

ЦЕОЛИТОВЫЙ СПОСОБЪ

ИСПРАВЛЕНІЯ

ЖЕСТКИХЪ ВОДЪ.



СОСТАВИЛЪ
Главный Механикъ при Московскихъ казенныхъ винныхъ складахъ
Инженеръ-Механикъ

М. И. Потресовъ.



Типо-литографія Т-ва И. Н. Кушнеревъ и К°. Пименовская ул., соб. домъ.
МОСКВА—1912.

ОГЛАВЛЕНИЕ.

	<i>Стр.</i>
1. Введение	5
2. Краткое описание цеолитового способа	7
3. Цеолитъ искусственный	7
4. Расчетъ количества цеолита, необходимаго для исправленія воды до O^0 . .	11
5. Расчетъ вѣса поваренной соли, необходимаго для регенерациі цеолита . . .	17
6. Сравненіе стоимости исправленія воды помощью искусственныхъ цеолитовъ со стоимостью исправленія содой и известью	21
7. Описаніе устройства и дѣйствія цеолитовыхъ фильтровъ	25
8. Цеолитовая установка на московскомъ № 1 казенномъ винномъ складѣ и обзоръ ея дѣйствія	28
9. Заключение	34
10. Описаніе нѣкоторыхъ цеолитовыхъ установокъ, проектированныхъ и выполнен- ныхъ фирмою „НЕПТУНЪ“	35

ВВЕДЕНИЕ.

Смягченіе жесткихъ водъ цеолитовымъ или тоже „пермутитовымъ“ способомъ является въ области прикладной техники дѣломъ новымъ, дающимъ весьма цѣнные результаты, такъ какъ смягченіе воды доводится до жесткости, равной 0°. Въ литературѣ мало данныхъ какъ о примѣненіи цеолитовъ на практикѣ, такъ и объ экономической сторонѣ цеолитоваго способа. Поэтому я нахожу весьма важнымъ и своевременнымъ познакомить заинтересованныхъ лицъ съ результатами тѣхъ моихъ наблюденій, которыя имѣли мѣсто на московскомъ № 1 казенномъ винномъ складѣ. Прежде чѣмъ приступить къ изложенію дѣла по существу, я считаю своимъ долгомъ принести свою глубокую благодарность завѣдующему Московской Центральной Химической Лабораторіей Министерства Финансовъ приватъ-доценту А. Г. Дорошевскому, по мысли котораго введенъ цеолитовый способъ исправленія питательной воды въ паровыхъ котлахъ вышеозначеннаго склада, лаборанту той же Лабораторіи А. Я. Бардту и владѣльцамъ Технической Конторы „Нептунъ“ инженеръ-механикамъ Б. Н. и Н. Н. Зиминымъ за тотъ цѣнный матеріалъ, который они столь любезно предоставили въ мое пользованіе, и за тѣ свѣдѣнія, которыми они столь охотно дѣлились со мной.

Въ дальнѣйшемъ изложеніи я дамъ краткое описаніе цеолитоваго способа (причемъ параллельно приведу химическія реакціи цеолитовъ); приведу расчетъ вѣса цеолита и вѣса поваренной соли на регенерацію; затѣмъ укажу на эко-

номическую сторону примѣненія искусственныхъ цеолитовъ въ сравненіи съ примѣненіемъ соды и извести для исправленія воды; и, наконецъ, познакомлю съ цеолитовыми установками на винномъ складѣ № 1 и другими, выполненными и спроектированными фирмой „Нептунъ“.

Я полагаю, что цеолитовый способъ получить самое широкое распространеніе и въ особенности тамъ, гдѣ постоянная жесткость воды высока (артезіанская вода), и тамъ, гдѣ дешева поваренная соль.

Въ производствахъ, гдѣ промывается волокно или ткань, устраненіе каждаго лишняго градуса жесткости воды уменьшаетъ расходъ мыла. Для образованія полезной мыльной пѣны и полученія известковаго мыла необходимо нейтрализовать соли кальція, содержащіяся въ водѣ, обыкновеннымъ мыломъ по расчету 100 грам. мыла на 1^о жесткости и на 1 куб. метръ воды.

Слѣдовательно при исправленіи воды, идущей на мойку, помощью только соды и извести до 4 нѣм. град., и притомъ при самыхъ благопріятныхъ практическихъ результатахъ, мы непроизводительно расходуемъ на 1000 ведеръ воды

$$\left(\frac{1000}{81,3} \times \frac{400}{1000} \times 2,44 \right) = 12 \text{ фун. мыла,}$$

т.-е. дальнѣйшее пониженіе жесткости съ 4 до 0^о, которое получается при цеолитовомъ способѣ, играетъ большую роль въ экономическомъ отношеніи, и, слѣдовательно, этотъ способъ исправленія воды имѣетъ свое большое будущее.

Цѣннымъ матеріаломъ для расчета стоимости цеолитовой установки и стоимости исправленія воды по цеолитовому способу являются тѣ числовые и графическіе расчеты фильтровъ и учетъ расхода поваренной соли, которые приведены мною въ предлагаемомъ заинтересованнымъ лицамъ изложеніи.

Краткое описание цеолитового способа.

Цеолитовый способ состоит в томъ, что черезъ определенное количество цеолитового песка фильтруется определенное количество жесткой воды. Фильтрація идетъ со скоростью отъ 10 до 0,5 метра и находится въ зависимости отъ большей или меньшей степени жесткости. При жесткихъ водахъ скорость берется меньшей; при менѣе жесткихъ—большей. Цеолитъ, удерживая кальцій и магній изъ фильтрующейся воды, исправляетъ ее до 0°. Послѣ того какъ цеолитъ будетъ вполнѣ насыщенъ кальціемъ и магниемъ, онъ теряетъ способность ихъ поглощать (удерживать), и дальнѣйшая фильтрація черезъ него не будетъ исправлять жесткую воду. Для того, чтобы вернуть цеолиту первоначальную способность поглощенія, черезъ него фильтруютъ 10%-й растворъ поваренной соли, которая освобождаетъ цеолитъ отъ кальція и магнія и восстанавливаетъ его дѣйствіе. Эту фильтрацію мы будемъ называть „регенераціей“, такъ какъ цѣль ея—восстановить дѣйствіе цеолита.

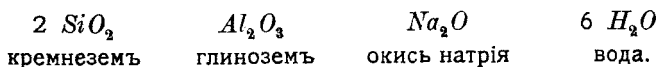
Цеолитъ искусственный.

Способъ получения искусственныхъ цеолитовъ выработанъ германскимъ профессоромъ Гансомъ (1905 г.). Онъ патентованъ и эксплуатируется Акціонернымъ Обществомъ И. Ридель въ Берлинѣ. Для получения цеолитовъ Ганса сплавляются 3 части каолина съ 12 частями соды въ присутствіи 3 частей кварца. Затѣмъ сплавъ измельчается до величины зерна $\frac{1}{2}$ —1 мм. и выщелачивается (фиг. 1, 2 и 3). На фиг. 1 и 2 имѣемъ крупный цеолитъ плавки 1909 года и на фиг. 3 мелкій плавки 1911 года.

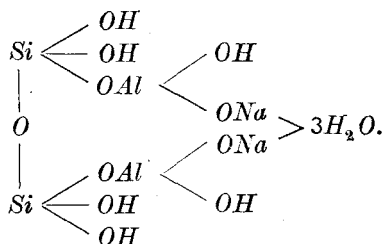
Продажный продуктъ имѣетъ сѣровато-желтый цвѣтъ. Цеолитъ нерастворимъ въ водѣ. Отъ дѣйствія кислотъ онъ разлагается, выделяя SiO_2 .

Цеолитъ, содержащій въ своемъ составѣ натрій, называется „натровымъ“, въ отличіе отъ „кальціеваго“ и „магніеваго“, о которомъ будетъ сказано впоследствии.

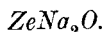
Составъ натровыхъ цеолитовъ выражается формулой



Структурная формула цеолитовъ, по Гансу, можетъ быть представлена такъ:



Для краткости формулу натрового цеолита будемъ писать:



Взаимодействие натровыхъ цеолитовъ съ растворами солей, напр., CaCl_2 и MgCl_2 выражаются формулами:

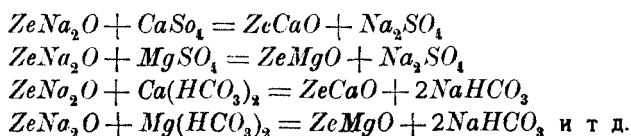


По первой формулѣ натрій натровыхъ цеолитовъ замѣщается кальціемъ, по второй магніемъ. Реакція идетъ по стрѣлкѣ 2 слѣва направо. Полученный цеолитъ въ отличіе отъ натрового въ первомъ случаѣ называется кальціевымъ, а во второмъ магніевымъ.

Реакція цеолитовъ обратима. Кальціевы и магніевы цеолиты въ присутствіи натровой соли, напримѣръ, NaCl поваренной соли обращаются въ натровый цеолитъ; реакція идетъ по стрѣлкѣ 1 справа налѣво.

Обратимость реакцій цеолитовъ позволяетъ для поглощенія новыхъ количествъ кальція и магнія „регенерировать“ его поваренной солью.

При процессѣ исправленія природныхъ водъ натровымъ цеолитомъ имѣютъ мѣсто слѣдующія реакціи:



Два пробы искусственных цеолитовъ согласно анализа, произведеннаго въ Московской Центральной Химической Лабораторіи Министерства Финансовъ, имѣли слѣдующій химическій составъ:

I.	II.
SiO_2 — 42,06	SiO_2 — 23,72
Al_2O_3 — 20,45	Al_2O_3 — 12,8
Na_2O — 12,10	Na_2O — 7,78
H_2O — 25,05	H_2O — 55,12.

Отсюда видимъ, что $\% \%$ содержаніе окиси натрія и воды въ искусственныхъ натровыхъ цеолитахъ различны, а потому такъ называемая „обмѣнная способность“ цеолитовъ, характеризующая количественно степень обмѣна натрія цеолита на кальцій и магній воды для каждой пробы, различна.

Обмѣнной способностью искусственныхъ цеолитовъ условились называть выраженное въ процентахъ

Отношеніе вѣса кальція, поглощеннаго при опредѣленныхъ условіяхъ цеолитомъ, къ вѣсу взятаго цеолита.

Такъ что обмѣнная способность

$$O = \frac{\text{вѣсъ } CaO, \text{ поглощенный цеолитомъ}}{\text{вѣсъ всего цеолита}} \times 100 \dots (1)$$

Средняя обмѣнная способность изготовляемыхъ въ настоящее время цеолитовъ опредѣляется въ 1,8—2,0 $\%$. Изслѣдованіе же различныхъ пробъ цеолитовъ Московской Центральной Химической Лабораторіи Министерства Финансовъ показало значительное колебаніе обмѣнной способности отъ 1,35 до 3,6 $\%$. Это колебаніе объясняется большимъ или меньшимъ содержаніемъ воды, остающейся вслѣдствіе неполной просушки послѣ выщелачиванія продукта водой. Содержаніе воды, какъ мы видѣли, доходить до 55 $\%$.

Дальнѣйшее же высушиваніе цеолита, какъ утверждаютъ фабриканты цеолита, нежелательно, такъ какъ при пересылкѣ маловоднаго продукта получается много мелочи, которая легко уносится изъ фильтра токомъ воды.

Обмѣнная способность цеолитовъ въ значительной степени зависитъ также отъ величины зерна. Чѣмъ меньше зерно цеолита, тѣмъ болѣе его дѣйствующая поверхность и потому тѣмъ болѣе обмѣнная способность. Но такъ какъ съ уменьшеніемъ зерна уменьшается пропускная способность фильтра, то измельченіе цеолита не должно переходить вышеуказаннаго предѣла отъ $\frac{1}{2}$ до 2 мм.

