основе извести и трепела. „Стройбюллетень“ № 13—16, 4 (1933).
15. Инструкция по кладке каменных стен и по приготовлению растворов. ВСНХ, Союзстрой, СССР ИНОРС (1931).
16. П. П. Будников и др. О применении украинских трепелов в цементной и огнеупорной промышленности. „Український хемічний журнал“ № 1, 103—112 (1932).
17. П. П. Будников, Г. Гулинова и В. И. Токарев. Влияние трепела на механические свойства портланд-цемента. „Український хемічний журнал“, VI, № 1, 13—16 (1931).

KUTEJNIKOVO AND KAMENETZ-PODOLSK TRIPOLI FOR LIME-TRIPOLI MORTAR AND CONCRETE

P. P. BUDNIKOFF and M. G. SINJAVSKAJA

Investigations of lime-tripoli mortars in concrete showed that samples from Kamenetz-Podolsk tripoli (containing 21,7% of active

SiO_2) after storage during 1 month have a crushing strength of 15 kgr/cm² and after 24 h. of vapour treating at 70°—16,2 kgr/cm². Kutejnikovo tripoli (containing 17,64% of active SiO_2) at equal conditions gave 16,5 kgr/cm² and 17,3 kgr/cm². In order to find out the duration of vapour treating at 70°, were prepared concrete samples of the composition 1:2:6 and 1:2:8.

The investigations showed that the best results are obtained by vapour treating of samples during 24 h. The best composition of concrete is 1:2:8. The samples with Kamenetz-Podolsk tripoli had a crushing strength 19 kgr/cm² and with Kutejnikovo tripoli — 21,5 kgr/cm².