

Чарномский Вацлав Ипполитович

**О действии сернокислых
почвенных вод на цементные
растворы сооружений**

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 82-3
ББК 84
В22

В22 **Вацлав Ипполитович Ч.**
О действии сернокислых почвенных вод на цементные растворы сооружений
/ Чарномский Вацлав Ипполитович – М.: Книга по Требованию, 2022. – 39 с.

ISBN 978-5-521-29771-9

ISBN 978-5-521-29771-9

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2022

© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2022

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первозданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.



Серия Книжный Ренессанс

www.samizday.ru/reprint

О дѣйстви сѣрнокислыхъ почвенныхъ водъ на цементные растворы сооружений.

Процессъ разрушенія гидравлическихъ растворовъ въ морской водѣ съ давнихъ поръ обратилъ вниманіе строителей. Въ этомъ направленіи имѣются уже изслѣдованія и труды, вполне выяснившіе причины разрушеній, и выработаны мѣры для устраненія, или по крайней мѣрѣ, уменьшенія вреднаго вліянія морской воды (см. Труды Отдѣла Торговыхъ Портовъ Министерства Торговли и Промышленности, выпуски I, XXIII и XXVI и Сборникъ Института Инженеровъ Путей Сообщенія, томъ LXXX).

Но разрушеніе цементныхъ растворовъ въ прѣсной водѣ, содержащей сѣрнокислыя известковыя и магнезіальныя соли, до недавняго времени не обращало на себя вниманія и этотъ вопросъ русскими строителями не былъ достаточно изслѣдованъ.

Между тѣмъ, разрушительное дѣйствіе почвенныхъ сѣрнокислыхъ водъ вполне заслуживаетъ сдѣлаться предметомъ тщательнаго изученія, такъ какъ характеръ этихъ разрушеній по своей интенсивности не уступаетъ, если не превосходитъ, дѣйствіе морской воды, по слѣдующимъ причинамъ:

- первая—отсутствіе защитной оболочки въ видѣ морскихъ растений, ракушекъ и прочее, какими покрываются поверхности сооружений въ морской водѣ и которыя задерживаютъ процессъ разрушенія,
- вторая—процентное содержаніе сѣрнокислыхъ солей въ морской водѣ постоянно и не превышаетъ 0,006; въ почвенныхъ же водахъ этотъ составъ не посто-

яненъ и въ періодъ засухи составъ доходить до насыщѣнія, что значительно усиливаетъ процессъ разрушенія,

третья—въ подпорныхъ стѣнкахъ, тунеляхъ, подводныхъ и надводныхъ частяхъ набережныхъ, докахъ, шлюзовыхъ стѣнкахъ и мостовыхъ устояхъ гидростатическое давленіе почвенныхъ водъ со стороны земляной засыпки и дѣйствіе солнечныхъ лучей и вѣтра на открытую часть сооруженія производятъ усиленное проникновеніе почвенныхъ водъ въ сооруженіе, испареніе ея на поверхности съ концентраціей солей внутри сооруженія, что сильно ускоряетъ процессъ разрушенія.

Въ этой статьѣ изложены имѣющіяся во французской литературѣ данныя о разрушеніяхъ почвенными водами сооруженій, затѣмъ указанъ, на основаніи лабораторныхъ опытовъ, химическій процессъ этихъ разрушеній и предложены мѣры, которыя надлежитъ принять для устраненія въ сооруженіяхъ, или по крайней мѣрѣ уменьшенія, вреднаго дѣйствія сѣрнокислыхъ почвенныхъ водъ.

§ 1. Въ 1900—1902 годахъ Г. Біедъ (I. Bied) *), директоръ лабораторіи французскаго цементнаго Общества „Павенъ де Ляфаржъ“ (Pavin de Lafarge) собралъ весьма интересныя данныя о разрушительныхъ дѣйствіяхъ почвенныхъ сѣрнокислыхъ водъ на цементные растворы слѣдующихъ сооружений:

1) Въ тунелѣ d'Alcup, построенномъ на линіи „Linares-Almeria“, въ Испаніи, въ бутовую кладку былъ примѣненъ растворъ изъ лучшей гидравлической извести завода „Lafarge“. Черезъ нѣсколько мѣсяцевъ послѣ постройки тунеля, согласно донесенію главнаго инженера дороги г. Gueylard, обнаружались разрушенія на лицевыхъ сторонахъ входныхъ головъ тунеля, въ особенно

*) I. Bied. Directeur du Laboratoire de la Societè I. A. Pavin de Lafarge. Communication présentée en 1902 au groupe Français de L'association internationale des methodes d'essai à Paris. „Sur la decomposition des ciments par les caux sulfatées“.