Затѣмъ обмѣнная способность цеолита различна по отношенію къ солямъ кальція и магнія. По даннымъ Московской Центральной Химической Лабораторіи Министерства Финансовъ, обмѣнная способность цеолита по отношенію къ магнію въ три раза менѣе таковой къ кальцію. Фирма „Нептунъ“ въ своихъ расчетахъ принимаетъ отношеніе обмѣнныхъ способностей кальція и магнія $= 2,8$, т.-е. для поглощенія солей магнія необходимо въ 2,8 раза болѣе цеолита чѣмъ для поглощенія такого же количества кальція.

Изъ статьи *) завѣдующаго Центральной Лабораторіей Министерства Финансовъ въ г. Москвѣ А. Г. Дорошевскаго и лаборанта той же лабораторіи А. Я. Бардта я заимствую способъ опредѣленія обмѣнной способности цеолита.

Въ стеклянную трубку діаметромъ въ 3 см. и длиною въ 120 см., снабженную съ одного конца краномъ, помѣщаютъ цеолитъ слоемъ въ 65 см., опредѣляютъ его вѣсъ, заливаютъ цеолитъ снизу дистиллированной водой (для вытѣсненія воздуха), даютъ ему хорошо намокнуть, а затѣмъ пропускаютъ сверху внизъ гипсовую воду въ 56 нѣм. градусовъ жесткости со скоростью 1 метра въ часъ. Какъ только въ фильтрованной водѣ появится жесткость, опытъ останавливаютъ и опредѣляютъ количество фильтрованной воды. Вслѣдъ за водой черезъ цеолитъ пропускаютъ со скоростью $\frac{1}{2}$ метра въ часъ 10% растворъ чистой поваренной соли въ количествѣ указанномъ ниже. Когда уровень раствора спустится до верхняго уровня цеолита, кранъ закрываютъ и оставляютъ стоять цеолитъ подъ растворомъ соли въ продолженіе 6 часовъ. Затѣмъ спускаютъ растворъ соли и промываютъ цеолитъ дистиллированной водой до удаленія всей соли (реакція въ $AgNO_3$). Опытъ повторяютъ 3 раза и опредѣляютъ среднее изъ трехъ опытовъ послѣ 1-й регенерации количество фильтрованной безъ жесткости воды въ литрахъ. Число литровъ, помноженное на 0,56, показываетъ граммы CaO , поглощенной цеолитомъ, а граммы извести, помноженные на 8, даютъ количество необходимой для регенерации поваренной соли. Отношеніе вѣса поглощенной извести къ вѣсу всего цеолита, выраженное въ процентахъ, даетъ численное выраженіе обмѣнной способности даннаго препарата.

*) „Искусственные цеолиты, какъ средство для исправленія жесткихъ водъ“.

Расчетъ количества цеолита, необходимаго для исправленія жесткой воды до O^0 .

Для опредѣленія количества цеолита, необходимаго для исправленія воды до O^0 , нужно взять: количество воды подлежащее исправленію, химическій составъ воды по отношенію къ содержанію въ ней кальція и магнія, а равно и свободной углекислоты, а затѣмъ обмѣнную способность цеолита.

Примемъ слѣдующія обозначенія:

O — обмѣнная способность цеолита по отношенію къ кальцію (CaO);

$\frac{O}{2,8}$ — тоже по отношенію къ магнію (MgO);

x — необходимое количество цеолита для поглощенія кальція;

y — тоже для поглощенія магнія;

Q — количество воды въ ведрахъ, подлежащее исправленію;

m — количество въ граммахъ содержащейся въ одномъ литрѣ воды — окиси кальція (CaO);

n — тоже окиси магнія (MgO);

Тогда Q ведеръ воды будетъ содержать:

Окиси кальція ($Q \times 12,3 \times m$) грм. и

Окиси магнія ($Q \times 12,3 \times n$) грм., слѣдовательно потребуется цеолита для поглощенія кальція:

$$x = \frac{Q \times 12,3 \times m}{O} \times 100 \text{ грм., — и магнія:}$$

$$y = \frac{Q \times 12,3 \times n}{O} \times 100 \times 2,8 \text{ грм., — а всего } x + y = \frac{Q \times 12,3}{O} \times$$

$$\times 100 (m + 2,8 n) \text{ грм.} = \frac{Q \times 12,3}{1000 \times O} \times 100 (m + 2,8 n) \text{ клгрм.} =$$

$$= \frac{Q \times 12,3}{1000 \times 16,4 \times O} \times 100 (m + 2,8 n) \text{ пудовъ.}$$

Обозначая выраженіе $100 (m + 2,8 n)$ черезъ E , получимъ сокращенную формулу для расчета количества цеолита:

$$\text{Количество цеолита} = 0,00075 \frac{QE}{O} \text{ пуд.} \dots \dots \dots (2)$$

Предыдущій расчетъ пояснимъ примѣромъ:

Имѣемъ артезіанскую воду изъ 3-го водоноснаго слоя — водокачка у рѣки Яузы на московскомъ № 1 казенномъ винномъ складѣ — согла-

ТАБЛИЦА I.

Весь цеолита, необходимый для исправления воды в пудах, Q —количество воды в ведре, подлежащее исправлению. $E = 100 (m + 2.8n)$, где m количество извести (CaO) и n магнезии (MgO) в граммах в 1 литр воды. Обменная способность цеолита по отношению к кальцию взята 1,8, а по отношению к магнию в 2,8 раз меньше, т.-е. 0,64.

$\frac{E}{Q}$	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1000	2,08	4,16	6,24	8,32	10,4	12,48	14,56	16,64	18,72	20,8	22,88	24,96	27,04	29,12	31,2	33,28	35,36	37,44	39,52	41,6
2000	4,16	8,32	12,38	16,64	20,8	24,96	29,12	33,28	37,44	41,6	45,76	49,92	54,08	58,24	62,4	66,56	70,72	74,88	79,04	83,2
3000	6,24	12,48	18,72	24,96	31,2	37,44	43,68	49,92	56,16	62,4	68,64	74,88	81,12	87,36	93,6	99,84	106,08	102,32	118,54	124,8
4000	8,32	16,66	24,96	33,28	41,6	49,92	58,24	66,56	74,88	83,2	91,52	99,84	108,16	116,48	124,8	133,12	141,44	149,76	158,08	166,4
5000	10,4	20,8	31,2	41,6	52	62,4	72,8	83,2	93,6	104	114,4	124,8	135,2	145,6	156	166,4	176,8	187,2	197,6	208
6000	12,48	24,96	37,44	49,92	62,4	74,88	87,36	99,84	112,32	124,8	137,28	149,76	162,24	174,72	187,2	199,68	212,16	224,64	237,12	249,6
7000	14,56	29,12	43,68	58,24	72,8	87,36	101,92	116,48	131,04	145,6	160,16	174,72	189,28	203,84	218,4	232,96	248,52	262,08	276,64	291,2
8000	16,64	33,28	49,92	66,56	83,2	99,84	116,48	133,12	149,76	166,4	183,04	199,68	216,32	232,96	249,6	266,24	282,88	299,52	316,16	332,8
9000	18,72	37,44	56,16	74,88	93,6	112,32	131,04	149,76	168,48	187,2	205,92	224,64	243,36	262,08	280,8	299,52	318,24	336,96	355,68	374,4
10000	20,8	41,6	62,4	83,2	104	124,8	145,6	166,4	187,2	208	228,8	249,6	270,4	291,2	312	332,8	353,6	374,4	395,2	416
11000	22,88	45,77	68,64	91,52	114,4	137,28	160,16	183,04	205,92	228,8	251,68	274,56	297,44	320,32	343,2	366,08	388,96	411,84	434,72	457,6
12000	24,96	49,92	74,88	99,84	124,8	149,76	174,72	199,68	224,64	249,6	274,56	299,52	324,48	349,44	374,4	399,36	424,32	449,28	474,24	499,2
13000	27,04	54,08	81,12	108,16	135,2	162,24	189,28	216,32	243,36	270,4	297,44	324,48	351,52	378,56	405,6	432,64	459,68	486,72	513,76	540,8
14000	29,12	58,24	87,36	116,48	145,6	174,72	203,84	232,96	262,08	291,2	320,32	349,44	378,56	407,68	436,8	465,92	495,04	524,16	553,28	582,4
15000	31,2	62,4	93,6	124,8	156	187,2	218,4	249,6	280,8	312	343,2	374,4	405,6	436,8	468	499,2	530,4	561,6	592,8	624
16000	33,28	66,56	99,84	133,12	166,4	199,68	232,96	266,24	299,52	332,8	366,08	399,36	432,64	465,92	499,2	532,48	565,76	599,04	632,32	665,6
17000	35,36	70,72	106,08	141,44	176,8	212,16	247,52	282,88	318,24	353,6	388,96	424,32	459,68	495,04	530,4	565,76	601,12	636,48	671,84	707,2
18000	37,44	74,88	112,32	149,76	187,2	224,64	262,08	299,52	336,96	374,4	411,84	449,28	486,72	524,16	561,6	599,04	636,48	673,92	711,36	748,8
19000	39,52	79,04	118,56	158,8	197,6	237,12	276,64	316,16	355,68	395,2	434,72	474,24	513,76	553,28	592,8	632,32	671,84	711,36	750,88	790,4
20000	41,6	83,2	124,8	166,4	208	249,6	291,2	332,8	374,4	416	457,6	499,2	540,8	582,4	624	665,6	707,2	748,8	790,4	832

Примѣчаніе: Практически, в зависимости отъ скорости фильтрования и толщины слоя, в водоумягчители часто загружается большее количество цеолита, и срабатываніе его не доводится до истощенія.

сно изслѣдованія Московской Центральной Химической Лабораторіи Министерства Финансовъ, слѣдующаго состава:

Плотный остатокъ . . .	46,52 ч. въ 100.000 ч. воды.	
<i>CaO</i>	8,76	"
<i>MgO</i>	5,81	"
<i>SO₃</i>	13,1	"
<i>Cl</i>	0,74	"
Жесткость общая	16,9 нѣм. град.	
" постоянная	11,9	"
" устранимая	5,0	"
Щелочность	10,9	"

Требуется опредѣлить количество цеолита, обмѣнная способность котораго 1,8, для исправленія 1000 ведеръ воды до 0°.

Имѣемъ $m = 0,0876$ и $n = 0,0581$;

Отсюда $E = 100(0,0876 + 2,8 \times 0,0581) = 100(0,0876 + 0,16268) = 25,028$; $Q = 1000$ ведеръ и $O = 1,8$, слѣдовательно искомое количество цеолита по уравненію (2) будетъ

$$0,00075 \times 1000 \times 25,028 \times \frac{1}{1,8} \text{ пуд.} = 10,4 \text{ пуд.}$$

Для скорости, удобства и простоты расчета количества цеолита составлена таблица I для различныхъ значеній E отъ 5 до 100 и Q отъ 1000 до 20.000 включительно.

Для опредѣленія стоимости цеолита по расчету на 1000 ведеръ воды при различныхъ значеніяхъ E отъ 5 до 100 можетъ служить таблица II.

ТАБЛИЦА II.

Стоимость цеолита въ рубляхъ по расчету на 1000 ведеръ исправляемой воды, считая цеолитъ по цѣнѣ 20 руб. пудъ.