сти на крыльяхъ, поддерживающихъ земляные откосы. Растворъ въ швахъ сдѣлался мокрымъ, потерялъ связь съ камнемъ, отдѣлялся пластами, вспучивался и при раздавливаніи пальцами рассыпался въ порошокъ. Полагая, что причиной разрушенія неисправность работъ, г. Gueylard распорядился очистить всѣ разрушенныя мѣста и швы и къ концу лѣта возобновилъ ихъ тщательно новымъ растворомъ. Но черезъ три мѣсяца поверхность входныхъ головъ и крыльевъ была снова разрушена; и, хотя кладка камня была, какъ и прежде, безъ трещинъ, но швы, отдѣлившись отъ камней, потрескались и выпучились. Инженеръ Gueylard подчеркиваетъ ту особенность, что наблюдаемая черезъ 5—6 мѣсяцевъ послѣ постройки разрушенія относились исключительно къ открытымъ лицевымъ поверхностямъ сооружений и не наблюдались въ тѣхъ мѣстахъ, которые съ двухъ сторонъ засыпаны землей, а также, что разрушались только швы, безъ трещинъ въ самой кладкѣ.

2) Въ береговомъ устоѣ „Solado“ той-же дороги главнымъ инспекторомъ дороги г. Boutillier были замѣчены слѣдующія разрушенія. Береговой устоя былъ устроенъ въ 1897 году и къ нему была примкнута съ трехъ сторонъ земляная присыпка. Весною 1898 года обнаружили на внѣшней (открытой) сторонѣ устоя разрушенія швовъ на глубинѣ 0,10 м. и незначительныя трещины на верхней лицевой грани. Немедленно земляная засыпка, оказавшаяся пропитанной гипсовой водой, была снята и замѣнена оболочкой изъ каменной загрузки, залитой жирнымъ цементнымъ растворомъ. Въ теченіи 18 мѣсяцевъ послѣ этой работы разрушеній не наблюдалось; но, когда въ началѣ 1900 года земляная засыпка была доведена до проектной высоты, разрушенія лицевой стороны устоя возобновились. Взятыя пробы растворовъ въ ноябрѣ 1897 года и въ сентябрѣ 1900 года (въ двухъ мѣстахъ) указали на слѣдующія поглощенія растворомъ сооруженія сѣрной кислоты:

	Въ 1-омъ мѣстѣ.	Во 2-мъ мѣстѣ.
въ ноябрѣ 1897 г.	1,01 ⁰ / ₀	1,37 ⁰ / ₀
въ сентябрѣ 1900 г.	2,30 ⁰ / ₀	2,26 ⁰ / ₀

3) Разрушенія въ „Boufarik“ въ Алжирѣ трубопровода, составленнаго изъ прессованныхъ цементныхъ трубъ, поставленныхъ по частному заказу заводомъ „Lafarge“. Составъ раствора для трубъ былъ 400 кгр. цемента лучшаго качества на 1 куб. метръ зернистаго песку. Трубы были предназначены для водоснабженія подъ давленіемъ не выше 2-хъ метровъ и были зарыты (самимъ заказчикомъ) въ грунтъ, пропитанный почвенными водами. По истеченіи 4-хъ мѣсяцевъ отъ укладки трубопровода, было произведено открытіе трубъ водопровода для исправленія осѣвшихъ и пропускающихъ воду стыковъ; при этомъ обнаружилось разрушеніе трубъ съ поверхности; а именно бетонъ оказался мягкимъ и растирающимся въ пальцахъ. Сдѣланные анализы воды внутри водопровода, указали на нормальный ея составъ, а именно—послѣ выпариванія 1 литра воды въ нерастворимомъ осадкѣ (въ 0,42 грамма) оказалось гипса (CaSO_4)—0,13 грамма. Но анализъ окружающей водопроводъ почвенной воды обнаружилъ, послѣ выпариванія 1 литра воды, нерастворимаго осадка 4,31 грамма слѣдующаго состава:

Кремнезема, глинозема и желѣза .	0,08
NaCl	0,76
Na_2SO_4	0,12
MgSO_4	1,86
CaSO_4	1,49

Итого . 4,31 грамма.