E	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Стоим. цеолита.	41,6	83,2	124,8	166,4	208,0	249,6	291,2	332,8	374,4	416,0
E	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
Стоим. цеолита.	457,6	499,2	540,8	582,4	624,0	665,6	707,2	748,8	790,4	832,0

Примѣчаніе. Въ зависимости отъ обмѣнной способности цеолита стоимость его колеблется отъ 18 до 22 руб. за пудъ. Для расчета таблицы II стоимость цеолита взята средняя.

Таблица I и II составлены, полагая что: обмѣнная способность цеолита по отношенію къ кальцію = 1,8%, и по отношенію къ магнеію

въ 2,8 раза меньше, т.-е. 0,64, и что средняя стоимость цеолита = 20 руб. пудъ.

Когда въ анализахъ воды указаны не количества окиси кальція (CaO) и окиси магнезія (MgO), что дѣлается обычно, а количества ихъ солей, то для расчета вѣса цеолита необходимо пересчитать соли на эквивалентныя количества ихъ окисей.

Для послѣдняго могутъ служить нижеслѣдующіе округленные эквиваленты

1 CO_2	= 1,27 CaO		
1 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	= 0,34 "	1 $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$	= 0,27 MgO
1 CaSO_4	= 0,41 "	1 MgSO_4	= 0,33 "
1 CaCO_3	= 0,56 "	1 MgCO_3	= 0,48 "
1 CaCl_2	= 0,5 "	1 MgCl_2	= 0,42 "

Если вода, подлежащая исправленію, содержитъ свободную углекислоту (CO_2), то въ случаѣ ея предварительной фильтраціи черезъ мраморъ, необходимо, при расчетѣ цеолита, углекислоту пересчитать на эквивалентное количество окиси кальція.

Затѣмъ расчетъ вѣса цеолита слѣдуетъ вести, зная расходъ воды въ ведрахъ Q и E ; послѣднее опредѣляется такъ:

$$E = 100(m + 2,8n) \dots \dots \dots (3)$$

гдѣ m —количество окиси кальція, какъ эквивалентъ другихъ солей кальція, содержащихся въ водѣ, и n количество окиси магнезія, какъ эквивалентъ другихъ солей магнезія, все въ граммахъ въ литрѣ воды.

Сказанное пояснимъ примѣромъ. Возьмемъ составъ воды I и II изъ книги „Анализъ воды“ (стр. 156) Dr. Ohlmüller, переводъ В. А. Волжина.

Миллиграммъ въ 1 литрѣ.

Воды.	CaCO_3	MgCO_3	CaSO_4	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$	NaNO_3
I	308	—	256	366	646	29
II	207	73	25	—	—	—
Воды.	Na_2SO_4	NaCl	Свободн. и полусвоб. CO_2	SiO_2	Органическихъ веществъ.	Плотный остатокъ.
I	—	337	129	18	8	2097
II	3	10	183	6	0,1	511

Углекислыя (CaCO_3), сернокислыя (CaSO_4), азотнокислыя [$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$] соли извести и свободную углекислоту (CO_2), полагая, что вода пре-

дварительно фильтруется через мраморъ, пересчитаемъ, пользуясь эквивалентами на стр. 14, на эквивалентное количество извести. То же сдѣлаемъ съ солями магnezii.

Вода I.

$$\begin{array}{rcl}
 0,308 \text{ CaCO}_3 & = & 0,308 \times 0,56 = 0,172 \\
 0,256 \text{ CaSO}_4 & = & 0,256 \times 0,41 = 0,105 \\
 0,366 \text{ Ca(NO}_3)_2 & = & 0,366 \times 0,34 = 0,124 \\
 0,129 \text{ CO}_2 & = & 0,129 \times 1,27 = 0,1645
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{rcl}
 0,646 \text{ Mg(NO}_3)_2 & = & 0,646 \times 0,27 \text{ MgO} \\
 \text{грам. . . .} & & 0,17 \text{ MgO}
 \end{array}$$

$$\text{грам. . . . } 0,565 \text{ CaO}$$

Вода II.

$$\begin{array}{rcl}
 0,207 \text{ CaSO}_3 & = & 0,207 \times 0,56 = 0,116 \\
 0,025 \text{ CaSO}_4 & = & 0,025 \times 0,41 = 0,01 \\
 0,113 \text{ CO}_2 & = & 0,113 \times 1,27 = 0,237
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{rcl}
 0,073 \text{ Mg(NO}_3)_2 & = & 0,073 \times 0,48 \text{ MgO} \\
 \text{грам. . . .} & & 0,035 \text{ MgO}
 \end{array}$$

$$\text{грам. . . . } 0,363 \text{ CaO}$$

Слѣдовательно въ 1 литрѣ имѣемъ

$$\begin{array}{l}
 \text{Вода I} \quad m \left\{ \begin{array}{l} 0,565 \text{ грам. CaO} \\ 0,363 \text{ " CaO} \end{array} \right. \text{ и } n \left\{ \begin{array}{l} 0,17 \text{ грам. MgO} \\ 0,035 \text{ " MgO} \end{array} \right. \\
 \text{" II}
 \end{array}$$

Вѣсъ цеолита, необходимый для исправленія водъ I и II, напр. въ количествѣ 1000 ведеръ, опредѣлимъ по таблицѣ I. Для этого находимъ по уравненію (3) $E = 100(m + 2,8n)$ для воды I $E = 100(0,565 + + 2,8 \times 0,17) = 104,2 \approx 105$ и для воды II— $100(0,363 + 2,8 \times 0,035) = 46,1 \approx 50$.

Зная величины E , найдемъ необходимый вѣсъ цеолита для исправленія 1000 ведеръ воды I:

$$41,6 + 2,08 = 44,4 \text{ пуд. и II—20,8 пуд.}$$

Когда вода, подлежащая исправленію, содержитъ желѣзо въ количествѣ больше 0,1 миллиграммовъ въ 1 литрѣ, то она подвергается предварительной фильтраціи черезъ марганцовый цеолитъ, который закисныя соли желѣза окисляетъ въ окисныя.

Инженеръ Б. Н. Зиминъ предложилъ графическій способъ расчета (диаграмма I), какъ вѣса цеолита, необходимаго для исправленія воды извѣстнаго химическаго состава, такъ и размѣровъ цеолитовыхъ фильтровъ.

Уравненіе (2), опредѣляющее количество цеолита опредѣленной обмѣнной способности O , напр., $O = 1,8$, можетъ быть написано такъ: $Q \times E = \text{постоянной величины}$.

Это есть уравненіе равнобокой гиперболы относительно перпендикулярныхъ другъ къ другу ассимптовъ. А потому, если, какъ предла-

гаетъ Б. Н. Зиминъ, по оси абсциссъ направо откладывать различныя значенія $E=5, 10, 15$ и т. д., а по оси ординатъ вверхъ количествъ воды $Q=1000, 2000, 3000$ и т. д. ведеръ, то для опредѣленнаго количества солей кальція и магнія, выраженнаго произведеніемъ Q (количество воды) и E (количество солей кальція и магнія въ 100 литрахъ) можно построить гиперболу для опредѣленнаго вѣса цеолита.

Опредѣленному вѣсу цеолита соотвѣтствуетъ опредѣленное количество солей кальція и магнія, а потому, если послѣднее не измѣняется, то не измѣняется и вѣсъ цеолита, необходимый для ихъ поглощенія.

Отсюда однимъ и тѣмъ же количествомъ цеолита можно исправить большее или меньшее количество воды, при условіи, что жесткость воды соотвѣтственно уменьшается или увеличивается. Напримѣръ, для исправленія 14.200 ведеръ при $E=50$ находимъ точку A , которая лежитъ на кривой, помѣченной 300 пудовъ цеолита, и тѣмъ же количествомъ цеолита можно исправить вмѣсто 14.200—28.400 ведеръ воды, жесткость которой вдвое менѣе, т.-е. $H=25$ и т. д. Діаграммы построены для 10, 15, 20, 25, 30, 35 и т. д. до 1000 пудовъ цеолита.

Размѣры цеолитоваго фильтра данной производительности опредѣляются въ зависимости отъ допускаемой скорости v фильтрованія для жесткихъ водъ отъ 0,5 метра въ часъ и при меньшихъ жесткостяхъ воды до 2,5 и болѣе метровъ.

На діаграммѣ это представлено во второмъ квадрантѣ. Каждый лучъ соотвѣтствуетъ опредѣленной жесткости E и скорости v фильтрованія.

Такъ, для взятаго нами примѣра 14.200 ведеръ, принимая скорость v фильтрованія 1,5 метра въ часъ, находимъ точку B , которая на оси абсциссъ налѣво даетъ площадь фильтра $S=\infty 5,8$ кв. метровъ.

Въ третьемъ квадрантѣ, на діаграммѣ I, даны объемы цеолитовой загрузки, соотвѣтственно вѣсамъ цеолита, означеннымъ въ квадрантѣ первомъ, при этомъ принято, что 1 куб. метръ цеолита вѣситъ 700 килограмм., или 42 п. 39 ф. По оси ординатъ внизъ отложены высоты слоя цеолита въ фильтрѣ. Слѣдовательно, произведеніе площади фильтра на высоту слоя цеолита представляется для каждаго количества цеолита соотвѣтственной гиперболой. Въ нашемъ случаѣ требуемые 300 пуд. цеолита, имѣющіе объемъ $\infty 7$ куб. метровъ, дадутъ площадь фильтра $\infty 5,8$ кв. метровъ и высоту слоя $=1,2$ метра, что представлено въ четвертомъ квадрантѣ точкою D , находящейся на линіи, обозначающей толщину слоя цеолита, необходимую въ зависимости отъ жесткости, показанной на оси абсциссъ.

Разсмотрѣвъ такимъ образомъ всѣ четыре квадранта, мы получимъ прямоугольникъ $ABCD$, вершины котораго даютъ полную характеристику цеолитоваго фильтра требуемой производительности: на осяхъ ординатъ мы отсчитываемъ жесткость E , количество воды Q , площадь

и толщину слоя цеолита, а въ вершинахъ прямоугольника соотвѣтственные вѣсы или объемъ цеолита и затѣмъ скорость фильтрованія и въ зависимости отъ жесткости воды.

Таблицы I и II и діаграмма I рассчитаны въ предположеніи 24-часовой работы фильтра между регенераціями, что и имѣетъ мѣсто въ установкахъ съ не менѣе, чѣмъ двумя цеолитовыми фильтрами, работающими черезъ сутки поочередно. Но можно ограничиться однимъ фильтромъ, срабатывая его въ теченіе 16 дневныхъ часовъ и регенерируя его въ ночное время.

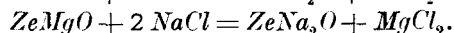
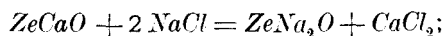
Слѣдовательно, для опредѣленія стоимости цеолита въ предположеніи 24-часовой работы фильтра, величины, подсчитанныя въ таблицѣ II, необходимо увеличить въ два раза, такъ какъ въ этомъ случаѣ мы имѣемъ два цеолитовыхъ фильтра: одинъ въ работѣ, другой въ регенераціи.

Расчетъ вѣса поваренной соли, необходимой для регенераціи цеолитовъ.

Послѣ того какъ натровый цеолитъ сработался, т.-е. опредѣленная часть его натрія замѣстилась кальціемъ и магніемъ воды, жесткость послѣдней быстро увеличивается. А потому исправляемую воду своевременно направляютъ на другой цеолитовый фильтръ, если въ работѣ два фильтра, и останавливаютъ, если въ работѣ одинъ фильтръ.

Затѣмъ сработанный цеолитъ фильтра, какъ мы сказали, „регенерируютъ“ крѣпкимъ растворомъ поваренной соли.