Затѣмъ произведенные анализы въ 9 мѣстахъ наружныхъ и внутреннихъ частей стѣнокъ водопровода указали на слѣдующее содержаніе въ бетонѣ сѣрной кислоты (SO_3):

	Во внутренней части.	Въ наружной части.
1	. 0,23	0,56
2	. . . 0,33	0,64
3	. . 0,36	0,36
4	не произведено	0,42
5	. . . 0,24	0,36
6	. . . 0,23	0,37
7	. . . 0,25	0,29
8	. . . 0,77	1,10
9	. . . 0,63	0,77

Изъ этихъ данныхъ видно, что содержаніе SO_2 оказалось больше снаружи стѣнокъ водопровода, чѣмъ съ внутренней ихъ стороны, т. е. больше со стороны почвенныхъ водъ. Это обстоятельство указываетъ на то, что разрушеніе бетона произошло отъ дѣйствія почвенныхъ водъ и, если въ 4-хъ мѣсячный періодъ оно не проявилось значительнѣе, то это вслѣдствіе того, что, во-первыхъ — трубы водопровода послѣ ихъ выдѣлки долгое время находились на воздухѣ и бетонъ на поверхности ихъ успѣлъ сильно затвердѣть и во-вторыхъ — трубы были погружены со всѣхъ сторонъ въ почвенную воду, динамическаго давленія отъ почвенныхъ водъ не испытывали и даже внутреннее давленіе въ трубопроводѣ (въ 2 метра) производило обратное дѣйствіе, частью задерживая проникновеніе почвенныхъ водъ въ тѣло бетона.

4) Разрушеніе въ 1902 году въ тунеляхъ въ „Rimon“ и въ „La Plagnotte“ на 15 и 16 киллометрахъ желѣзнодорожной линіи отъ „St.-Giron“ до „Foix“. Тунель „Rimon“ длиною 800 метровъ; постройка его, начатая въ 1895 году была окончена въ 1899 году; объемъ кладки около 13.800 куб. метровъ. Тунель „La Plagnotte“ длиною 200 метровъ; постройка его была также начата въ 1895 году и окончена въ 1898 году; объемъ кладки — 5.200 куб. метровъ. Въ обоихъ тунеляхъ для раствора была взята Тейльская известь завода Ляфаржъ въ пропорціи 300 кгр. на 1 куб. метръ песку; песокъ былъ

известковый кристаллическій. Тунели были вырыты въ гипсовыхъ и глинисто-гипсовыхъ пластахъ. Въ сентябрѣ 1901 г. были замѣчены уже, во многихъ мѣстахъ на поверхности кладки, разрушенія раствора.

Сдѣланные г. Bied'омъ анализы почвенныхъ водъ дали слѣдующіе результаты:

Въ „Rimon“:

послѣ испаренія 1 литра почвенной воды, полученный остатокъ въ 2,17 граммъ былъ слѣдующаго состава:

Кремнезема	0,0092	Сѣрнокислой извести .	1,63
Глинозема и желѣза .	0,002	Сѣрнокислой магнезій.	0,35
Извести	0,85	Хлористаго магнеія .	0,008
Окиси магнеія	0,619	Кремнезема	0,009
(или магнеія)	0,002	Глинозема и желѣза .	0,002
Сѣрной кислоты . .	1,19	Углекислой извести .	0,17
Хлора	0,006		

Въ „La Plagnotte“:

послѣ испаренія 1 литра почвенной воды, полученный остатокъ въ 1,56 граммъ былъ слѣдующаго состава:

Кремневой кислоты .	0,006	Сѣрнокислой извести .	1,310
Глинозема и желѣза .	0,02	Сѣрнокислой магнезій.	0,170
Извести	0,65	Хлористаго магнеія .	0,608
Окиси магнеія	0,059	Кремневой кислоты .	0,006
(или магнеія)	0,002	Глинозема и желѣза .	0,02
Сѣрной кислоты . .	0,89	Углекислой извести .	0,110
Хлора	0,006		

Также былъ произведенъ анализъ растворовъ, для чего въ цѣляхъ выдѣленія песка, растворы были высушены и просѣяны черезъ тонкое сито (№ 80); полагалось, что прошелъ черезъ сито мелкій матеріалъ и остался на ситѣ главнымъ образомъ песокъ.