При этомъ кальціевый и магніевый цеолитъ переходитъ въ натровый по реакціямъ



Для расчета вѣса поваренной соли нужно знать количества кальція и магнія, удержанные изъ воды цеолитомъ, и затѣмъ пересчитать ихъ на эквивалентное количество натрія. Слѣдовательно, для того, чтобы быть точнымъ въ дозировкѣ поваренной соли, необходимо знать количество воды, прошедшее черезъ цеолитовый фильтръ отъ регенераціи до регенераціи.

Сохранимъ ранѣе принятыя обозначенія:

Q —расходъ воды въ сутки

m —количество CaO

n „ „ MgO

} въ грам. въ литрѣ воды.

ТАБЛИЦА III.

Весь поваренной соли в пудах, необходимой для регенерации цеолита. Q —производительность в водрахъ цеолитового фильтра отъ регенерации до регенерации и $E_1=100$ ($2,08m \times 8,77n$), гдѣ m и n —количество извести (CaO) и магнезій (MgO) въ граммахъ въ 1 литръ воды.

E_1 Q	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1000	0,26	0,39	0,52	0,65	0,78	0,91	1,04	1,17	1,3	1,43	1,56	1,69	1,82	1,95	2,08	2,21	2,34	2,47	2,6
2000	0,56	0,78	1,04	1,3	1,56	1,82	2,08	2,31	2,6	2,26	3,12	3,38	3,64	3,9	4,16	4,42	4,68	4,94	5,2
3000	0,78	1,17	1,56	1,95	2,34	2,73	3,12	3,51	3,9	4,29	4,68	5,07	5,46	5,85	6,24	6,63	7,02	7,41	7,8
4000	1,04	1,56	2,03	2,6	3,12	3,64	4,16	4,68	5,2	5,72	6,24	6,76	7,28	7,8	8,32	8,84	9,36	9,88	10,4
5000	1,3	1,95	2,6	3,25	3,9	4,55	5,2	5,85	6,5	7,15	7,8	8,45	9,1	9,75	10,4	11,05	11,70	12,35	13
6000	1,56	2,34	3,12	3,9	4,68	5,46	6,24	7,02	7,8	8,58	9,36	10,14	10,92	11,7	12,48	13,26	14,04	14,82	15,6
7000	1,82	2,73	3,64	4,55	5,46	6,37	7,28	8,19	9,1	10,01	10,92	11,83	12,74	13,65	14,56	15,47	16,38	17,29	18,2
8000	2,08	3,12	4,16	5,2	6,24	7,28	8,32	9,36	10,4	11,44	12,48	13,52	14,56	15,6	16,64	17,68	18,72	19,76	20,8
9000	2,34	3,51	4,68	5,85	7,02	8,19	9,36	10,53	11,7	12,87	14,04	15,21	16,38	17,55	18,72	19,89	21,06	22,23	23,4
10000	2,6	3,9	5,2	6,5	7,8	9,1	10,4	11,7	13	14,3	15,6	16,9	18,2	19,5	20,8	22,1	23,4	24,7	26
11000	2,86	4,29	5,72	7,15	8,58	10,01	11,44	12,87	14,3	15,73	17,16	18,59	20,02	21,45	22,88	24,31	25,74	27,17	28,6
12000	3,12	4,68	6,24	7,8	9,36	10,92	12,48	14,04	15,6	17,16	18,72	20,28	21,84	23,4	24,96	26,52	28,08	29,64	31,2
13000	3,38	5,07	6,76	8,45	10,14	11,83	13,52	15,21	16,9	18,59	20,22	21,97	23,66	25,35	27,04	28,73	30,43	32,11	33,8
14000	3,64	5,46	7,28	9,1	10,92	12,74	14,56	16,38	18,2	20,02	21,84	23,66	25,48	27,3	29,12	30,94	32,76	34,58	36,4
15000	3,9	5,85	7,8	9,75	11,7	13,65	15,6	17,55	19,5	21,45	23,4	25,35	27,3	29,25	31,2	33,15	35,1	37,05	39
16000	4,16	6,24	8,32	10,4	12,48	14,56	16,64	18,72	20,8	22,88	24,96	27,04	29,12	31,2	33,28	35,36	37,44	39,52	41,6
17000	4,42	6,63	8,84	11,05	13,26	15,47	17,68	19,89	22,1	24,31	26,52	28,73	30,94	33,15	35,36	37,57	39,78	41,99	44,2
18000	4,68	7,02	9,36	11,7	14,04	16,38	18,72	21,06	23,4	25,74	28,08	30,42	32,76	35,1	37,44	39,78	42,12	44,46	46,8
19000	4,94	7,41	9,88	12,35	14,82	17,29	19,76	22,23	24,7	27,17	29,64	32,11	34,59	37,05	39,52	41,99	44,46	46,93	49,4
20000	5,2	7,8	10,4	13	15,6	18,2	20,8	23,4	26	28,6	31,2	33,8	36,4	39	41,6	44,2	46,8	49,4	52

Зная молекулярные вѣса: $CaO = 56$, $MgO = 40$ и $NaCl = 58,5$, получимъ количество $NaCl$, эквивалентное извести (CaO) $= \frac{m \times 2 \times 58,5}{56} = 2,08 m$, эквивалентное магнезiи (MgO) $= \frac{n \times 2 \times 58,5}{40} = 2,925 n$.

Затѣмъ берутъ на 1 MgO не одинъ эквивалентъ $NaCl$, а три и полное количество соли съ избыткомъ въ 3,5 раза. Тогда количество поваренной соли, эквивалентное извести и магнезiи, содержащееся въ 1 литръ воды, будетъ $3,5 (2,08 m + 8,77 n)$.

Слѣдовательно, полное количество поваренной соли, необходимое для регенерации цеолита фильтра послѣ исправленiя Q ведеръ воды, будетъ:

$$\frac{Q \times 12,3 \times 3,5 \times 100}{1000 \times 100 \times 16,4} \times (2,08 m + 8,77 n) \text{ пуд.}$$

$$\text{или вѣсъ поваренной соли} = 0,000026 Q E_1 \text{ пуд.} \dots (4)$$

$$\text{гдѣ } E_1 = 100 (2,08 m + 8,77 n) \dots (5)$$

Пользуясь уравненiемъ (4) и беря различныя значенiя для E_1 —10, 15—100 и для Q —1000, 2000, 3000—20000, составлена таблица III, которая служить для опредѣленiя вѣса поваренной соли, необходимой для регенерации цеолита по Q и E_1 .

Графически таблица III представлена диаграммой II.

Для поясненiя возьмемъ числовой примѣръ:

$Q = 1000$ ведеръ; вода артезианскаго колодца московскаго казеннаго № 1 виннаго склада, слѣдовательно $m = 0,0876$ и $n = 0,0581$.

Тогда $E_1 = 100 (2,08 m + 8,77 n) = 18,22 + 50,95 = 69,17$ и вѣсъ поваренной соли по уравненiю (4) будетъ $0,000026 \times 1000 \times 69,17 = 1,798$ пуд. ≈ 72 фун.

По таблицѣ III при $E_1 = 70$ и $Q = 1000$ ведеръ вѣсъ соли $= 1,82$ пуда $= 72,8$ фунта и по диаграммѣ II приблизительно 1,8 пуд.

ТАБЛИЦА IV.

Стоимость исправленiя 100 ведеръ воды по цѣнѣ соли 30 коп. пудъ въ копейкахъ.

E_1	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
Стоимость исправленiя 100 ведеръ.	0,17	1,78	1,56	1,95	2,34	2,73	3,12	3,51	3,9	4,29
E_1	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105
Стоимость исправленiя 100 ведеръ.	4,68	5,07	5,46	5,85	6,24	6,63	7,02	7,41	7,8	8,19

Беря стоимость соли для московского района 30 коп. пудъ, составлена таблица IV, по которой легко определяется стоимость исправления воды по цѣнѣ соли на 1000 ведеръ при различныхъ значеніяхъ E_1 отъ 10 до 105.

ТАБЛИЦА V.

Минимальный объемъ бака для соляного раствора: а—въ ведрахъ; б—въ куб. футахъ по расчету на 1000 ведеръ исправляемой воды.

E_1	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
a	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40
b	1,74	3,48	5,22	6,96	8,7	10,44	12,18	13,92	15,66	17,4
E_1	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
a	44	48	52	56	60	64	68	72	76	80
b	19,14	20,88	22,62	24,36	26,1	27,84	29,58	31,32	33,06	34,8

Все сказанное имѣетъ мѣсто тогда, когда цеолитовые фильтры работают безъ перегрузки. Въ томъ же случаѣ, когда ихъ работа форсируется, т.-е. когда количество воды, проходящей черезъ фильтръ, болѣе предѣльной величины, то вѣсъ соли для регенерации не рассчитываютъ по количеству прошедшей воды, а берутъ не болѣе предѣльнаго. Напримѣръ цеолитовые фильтры на московскомъ казенномъ винномъ № 1 складѣ рассчитаны на 1000 ведеръ воды въ сутки; выше мы нашли вѣсъ соли для регенерации цеолитоваго фильтра послѣ исправленія 1000 ведеръ = 73 фунтамъ. На основаніи вышесказаннаго въ случаяхъ исправленія воды въ большихъ количествахъ количество поваренной соли берется не болѣе предѣльнаго, т.-е. 73 фунтовъ, и, наконецъ, въ случаѣ исправленія воды въ количествахъ меньшихъ 1000 ведеръ вѣсъ соли соответственно уменьшается.

Растворъ поваренной соли берется 10%; слѣдовательно, для растворенія 1 пуда соли нужно приблизительно 15 ведеръ воды, вода для этой цѣли употребляется мягкая.

Объемъ бака для раствора поваренной соли можно рассчитать, пользуясь нижеслѣдующей таблицей V.

Скорость фильтрованія регенерационнаго раствора поваренной соли должна быть въ 2—4 раза менѣе, чѣмъ при фильтрованіи сырой воды.

Сравненіе стоимости исправленія воды по- мощью искусственныхъ цеолитовъ со сто- имостью исправленія содой и известью.

Расчетъ стоимости исправленія воды будемъ вести только по сто-
имости расходуемыхъ матеріаловъ, какъ-то: поваренной соли, соды и
извести. Опредѣленіе необходимаго количества соды для исправленія
воды дѣлается на основаніи того, что на каждую частицу MgO и CaO ,
входящихъ въ видѣ сѣрно-кислыхъ ($CaSO_4$ и $MgSO_4$), хлористыхъ ($CaCl_2$
и $MgCl_2$) и азотно-кислыхъ ($Ca(NO_3)_2$ и $Mg(NO_3)_2$) солей требуется одна
частица соды (Na_2CO_3), и количество извести вычисляется по содер-
жанію свободной и полусвободной углекислоты, умножая ее на 1,27.
Кромѣ того необходимо принять въ расчетъ, что магнезіальныя соли,
реагируя съ содой, даютъ не среднія углекислыя соли, а основныя
углемагніевыя соединенія, которыя и остаются въ растворѣ, благодаря
одновременному выдѣленію углекислоты. Чтобы перевести эти соли въ
нерастворимыя соединенія, надо добавить нѣкоторое количество изве-
сти, которое связало бы углекислоту. Поправка вводится такимъ обра-
зомъ, что на каждую частицу MgO берется одна частица CaO .