Результаты анализа слѣдующіе:

Въ „Rimon“ (пробы взяты въ апрѣлѣ 1902 г.).

	Здороваго раствора:	Разрушеннаго раствора:
Всѣсъ прошедшей части черезъ сито (80) . .	$\frac{44}{173} = 25,4\%$	$\frac{194}{913} = 21,2\%$

Кремнезема	20,37	17,84
Глинозема и желѣза	2,07	2,43
Извести	54,57	42,22
Окиси магнезія	2,01	2,00
Сѣрной кислоты	1,24	9,43
Угльной кислоты	13,97	19,13
Воды и летучихъ веществъ	4,37	4,80
Разница	0,50	2,15
	100,00	100,00

Въ „La Plagnotte“ (пробы взятыя въ апрѣлѣ 1902 г.).

Вѣсъ прошедшій черезъ сито	Здорового раствора: $\frac{40}{244} = 16,3\%$	Разрушеннаго раствора: $\frac{215}{1124} = 19,1\%$
Кремневой кислоты	14,90	18,22
Глинозема и желѣза	2,68	2,07
Извести	57,36	41,95
Окиси магнезія	1,51	2,43
Сѣрной кислоты	1,00	10,59
Угльной кислоты	17,67	15,60
Воды и летучихъ веществъ	4,23	9,00
Разность	0,56	0,14
	100,00	100,00

Сопоставляя эти результаты видно, что произошло выщелачиваніе изъ раствора извести и поглощеніе растворомъ изъ почвенныхъ водъ сѣрной кислоты; слѣдуетъ еще прибавить, что анализъ не указалъ присутствія сѣрной кислоты въ оставшемся на ситѣ пескѣ. На основаніи этихъ анализовъ пропорція сѣрной кислоты въ растворахъ опредѣлилась слѣдующая:

	Въ „Rimon“:	Въ „La Plagnotte“:
Въ здоровомъ растворѣ: .	$\frac{1,24}{25,4} = 0,48\%$	$\frac{1,09}{10,3} = 0,66\%$
Въ разрушенномъ „	$\frac{9,43}{21,2} = 4,44\%$	$\frac{10,59}{18,2} = 5,81\%$

Относительно характера наблюдаемыхъ въ этихъ тунеляхъ разрушеній г. Бюдь заключаетъ, что они наблюдались, главнымъ образомъ, на поверхности со стороны путей, въ глубинѣ же стѣнъ растворъ оказался еще здоровымъ, хотя въ двухъ мѣстахъ („Rimon“) произошло обратное явленіе—здоровый растворъ со стороны пути и разрушенный со стороны земли. Наибольшее разрушеніе наблюдалось ниже расположенія въ стѣнѣ выходныхъ отверстій (Les barbacanes), черезъ которыя постоянно протекаютъ почвенныя сѣрнокислыя воды, а также и въ водосточныхъ канавахъ, отводящихъ эти воды вдоль и за предѣлы тунелей. Вслѣдствіе свободного и постоянного выхода почвенныхъ водъ черезъ устроенныя въ стѣнѣ водоспускковыя отверстія, проникновеніе сѣрнокислыхъ водъ въ толщу кладки стѣны было сравнительно незначительное, а также, такъ какъ въ составѣ употребленнаго въ постройку цемента процентное содержаніе глинозема было небольшое (всего отъ 2,07 до 2,68%), то образованія двойной соли Деваля (сульфоалюмината извести) не было, а потому общаго разбуханія всей кладки не наблюдалось, а лишь поверхностное разрушеніе швовъ, въ видѣ отдѣльныхъ шишекъ и наростовъ, рассыпающихся въ порошокъ.

5) Въ южномъ Алжирѣ въ раіонѣ „Chot-El-Modna“ были изслѣдованы слѣдующія разрушенія на строящейся дорогѣ „M'Sila-Saada“:

а) на 72,5 киллометрахъ (въ „Oned-Chermath“) была устроена подпорная стѣнка для удержанія земляной насыпи; стѣна была возведена частью изъ сухой кладки, частью на цементномъ растворѣ и насыпь за стѣнкой была возведена не на полную высоту стѣнки; въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ кладка была сдѣлана на растворѣ образовалось сзади стѣнки скопленіе почвенныхъ и дождевыхъ водъ и замѣчалось полное разрушеніе раствора какъ на лицевой, такъ и на внутренней грани стѣнки;

б) на 77,5 киллометрѣ (въ Khelidj-el-Messe) въ нѣсколько мѣсяцевъ послѣ постройки устоевъ для проек-

тированного моста были замѣчены, послѣ засыпки за устоями земли, слѣдующія явленія: у цоколя выше уровня воды, гдѣ въ бутовую кладку былъ примѣненъ цементъ, содержащій незначительное количество глинозема, появились разрушенія, главнымъ образомъ, швовъ, въ видѣ отдѣльныхъ шишекъ безъ выпучиванія, и растворъ превратился въ растираемый въ пальцахъ порошокъ, но самая кладка устоя оказалась цѣлой. Выше цоколя, гдѣ въ бутовую кладку былъ примѣненъ цементъ съ большимъ содержаніемъ глинозема (свыше 5%), произошло разбуханіе раствора съ раскрытіемъ швовъ и разрушеніемъ всей кладки. Въ обоихъ мѣстахъ (на 72,5 и 77,5 километрахъ) разрушеніе распространилось выше уровня почвенныхъ водъ и земляной насыпи; очевидно, почвенныя воды проникли вверхъ въ кладку и подъ дѣйствіемъ солнечныхъ лучей, испаряясь на поверхности, произвели разрушительное дѣйствіе верхней грани устоя.

Изъ 1 литра почвенныхъ водъ остатокъ, полученный выпариваніемъ, составлялъ 21,084 граммъ; въ немъ оказалось по анализу:

CaCO_3	0,071	граммовъ
CaSO_4	0,646	„
Na_2SO_4	1,079	„
MgSO_4	4,674	„
NaCl	14,547	„

Т. е. въ общемъ, въ этомъ остаткѣ, сѣрной кислоты было 4,04 грамма.

Составъ же цемента, котораго растворъ разрушился съ разбуханіемъ и образованіемъ сульфо-алюмината, былъ слѣдующій:

Кремнезема	24,00
Глинозема	5,00
Желѣза	1,50

Извести	60,00
Магнезиі.	0,50
Сѣрной кислоты	0,60
Потери и разность.	8,40
	100,00

Затѣмъ на томъ же 77,5 километрѣ было произведено изслѣдованіе проникновенія въ сооруженіе почвенныхъ водъ снизу вверхъ подѣ дѣйствіемъ солнечныхъ лучей, для чего на опорную стѣнку изъ бутовой кладки, погруженную въ почвенныя воды и выступающую на 0,25 до 0,30 сантиметровъ выше воды, были уложены бутовые массивчики, составленные изъ доброкачественныхъ гидравлическихъ матеріаловъ *) 4-хъ разныхъ составовъ. Массивы находились все время выше воды и подѣ дѣйствіемъ солнечныхъ лучей. Въ скоромъ времени на поверхности массивовъ обнаружили признаки разрушеній; растворъ превращался въ порошокъ. Анализъ разрушенныхъ частей (безъ выдѣленія мелкихъ частей) обнаружилъ слѣдующій составъ:

	Тейльскія известныя марки		Кремнистый цементъ	Глиноземный цементъ
	А	В		
Кремнезема и песка. . .	48,30	33,70	43,45	27,70
Глинозема и окиси жел. .	5,50	4,72	4,95	4,83
Извести.	22,25	30,50	24,20	33,75
Магнезиі.	0,79	0,78	0,88	0,98
Сѣрной кислоты.	1,42	3,60	5,01	2,40
Угльной кислоты и воды.	20,30	25,20	20,60	30,04
Потери и проч.	1,44	1,50	0,91	1,20
	100,00	100,00	100,00	100,00

Эти анализы указываютъ на выщелачиваніе извести и поглощеніе сѣрной кислоты.

*) Тейльской извести марки А и В и цементовъ—одного съ преобладаніемъ кремнезема и другого—съ преобладаніемъ глинозема.