При расчетахъ будемъ пользоваться слѣдующими округленными
эквивалентами:

$$\begin{array}{lcl}
 1 \text{ } CaO & = 1,9 & \\
 1 \text{ } CaSO_4 & = 0,78 & \\
 1 \text{ } Ca(NO_3)_2 & = 0,65 & \\
 1 \text{ } CaCl_2 & = 0,96 & \left. \vphantom{\begin{array}{l} 1 \text{ } CaO \\ 1 \text{ } CaSO_4 \\ 1 \text{ } Ca(NO_3)_2 \\ 1 \text{ } CaCl_2 \end{array}} \right\} Na_2CO_3 \\
 \\
 1 \text{ } Mg(NO_3)_2 & = 0,38 & \\
 1 \text{ } MgO & = 1,4 & \left. \vphantom{\begin{array}{l} 1 \text{ } Mg(NO_3)_2 \\ 1 \text{ } MgO \end{array}} \right\} CaO.
 \end{array}$$

$$\begin{array}{lcl}
 1 \text{ } MgO & = 2,65 & \\
 1 \text{ } MgSO_4 & = 0,88 & \\
 1 \text{ } Mg(NO_3)_2 & = 0,74 & \\
 1 \text{ } MgCl_2 & = 1,12 & \\
 1 \text{ } MgCO_3 & = 1,25 & \left. \vphantom{\begin{array}{l} 1 \text{ } MgO \\ 1 \text{ } MgSO_4 \\ 1 \text{ } Mg(NO_3)_2 \\ 1 \text{ } MgCl_2 \\ 1 \text{ } MgCO_3 \end{array}} \right\} Na_2CO_3
 \end{array}$$

Для примѣра возьмемъ артезіанскую воду колодца московскаго № 1
казеннаго виннаго склада и воду I, состава, указаннаго на страницахъ

Составъ воды.	Артезіанской московскаго № 1 казеннаго виннаго склада	I
	грам.	въ литрѣ.
CaO	0,0876	—
$CaCO_3$	—	0,308
$CaSO_4$	—	0,256
$Ca(NO_3)_2$	—	0,366
MgO	0,0581	—

Составъ воды.	Артезианской московского № 1 казеннаго виннаго склада	I.
	грам.	въ литрѣ.
$MgCO_3$	1	—
$Mg(NO_3)_2$	—	0,646
$NaNO_3$	—	0,029
$NaCl$	—	0,337
Cl	0,074	—
SiO_2	—	0,018
SO_3	0,131	—
Свободной и полусвободной угле- кислоты CO_2	—	0,129
Органическихъ веществъ	—	0,08
Плотный остатокъ	0,465	2,097

Стоимость исправленія артезианской воды московскаго № 1 казеннаго виннаго склада мы не будемъ опредѣлять. По даннымъ Московской Центральной Химической Лабораторіи Министерства Финансовъ примемъ ее = 2,8 копѣйки за 100 ведеръ.

Опредѣлимъ стоимость исправленія воды I по стоимости соды и извести.

Чтобы опредѣлить необходимое количество соды, нужно для извести и магнезіи, а также ихъ сѣрнокислыхъ, хлористыхъ и азотно-кислыхъ солей найти эквивалентное количество соды.

Известь же посчитаемъ по свободной или полусвободной углекислотѣ и магнезіи, содержащихся въ водѣ.

Для перевода въ углекислую соль требуется соды на 1 литръ воды:

Вода I: для $CaSO_4$ — $0,256 \times 0,78 = 0,199$; для $Ca(NO_3)_2$ — $0,366 \times 0,65 = 0,236$ и для $Mg(NO_3)_2$ — $0,646 \times 0,72 = 0,478$, а всего 0,91 граммовъ.

Для насыщенья свободной или полусвободной углекислоты и выдѣленія магнеіевыхъ солей требуется на 1 литръ извести:

Вода I: для CO_2 — $0,129 \times 1,27 = 0,164$ и для $Mg(NO_3)_2$ — $0,646 \times 0,38 = 0,245$, а всего 0,409 грамма.

Зная количество соды и извести, нужное для исправленія 1 литра воды и пользуясь нижеприведеннымъ выраженіемъ, опредѣляемъ стоимость исправленія Q ведеръ воды:

$$\frac{Q \times 12,3}{1000 \times 16,4} m_1 \times a \quad \text{и} \quad \frac{Q \times 12,3}{1000 \times 16,4} n_1 \times b.$$

Гдѣ m_1 и n_1 —количество соды и извести—нужное для исправленія 1 литра воды;

$Q \times 12,3$ —количество воды въ литрахъ;

$Q \times 12,3 \times m_1$ —количество соды въ граммахъ;

$Q \times 12,3 \times n_1$ —количество извести въ граммахъ;

$$\frac{Q \times 12,3}{1000 \times 16,4} \times m_1 \quad \text{и} \quad \frac{Q \times 12,3}{1000 \times 16,4} \times n_1$$

количества соды и извести въ пудахъ; a и b —стоимость въ копейкахъ пуда соды и извести.

Выраженіе стоимости исправленія воды содой и известью, отнеся ее къ 1000 ведамъ, можно написать въ слѣдующемъ сокращенномъ видѣ:

$$\frac{1000 \times 12,3}{1000 \times 16,4} (am_1 + bn_1) = 0,75 \times (am_1 + bn_1).$$

Беря для московскаго района цѣны для соды и извести: для первой 1,25 коп. и для второй 23 коп. пудъ, и затѣмъ посчитанныя ранѣе величины m_1 и n_1 , получимъ стоимость исправленія воды по цѣнѣ соды и извести.

	m_1	n_1	Стоимость исправл. 1000 ведеръ.
Артезианская московскаго № 1 виннаго склада	—	—	28,0
Вода I	0,9	0,409	91,4

Теперь посчитаемъ стоимость исправленія тѣхъ же водъ по цеолитовому способу, для чего воспользуемся таблицей IV, заранѣе опредѣливъ по уравненію (5) $E_1 = 100(2,08 m + 8,77 n)$, гдѣ m и n —полное количество солей извести и магнезій въ граммахъ въ 1 литрѣ воды, посчитанное нами ранѣе на стр. 13 и 15.

Беря для m и n соотвѣтствующія величины, найдемъ E_1 для воды:

Артезианская московскаго

$$\text{№ 1 виннаго склада} \quad 100(2,08 \times 0,0876 + 8,77 \times 0,0580) = 69,17 \approx 70.$$

$$\text{Вода I} \quad 100(2,08 \times 0,566 + 8,77 \times 0,17) = \approx 165.$$

По таблицѣ IV находимъ, что исправленіе цеолитомъ 1000 ведеръ воды состава артезианской московскаго казеннаго № 1 виннаго склада будетъ стоить для московскаго района 54,6 коп. и воды I—128,7 коп.

Сравнивая стоимость исправленія цеолитами со стоимостью исправленія содой и известью:

	Стоимость исправленія 1000 вед. въ копейкахъ.	Содой и известью.
Артезианская вода московскаго № 1 вин- наго склада	54,6	28,0
Вода I	128,7	91,4

видимъ, что первая въ виду дороговизны соли (30 к. пудъ) для московскаго района значительно выше второй, т.-е. стоимости исправленія содой и известью. Наоборотъ, для юга Россіи, напр. Ростовъ н/Д., гдѣ цѣна пуда соли 13 коп. стоимость исправленія цеолитомъ водъ состава артезіанской московскаго казеннаго № 1 виннаго склада и воды I будетъ стоить не 54,6 коп., а $\frac{54,6}{30} \times 13 = 23,66$ и не 128,7 к., а $\frac{128,7}{30} \times 13 = 55,77$, т.-е. значительно дешевле.

По мнѣнію завѣдующаго Московской Центральной Лабораторіей Министерства Финансовъ приватъ-доцента А. Г. Дорошевскаго и лаборанта той же Лабораторіи А. Я. Бардта, высказанному ими въ брошюрахъ: „Искусственные цеолиты, какъ средство для исправленія жесткихъ водъ“ и „Къ вопросу о смягченіи воды для паровыхъ котловъ по цеолитовому способу“, стоимость эксплоатаціи цеолитоваго способа во многихъ случаяхъ можетъ оказаться дешевле обычнаго способа. Кромѣ того при сравненіи этихъ двухъ способовъ необходимо принять во вниманіе, что второй, при самыхъ благопріятныхъ условіяхъ въ практикѣ, исправляетъ воду до 4°, а часто до 6—8°, помощью же цеолитоваго способа всегда до 0°. А потому, если воду исправлять цеолитами до жесткости 6—8°, то и для московскаго района стоимость исправленія цеолитами можетъ быть значительно приближена къ стоимости исправленія содой и известью.

Такимъ образомъ питаніе котловъ мягкой водой, исправленной содой и известью, не исключаетъ чистки котловъ отъ накипи. И наоборотъ при осмотрѣ на московскомъ казенномъ № 1 винномъ складѣ паровыхъ котловъ, работающихъ непрерывно въ теченіе 11 мѣсяцевъ водой, исправленной цеолитами до 2—8°, никакихъ слѣдовъ накипи не обнаружено. Многократные анализы исправленной воды на московскомъ винномъ складѣ, произведенные Московской Центральной Химической Лабораторіей Министерства Финансовъ, показали, что жесткость обусловлена присутствіемъ солей магнія. Отсюда заключаемъ, что магниевая жесткость не вызываетъ накипобразования въ котлѣ. Это объясняютъ тѣмъ, что магній выпадаетъ въ осадокъ въ видѣ основныхъ углекислыхъ солей и гидрата, которые уносятся изъ котла продувкой.

Я полагаю, что воды, содержащія много свободной углекислоты, углекислаго кальція и солей магнія, могутъ еще съ выгодой умягчаться содой и известью, если только отказаться отъ полнаго умягченія до 0° градусовъ.

Воды же, содержащія соли магнія въ количествахъ, меньшихъ по сравненію съ солями кальція, дешевле и совершеннѣе исправлять цеолитами.

И затѣмъ я полагаю, что комбинація цеолитоваго способа съ предварительнымъ известкованіемъ должна получить самое широкое примѣненіе въ будущемъ.

Описаніе устройства и дѣйствія цеолитовыхъ фильтровъ.

Цеолитовые фильтры (фиг. 4—11) устраиваются цилиндрическими. Цеолитъ въ нихъ загружается на слой гравія, который помощью желѣзнаго дырчататаго листа удерживается въ нѣкоторомъ разстояніи отъ дна. Надъ цеолитомъ на высотѣ, приблизительно равной толщинѣ слоя, устанавливають второй дырчатый листъ, на который загружаютъ верхній слой гравія. Какъ верхній, такъ и нижній слой гравія имѣютъ цѣлю задержать цеолитъ отъ уноса токомъ воды внизъ при ея фильтраціи и вверхъ при разрыхленіи цеолитоваго песку, и затѣмъ верхній слой гравія служитъ какъ механическій фильтръ для удержанія грязи и постороннихъ механическихъ примѣсей.

Жесткая вода на фильтръ (фиг. 4) всегда поступаетъ сверху внизъ по трубѣ 1; напоръ ея регулируется шаровымъ клапаномъ 2. Спускъ мягкой воды производится по трубѣ 4, а скорость ея регулируется краномъ 5. Для промывки цеолита пользуются краномъ 6 и ведутъ ее сверху внизъ. Спускъ раствора поваренной соли во время регенерации производятъ черезъ спускной кранъ 7, регулируя имъ скорость регенерации. Кранъ 7 устанавливается на высотѣ поверхности цеолита, а потому, когда токъ регенерационнаго раствора поваренной соли прекращается, то регенерация прерывается и слой цеолита нужное время находится подъ растворомъ поваренной соли. Спускъ жесткой воды, находящейся надъ цеолитомъ передъ регенерацией, происходитъ черезъ кранъ 8.

Разрыхленіе цеолитоваго песку производятъ токомъ жесткой воды, направляя ее черезъ кранъ 3 въ фильтръ снизу вверхъ и изъ фильтра въ водостокъ по трубѣ 9 черезъ сливную воронку 10. Во время дѣйствія фильтра краны 3, 6, 7 и 8 закрыты; кранъ 5 открытъ. Во время регенерации кранъ 7 открытъ; краны 2, 3, 5, 6 и 8 закрыты. Во время промывки цеолита послѣ регенерации краны 2 и 6 открыты; остальные 3, 5, 7 и 8 закрыты. Во время разрыхленія цеолитоваго песку кранъ 3 открытъ; краны 2, 5, 6, 7 и 8 закрыты. Во время спуска жесткихъ водъ изъ фильтра кранъ 8 открытъ; краны 2, 3, 5, 6 и 7 закрыты. Для выгрузки и контроля состоянія цеолитоваго песка служатъ люки—для первой большой 11 и для второй малый 12. Трубка 14, подводящая соляной растворъ къ фильтру (фиг. 5) на фиг. 4 не указана.

Въ цѣляхъ большей равномерности работы поверхности фильтра устанавливаютъ внутреннія перегородки прямыя или цилиндрическія 25 (фиг. 4), между которыми и загружается цеолитъ.

Цеолитовые фильтры различаютъ по продолжительности работы на непрерывно (фиг. 4, 5, 8, 9 и 11) и періодически дѣйствующіе (фиг. 6, 7 и 10) и по конструкціи на открытые и закрытые.

При непрерывной работѣ дѣйствіе фильтра прекращается на время регенерація и вода расходуется на производство изъ сборнаго бака для мягкой воды 18 (фиг. 5, 6, 7, 9 и 10), который при работѣ фильтра въ теченіе 16 часовъ въ сутки рассчитывается на максимальный восьмичасовой расходъ.

Періодическая работа требуетъ не менѣе двухъ фильтровъ *A* и *B* (фиг. 6 и 10); одинъ въ работѣ, другой въ регенераціи. Бакъ 18 для запаса мягкой воды въ этомъ случаѣ можетъ вмѣщать не болѣе средняго часового расхода. Цеолитовая установка съ непрерывной работой фильтровъ обходится дешевле, чѣмъ съ фильтрами періодическаго дѣйствія, такъ какъ стоимость бака для запаса мягкой воды ниже стоимости второго комплекта фильтровъ съ цеолитомъ. На фиг. 10 мы имѣемъ комбинированную систему фильтровъ для непрерывной работы въ теченіе дня и для періодической въ теченіе ночи. Фильтры открытые имѣемъ на фиг. 4, 5, 6 и 7 и закрытые на фиг. 8, 9, 10 и 11. При открытыхъ фильтрахъ резервуаръ 18 для мягкой воды устанавливается ниже пола помѣщенія фильтровъ; при закрытыхъ, смотря по мѣстнымъ условіямъ, на полу (фиг. 7), ниже пола (фиг. 5 и 6) или выше его (фиг. 9 и 10).

Открытые фильтры всегда имѣютъ сливныя трубы 9, отводящія излишекъ воды въ случаѣ порчи шарового клапана 2 въ водостокъ. Для приготовленія поваренной соли имѣютъ два бака 16 и 17 (фиг. 5, 6, 7, 9, 10 и 11). Верхній бакъ 16 служитъ для приготовленія крѣпкаго раствора, который можно готовить на одинъ и болѣе дней. Крѣпкій растворъ, взятый въ нужномъ количествѣ изъ бака 16, спускается черезъ кранъ 13 въ бакъ 17, гдѣ и доводится до концентраціи въ 10%.

Баки 16 и 17 независимо отъ типа фильтровъ устанавливаютъ или надъ фильтрами (фиг. 6 и 9) или на полу помѣщенія. Въ первомъ случаѣ растворъ соли на фильтръ стекаетъ самотекомъ, во-второмъ подается паровымъ эжекторомъ 21. Можно растворъ готовить внизу и затѣмъ ручнымъ насосомъ или эжекторомъ подавать въ передаточный бакъ, устанавливая его надъ фильтрами. Изъ передаточнаго бака растворъ на фильтръ спускается самотекомъ.

Установка передаточнаго бака имѣетъ мѣсто при цеолитовыхъ фильтрахъ на московскомъ № 1 казенномъ винномъ складѣ (фиг. 16).

Резервуаръ 16 для жесткой воды независимо отъ типа фильтровъ

устанавливаютъ или надъ фильтромъ (фиг. 5, 9 и 10) или ниже пола помещенія фильтровъ (фиг. 6 и 10). Въ первомъ случаѣ вода въ фильтръ идетъ самотекомъ, во-второмъ подается центробѣжнымъ или другимъ насосомъ 26.

Опишемъ дѣйствіе цеолитовыхъ фильтровъ, замѣтивъ при этомъ, что описаніе дѣйствія ихъ является общимъ для фильтровъ всѣхъ типовъ. Возьмемъ открытый фильтръ непрерывнаго дѣйствія (фиг. 4). Во все время работы фильтра краны 2 и 5 открыты; краны 3, 6, 7 и 8 закрыты. Жесткая вода, благодаря шаровому клапану 2 стоитъ на опредѣленномъ уровнѣ. Скорость ея регулируется или отъ руки, прикрывая кранъ 5, или автоматически шаровымъ или поплавковымъ клапаномъ 22 (фиг. 5 и 6), установленнымъ въ резервуарѣ 18 для запаса мягкой воды.

Когда цеолитъ фильтра сработался, закрываютъ кранъ 5 и прекращаютъ впускъ воды въ фильтръ. Прежде чѣмъ приступить къ регенерации, цеолитъ разрыхляютъ, для чего быстро открываютъ кранъ 3 и, оставляя его на нѣкоторое время открытымъ, также быстро закрываютъ.

Затѣмъ воду, находящуюся въ фильтрѣ надъ цеолитомъ, выпускаютъ черезъ кранъ 8. Заранѣе заготовивъ соляной растворъ, употребивъ для этого количество соли сообразно количеству воды, прошедшему черезъ фильтръ до регенерации, впускаютъ его на фильтръ. Скорость фильтраціи соляного раствора регулируютъ краномъ 7, такъ чтобы спускъ его продолжался 2—4 часа. Послѣ того какъ токъ раствора прекратится, цеолитъ остается подъ растворомъ 4—8 часовъ. Послѣ этого регенерацию считаютъ законченной. Закрываютъ кранъ 7 и открываютъ кранъ 6. Токомъ жесткой воды вытѣсняютъ растворъ поваренной соли, заключающейся въ цеолитѣ и послѣ 5—10 минутъ промывки цеолитоваго песка, кранъ 6 закрываютъ. Открываютъ кранъ 5 и фильтръ пускаютъ въ работу.

Для учета общаго расхода мягкой воды, а равно и для учета количества воды, прошедшей отъ регенерации до регенерации, что необходимо, какъ мы говорили ранѣе, для дозировки поваренной соли, рекомендуется на трубѣ, ведущей мягкую воду изъ фильтра, установить водомѣръ 27 (фиг. 11).

Если вода содержитъ соли желѣза въ количествѣ большемъ 0,1 миллиграммовъ въ 1 литрѣ, то она подвергается предварительной фильтраціи черезъ марганцевый цеолитъ.

Фильтръ съ марганцевымъ цеолитомъ имѣемъ на фиг. 12. Для разрыхленія цеолита служатъ грабли 23, дѣйствующія отъ рукоятки ворота 24.

Для знакомства съ устройствомъ фильтра и съ инструкціей по уходу за цеолитовой установкой, предложенными фирмой „Нептунъ“ Т-ва Бр. Зиминыхъ, я ихъ помѣстилъ на (фиг. 13).

Цеолитовая установка на московскомъ № 1 казенномъ винномъ складѣ и обзоръ ея дѣятельности.

Ознакомившись вполне съ расчетомъ нужныхъ количествъ цеолита и поваренной соли, а также со стоимостью эксплуатаціи цеолитоваго способа, разсмотримъ, какъ всѣ эти теоретическія соображенія подтвердились практически при дѣйствіи цеолитовой установки на московскомъ № 1 казенномъ винномъ складѣ при водокачкѣ у р. Яузы.

Водокачка оборудована двумя котлами системы Шухова, поверхностью нагрѣва каждый въ 370 кв. фут. Котлы работаютъ поочередно. Паръ изъ котловъ расходуется только на штанговый насосъ системы „Маршъ“; паръ отработанный идетъ на подогреваніе смягченной воды. Паровой штанговый насосъ „Маршъ“ служитъ для подачи артезианской воды 3-го слоя, химическій составъ которой данъ на стр. 13, въ баки водонапорной башни склада въ количествѣ до 6000 ведеръ въ часъ при общей высотѣ подачи до 150'. Количество воды, подаваемое насосомъ „Маршъ“, учитывается по счетчику ходовъ (фиг. 14). Для питанія котловъ берется артезианская вода, она же и исправляется цеолитами. Вода учитывается по водомѣру системы Сименсъ-Гальске, установленному передъ питательнымъ насосомъ.

Цеолитовый способъ очистки воды, идущей на питаніе паровыхъ котловъ, введенъ на казенномъ винномъ складѣ № 1 по мысли завѣдующаго Московской Центральной Химической Лабораторіей приватъ-доцента А. Г. Дорошевскаго. Цеолитовые фильтры доставлены фирмой „Нептунъ“. По проекту названной фирмы и выполнена цеолитовая установка, которая съ момента начала своего дѣйствія (первыя числа февраля 1910 года) и по настоящее время находится подъ непосредственнымъ наблюденіемъ лаборанта Центральной Химической Лабораторіи Министерства Финансовъ А. Я. Бардта.

Водокачка у р. Яузы вслѣдствіе того, что она является совершенно обособленной станціей, позволила наблюденія за цеолитовой установкой произвести въ желаемомъ объемѣ.

Такая обособленность станціи имѣетъ свои хорошія и дурныя стороны. Къ первымъ нужно отнести простоту и точность учета расходуемыхъ матеріаловъ: каменнаго угля для топки паровыхъ котловъ и поваренной соли для регенераціи цеолитовъ. Ко вторымъ—значительныя колебанія производительности насоса „Маршъ“ въ зависимости отъ общаго хода производства склада № 1-й вызывали колебанія въ расходѣ пара, а слѣдовательно и питательной воды, и тѣмъ затрудняли дозировку поваренной соли.

Цеолитовая установка рассчитана на суточный расход воды въ 1000 ведеръ. Она состоитъ изъ 2 фильтровъ періодическаго дѣйствія одинъ въ теченіе сутокъ въ работѣ, другой въ регенерациі, такъ что регенерація каждаго изъ нихъ происходитъ черезъ день. По расчету на 1000 ведеръ, принимая обмѣнную способность 1,8%, количество цеолита для каждаго фильтра было взято до 14 пудовъ. Дѣйствительно оказалось, что цеолитъ былъ доставленъ съ обмѣнной способностью не 1,8%, а 1,35%. Такая малая обмѣнная способность объясняется тѣмъ, что цеолитъ крупнозернистъ; зерно до 2 мм. (фиг. 1 и 2).

Опишемъ устройство и дѣйствіе цеолитовой установки. Цеолитовые фильтры даны на фиг. 15; схема всей установки на фиг. 16.

Цеолитовые фильтры 1 и 2 (фиг. 16), одинъ изъ нихъ находится въ работѣ, другой для регенерации. Вода на фильтры идетъ подъ постояннымъ напоромъ, что достигается установкой резервуара 3 съ шаровымъ клапаномъ 4. Скорость фильтраціи регулируется регуляторомъ 5. Смягченная вода, т.-е. прошедшая черезъ тотъ или другой фильтръ, собирается въ бакъ 6. Изъ бака 6, подогретая мятымъ паромъ помощью закрытаго змѣвика 7, черезъ насосъ и водомѣръ вода идетъ въ паровые котлы. Соль для регенерации цеолитовъ растворяется въ бакъ 8 и подается ручнымъ насосомъ Альвейера 9 въ напорный бакъ 10 и затѣмъ спускается въ фильтръ 1 или 2.

Цеолитъ въ фильтрахъ, какъ мы сказали, загруженъ въ количествѣ 14 пудовъ въ каждомъ; надъ и подъ цеолитомъ лежитъ слой гравія. Спускныя трубы 11 для раствора соли нѣсколько приподняты надъ поверхностью слоя цеолита, обрѣзаны и заканчиваются надъ воронкой 12. Изъ воронки 12 растворъ и промывныя воды фильтра по регенерациі идутъ въ водостокъ.

Дѣйствіе цеолитовой установки происходитъ такъ: вода въ теченіе сутокъ идетъ черезъ одинъ изъ фильтровъ, возьмемъ фильтръ 1, послѣ черезъ регуляторъ 5 въ бакъ 6 и расходуется на питаніе паровыхъ котловъ. Регенерацію другого фильтра, въ данномъ случаѣ 2, производитъ денная смѣна. Для этой цѣли растворялось отъ 40 до 80 фунтовъ соли въ 30 ведрахъ воды. Растворъ перекачиваютъ въ напорный бакъ 10. Имѣя кранъ 13 закрытымъ, открываютъ воздушный кранъ 14 и всю воду изъ фильтра 2 до уровня верхняго слоя цеолита спускаютъ, открывая спускной кранъ 15, въ бакъ 8 для послѣдующей регенерации. Затѣмъ закрываютъ кранъ 15, растворъ соли спускаютъ на фильтръ 2 черезъ кранъ 16; кранъ 17 устанавливаютъ такъ, чтобы растворъ прошелъ фильтръ, т.-е. напорный бакъ 10 опорожнился, въ 2—4 часа.

Цеолитъ оставляютъ стоять подъ растворомъ соли 4—6 часовъ и затѣмъ, имѣя цѣлью удалить избытокъ соляного раствора, фильтръ 2

промываютъ въ теченіе около часа жесткой или мягкой водой въ количествахъ до 100 в. изъ бака 3, открывая краны 18 и 13. Послѣ этого регенерацію считаютъ законченной и фильтръ 2 готовымъ къ работѣ.

Я полагаю, что разрыхленіе сильнымъ токомъ воды желательно производить возможно рѣже.

Цеолитовый песокъ прежнихъ плавовъ крупнозернистый, а потому при сильномъ токѣ воды отъ ударнаго дѣйствія частицъ другъ о друга обращается въ пыль и уносится въ водостокъ.

Цеолитъ позднѣйшихъ плавовъ мелкозернистый, а такъ какъ послѣ каждого разрыхленія производится группировка частицъ песка, такъ что болѣе крупныя, какъ болѣе тяжелыя, осаждаются внизъ, а болѣе мелкія вверхъ; послѣднія частью уносятся въ водостокъ, но въ общемъ, уплотняя верхній слой, понижаютъ скорость фильтрованія, а слѣдовательно и работоспособность фильтра.

Послѣ пяти мѣсяцевъ работы въ іюль 1910 года паровые котлы №№ 12 и 13 съ ихъ арматурой были осмотрѣны. Внутренняя поверхность котла имѣла видъ какъ бы покрытой свѣтло-сѣрой клеевой краской; арматура оказалась въ полной исправности безъ замѣтныхъ слѣдовъ разѣданія щелочью.

Такой же осмотръ котловъ и арматуры былъ произведенъ 29 ноября 1911 г., т.-е. послѣ 22-мѣсячной работы цеолитовыхъ фильтровъ. Въ одномъ изъ котловъ № 12 была найдена накипь въ трубахъ въ видѣ тонкой пленки толщиной до $\frac{1}{4}$ мм., легко отскакивающей отъ стѣнокъ. Барабаны и крышки люковъ имѣли только слѣды накипи. Происхожденіе этой накипи было отнесено ко времени, когда котель № 12 работалъ жесткой водой, что вызывалось остановкой въ работѣ цеолитовыхъ фильтровъ для промывки и взвѣшиванія цеолита и затѣмъ опредѣленія его потери. При осмотрѣ котла № 13 было выяснено, что внутреннія стѣнки трубъ и барабановъ имѣютъ такой же видъ, какой имѣли въ іюль 1910 года (фиг. 17). Какихъ-либо слѣдовъ разѣданія щелочью мѣди котельной арматуры, водомѣра и питательнаго насоса не найдено.

Принимая во вниманіе обмѣнную способность цеолита не 1,8, а 1,35%, и зная величины E и E_1 для воды московскаго казеннаго № 1 виннаго склада (стр. 13 и 19), равныя первая 25 и вторая 70, находимъ по таблицѣ I и III необходимыя для нашей установки количества цеолита

$$\frac{10,425 \times 1,8}{1,35} = 13,8 \text{ пуд. для каждого фильтра и поваренной соли}$$

72,8 фунта.

Впослѣдствіи оказалось, что воды по общему ходу производства склада № 1 требовалось не 1000, а до 1300 ведеръ въ сутки, и жесткость ея иногда поднималась къ концу фильтрованія, т.-е. къ моменту остановки фильтра до 8°.

Анализы воды изъ котла на Яузской водокачкѣ при московскомъ казенномъ винномъ № 1 складѣ, произведенные лаборантомъ А. Я. Бардтомъ:

1) Образецъ отъ 4 марта 1910 года.

Образецъ показываетъ муть. Осадокъ состоитъ изъ основныхъ солей магнезіи и слѣдовъ кальція.

Общая щелочность—238° (нѣмецк.).

Содержаніе хлора (*Cl*)—1,25 гр. на 1 литръ.

CaO и *MgO* въ растворѣ нѣтъ.

2) Образецъ отъ 13 сентября 1910 года.

Осадокъ тотъ же, что и въ предыдущемъ анализѣ.

Общая щелочность—442° (нѣмецк.).

Удѣльный вѣсъ—3,8° Бомэ.

CaO и *MgO* въ растворѣ нѣтъ.

3) Образецъ отъ 21 мая 1911 года.

Осадокъ тотъ же, что и въ первомъ анализѣ.

Общая щелочность—244° (нѣмецк.).

Содержаніе соды (*Na₂CO₃*)—3,04 гр. на 1 литръ воды.

Содержаніе ѣдкаго натра (*NaOH*)—1,19 на 1 литръ.

Удѣльный вѣсъ—2,3° Бомэ.

CaO и *MgO* въ растворѣ нѣтъ.

4) Образецъ отъ 15 октября 1911 г. (послѣ 70 дней работы котла).

Осадокъ тотъ же, что и въ первомъ анализѣ.

Общая щелочность—229° (нѣмецк.).

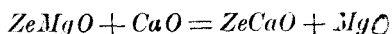
Содержаніе соды (*Na₂CO₃*)—2,88 гр. на литръ.

Содержаніе ѣдкаго натра (*NaOH*)—1,14 гр. на литръ.

Содержаніе хлора (*Cl*)—3,29 гр. на литръ.

CaO и *MgO* въ растворѣ нѣтъ.

Исслѣдованіе этой воды показало, что жесткость ея обусловлена присутствіемъ только солей магнезіи. Это объясняется тѣмъ, что магнезій труднѣ задерживается цеолитомъ и еще тѣмъ, что по образованіи магнезіевого цеолита онъ взаимодействуетъ съ кальціемъ воды по уравненію



Осмотръ котловъ подтвердилъ, что магнезіевая жесткость не вызвала накипеобразованія, и что соли магнезіи въ видѣ основныхъ солей или гидрата удалены продувкой. И затѣмъ осмотромъ арматуры котла, мѣдныхъ частей водомѣра и питательнаго насоса обнаружено, что щелочность воды никакого разъѣдающаго дѣйствія на нихъ не произвела.

Въ настоящее время, послѣ того какъ въ водѣ замѣчены слѣды солей желѣза, установленъ фильтръ съ марганцевымъ цеолитомъ (фиг. 18), который закисныя соли желѣза окисляетъ въ окисныя.

Ниже слѣдуетъ таблица, которая составлена по журналамъ технической отчетности работъ склада за два періода—первый 1908 и 1909 гг. когда котлы водокачки питались жесткой водой, и второй—1910 и 1911 гг. при питаніи мягкой.

Изъ таблицы видимъ, что водокачка за періодъ дѣйствія цеолитовыхъ фильтровъ работала болѣе выгодно, чѣмъ за періодъ 1908 г. и 1909 г.; это выясняется какъ по расходу топлива на подачу 100 ведеръ, такъ и по его производительности. Такъ расходъ топлива (каменного угля) съ 5,5 фун. понизился до 4,995 фунтовъ по расчету на 100 ведеръ поданной воды, а паропроизводительность повысилась съ 7,17 до 7,697 за 1910 г. и до 7,59—1911 г.

Средній расходъ поваренной соли по расчету на 100 ведеръ за два года выяснился въ количествѣ $\frac{5,867 + 6,32}{2} = 6,09$ или около 61 фун. на тысячу ведеръ, т.-е. менѣе предполагаемыхъ 72,8 фунтовъ.

Это доказываетъ то, что расчетъ соли по таблицѣ III при предположеніи избытка соли въ 3,5 раза нужно считать правильнымъ.

Такъ какъ работа водокачки за эти два періода происходила при однихъ и тѣхъ же условіяхъ, какъ въ отношеніи оборудованія, такъ и въ отношеніи технического персонала, и, кромѣ того, просмотромъ приложенной вѣдомости результатовъ испытанія каменного угля, расходуемаго складомъ № 1, убѣждаемся, что уголь по качеству за 1909 и 1910 гг. расходовался одинаковый, а въ 1911 г. худшій, полученную экономію въ топливѣ относимъ только къ причинамъ, устранившимъ накипеобразование, т.-е. установкѣ цеолитовыхъ фильтровъ.

Слѣдовательно, за 1910 и 1911 года казна сдѣлала сбереженіе:

а) въ топливѣ $\frac{26.098674 + 19.606500}{100 \times 40} \times (5,6 - 4,995) \text{ пуд.} = 6912,9 \text{ пуд.}$

на сумму 1417 руб. 14 к., считая каменный уголь по цѣнѣ 20,5 коп. пудъ, и б) въ рабочей силѣ по очисткѣ паровыхъ котловъ отъ накипи, которая обходилась ежегодно 52 р. 50 к., считая стоимость чистки 8 р. 75 к. и число чистокъ въ годъ 3 на каждый котель.

Что составитъ всего 1522 р. 14 к.

Эту экономію нужно уменьшить на стоимость соли для регенерации 264 р. 64 к. и стоимость траты цеолита, считая ее въ 5%, что составитъ $14 \times 20 \times 0,05 = 14 \text{ руб.}$

На основаніи сказаннаго мы позволяемъ себѣ сдѣлать слѣдующій выводъ, что расходы по установкѣ цеолитовыхъ фильтровъ въ общей суммѣ 750 руб. возмѣщены казнѣ въ срокъ нѣсколько большій года,

и что затѣмъ казна ежегодно дѣлаетъ сбереженіе въ топливѣ и рабочей силѣ на сумму

$$\frac{1522 \text{ р. } 14 \text{ к.} - (264 \text{ р. } 64 \text{ к.} + 14 \text{ р.})}{2} = 621 \text{ р. } 75 \text{ к.}$$

№ № по порядку.	Наименованіе.	1908 г.	1909 г.	1910 г.	1911 г.
		Питаніе паровыхъ котловъ производи- лось водой			
		Жесткой.		Очищенной по це- олитовому способу.	
1	Подано артезіанской воды насо- сомъ „Маршъ“ въ баки водонапорной башни.	25369408	25244576	26098674	19606500
2	Сожжено каменнаго угля	35.023 п.	35.862 п.	32578 п. 12	24556 п. 30
3	Сожжено угля по расчету на 100 ведеръ попанной воды фунтовъ . .	5,52	5,68	4,99	5,00
	Средняя величина въ фунт. . . .	5,6		4,995	
4	Испарено воды въ ведрѣхъ . . .	—	348.943	340.010	254.451
5	Средняя видимая паропроизводи- тельность за годъ (вода 60° С., да- вленіе пара 60 фун.)	—	7,17	7,697	7,59
6	Продолжительность работы паро- выхъ котловъ въ суткахъ	—	—	326 $\frac{1}{2}$	278
7	Средняя нагрузка поверхности на- грѣва за годъ въ фунтахъ на 1 ква- дратный футъ	—	—	3,4	3,02
8	Продолжительность работы цеоли- товыхъ фильтровъ въ суткахъ . .	—	—	326 $\frac{1}{2}$	278
	Продолжительность работы цеоли- товыхъ фильтровъ въ часахъ . . .	—	—	7836	6670
9	Среднее годовое количество воды, прошедшее черезъ цеолитов. фильтръ въ сутки въ ведрѣхъ	—	—	1041,4	915
10	Израсходовано на регенерацію со- ли	—	—	490 п. 30	402
	На сумму	—	—	141 р. 13 к.	119 р. 51 к.
	Израсходовано соли на 100 вед. очищенной воды фунтовъ	—	—	5,85	6,32
11	Стоимость соли на 100 ведеръ очищенной воды, считая по цѣнѣ за 1910 г. 28,76 к. и за 1911 г. 29,73 за пудъ въ копейкахъ	—	—	4,15	4,69

Заключеніе.

Въ результатъ всего вышеизложеннаго матеріала о цеолитовомъ способѣ умягченія воды, я нахожу возможнымъ вполне присоединиться къ тѣмъ заключеніямъ объ этомъ способѣ, къ которымъ пришли За-вѣдующій Центральной Лабораторіей Министерства Финансовъ въ г. Москвѣ А. Г. Дорошевскій и Лаборантъ той же Лабораторіи А. Я. Бардтъ въ статьѣ своей „Искусственные цеолиты, какъ средство для исправленія жесткихъ водъ“, гласящимъ:

„Вопросъ о смягченіи естественныхъ водъ для питанія котловъ, особенно выдвигаемый въ послѣднее десятилѣтіе, несмотря на свою кажущуюся простоту не получилъ вполне удовлетворительнаго разрѣшенія и по настоящее время.

„Простые въ химическомъ смыслѣ процессы выдѣленія изъ воды солей кальція и магнія встрѣчаютъ на практикѣ цѣлый рядъ затрудненій, неудобствъ и проч.

„Въ силу измѣнчивости въ составѣ воды и непостоянства состава реактивовъ, оказалось трудно выполнимой самая основная операція—точное дозированіе реактивовъ. Такъ называемые автоматическіе аппараты требуютъ, какъ извѣстно, почти такого же постояннаго наблюденія, какъ и аппараты съ періодической задачей реактивовъ.

„Доведеніе реакціи до конца, полное отдѣленіе осадковъ, чистка и перегрузка фильтровъ—все это требуетъ постояннаго надзора и хлопотливаго ухода. Можно сказать, что на современныхъ фабрикахъ и заводахъ очистка воды составляетъ одинъ изъ процессовъ наименѣе послушныхъ установленному порядку.

„Цеолитовый способъ есть пока единственный способъ вполне автоматическаго исправленія воды.

„Установленный опредѣленнымъ образомъ, онъ дѣйствуетъ съ правильностью часового механизма, даже болѣе,—онъ оказывается не чувствительнымъ къ колебаніямъ въ составѣ воды, идущей на исправленіе.

„Это-то обстоятельство дѣлаетъ цеолитовый способъ столь цѣннымъ, что самое широкое распространеніе его въ технику является въ высшей степени желательнымъ. Да и не подлежитъ сомнѣнію, что въ недалекомъ будущемъ онъ вполне вытѣснитъ нынѣ существующіе способы.

„Въ частности для очистныхъ складовъ онъ можетъ быть рекомендованъ уже въ настоящее время для исправленія воды для котловъ. Затраты на его введеніе несомнѣнно окупятся, ибо даже при наиболѣе неблагоприятныхъ условіяхъ онъ даетъ сбереженіе рабочей силы и топлива“.

Могу добавить къ этому заключенію, что наблюденія мои надъ работою цеолитовыхъ водоумягчителей, поставленныхъ при 1-мъ казенномъ винномъ складѣ, вполне подтверждаютъ, что цеолитовый способъ умягченія воды оправдываетъ себя не только съ химической, но и съ технической и экономической сторонъ.

Описаніе цеолитовыхъ установокъ, проектированныхъ и выполненныхъ фирмой „Нептунъ“.

Ознакомившись съ устройствомъ цеолитовыхъ установокъ для общихъ случаевъ, я нахожу полезнымъ познакомить съ установками, проектированными и выполненными фирмой „Нептунъ“.

1. Цеолитовая водоумягчительная установка производительностью на 150 ведеръ воды въ часъ (фиг. 19).

Цеолитовая установка состоитъ изъ открытаго цеолитоваго фильтра 1, заполненнаго натровымъ цеолитомъ, и малаго закрытаго фильтра 3, заполненнаго марганцевымъ цеолитомъ. Фильтръ 3 предназначенъ для удержанія желѣза, фильтръ 1—солей кальція и магнія. Жесткая вода, пройдя фильтръ 3, идетъ на фильтръ 1 при постоянномъ напорѣ, регулируемомъ шаровымъ клапаномъ 7. Скорость фильтраціи жесткой воды устанавливается регуляторомъ скорости 6. Скорость регенерации—большимъ или меньшимъ открытіемъ крана 14. Крѣпкій растворъ соли готовится въ верхнемъ бакѣ 4 и доводится до нужной крѣпости (10%) въ нижнемъ бакѣ 5. Растворъ поваренной соли на фильтръ 1 изъ бака 5 подается ручнымъ насосомъ 5 по трубѣ 11.

Въ случаѣ переполненія цеолитоваго фильтра 1, вызваннаго какими-либо причинами, лишняя вода по спускной трубѣ 10 стекаетъ въ водостокъ. Мягкая вода собирается въ бассейнѣ 2, находящимся ниже пола помѣщенія, и отсюда расходуется на производство.

2. Цеолитовая установка производительностью отъ $\frac{1}{2}$ до $1\frac{1}{2}$ куб. метра воды въ часъ

(въ зависимости отъ жесткости умягчаемой воды).

Устройство цеолитовой установки ясно изъ чертежа (фиг. 20).

3. Проект цеолитового водоумягчителя производительностью $4\frac{1}{2}$ куб. метра воды въ часъ для Товарищества „Эмилъ Липгартъ и К^о“.

Устройство цеолитовой установки ясно изъ чертежа (фиг. 21).

4. Цеолитовая водоумягчительная станція на 250 ведеръ въ часъ для паровыхъ котловъ водоподъемной станціи Нижегородскаго Городскаго Водопровода (фиг. 22).

Цеолитовый фильтръ 1 открытый, непрерывнаго дѣйствія. Постоянство уровня жесткой воды въ фильтрѣ поддерживается шаровымъ клапаномъ 6.

Скорость истеченія воды изъ фильтра регулируется регуляторомъ скорости 4.

Бакъ 5 для мягкой воды емкостью въ 250 ведеръ и бакъ 3 емкостью въ 100 ведеръ для раствора поваренной соли установлены на полу помѣщенія станціи.

Растворъ поваренной соли изъ бака 3 подается ручнымъ мѣднымъ насосомъ Альвейера 8 въ напорный бакъ 2 емкостью 50 ведеръ и оттуда стекаетъ самотекомъ на фильтръ 1.

5. Проект цеолитовой водоумягчительной станціи производительностью 60 куб. сажень въ сутки для станціи „Кривая Музга“ Юго-Восточной ж. д.

Цеолитовые фильтры 1, 2, 3 и 4 (фиг. 23) открытые, періодическаго дѣйствія. Для приготовления раствора поваренной соли служитъ бассейнъ 12, имѣющій механическія мѣшалки 13, приводящіяся въ движеніе отъ электромотора 15. Растворъ поваренной соли изъ бассейна 12 подается центробѣжнымъ насосомъ 22 черезъ фильтръ-прессъ 14 въ напорные баки 5 и 6, откуда расходуется на регенерацию цеолитовыхъ фильтровъ 1, 2, 3 и 4. Мягкая вода стекаетъ въ бассейнъ 11 емкостью въ 12 куб. саж. откуда электрическимъ центробѣжнымъ насосомъ 16 подается въ напорный бакъ 17 емкостью въ 8 куб. саж. и затѣмъ по трубѣ 18 идетъ въ расходъ. Для засыпки соли въ бассейнъ 12 служитъ люкъ 21.

6. Проект водоумягчительной станціи производительностью 90 куб. саж. въ сутки съ цеолитовыми фильтрами для станціи „Новочеркасск“ Юго-Восточной ж. д.

Вода, подлежащая исправленію, загрязнена механическими примѣсами, а потому прежде чѣмъ поступить на цеолитовый фильтръ она

отстаивается въ отстойномъ бакѣ 13 и затѣмъ фильтруется черезъ песочный фильтр „Джуэлль“ 16 (фиг. 24).

Пройдя фильтр 16, жесткая вода, черезъ регуляторъ скорости 18, поступаетъ въ напорный бакъ 17 емкостью въ 6,5 куб. саж. отсюда идетъ на цеолитовые фильтры поочередно на 1—4 или 5—8. Фильтры 1—8 открытые, періодическаго дѣйствія.

Мягкая вода стекаетъ въ бассейнъ 34 емкостью въ 28 куб. саж.; скорость истеченія ея регулируется регуляторами скорости 20—27. Изъ бассейна 34 мягкая вода помощью электрическаго центробѣжнаго насоса 36 подается въ напорные баки 14 и 15 емкостью каждый по 8 куб. сажень, отсюда идетъ въ расходъ.

Растворъ поваренной соли готовится въ бассейнѣ 35, куда соль загружается черезъ люкъ 30.

Для приведенія въ дѣйствіе механическихъ мѣшалокъ и центробѣжнаго насоса, подающаго растворъ соли въ напорные баки 19, служить электромоторъ 32.

Растворъ поваренной соли изъ баковъ 19 спускается по мѣрѣ надобности въ 4 бака 9—10 или 11—12 емкостью каждый 0,5 куб. саж. гдѣ доводится до нужной крѣпости и затѣмъ спускается на цеолитовые фильтры.

Для освобожденія изъ раствора механическихъ примѣсей служить фильтр-прессъ. 31.

7. Проектъ водоумягчительной станціи на 2400 ведеръ въ 24 часа съ пермутитовыми (цеолитовыми) фильтрами для Саратовской Мануфактуры.

Цеолитовые фильтры 1 и 2 (фиг. 25) непрерывнаго дѣйствія; открытые; 16 часовъ фильтры находятся въ работѣ и 8 часовъ въ регенерациі.

Вода, подлежащая исправленію загрязнена, а потому предварительно отстаивается въ отстойникахъ 13 и 14 и затѣмъ фильтруется на песочныхъ фильтрахъ „Джуэлль“ 16 и 17.

Въ цѣляхъ ускорить освѣтленіе, въ воду добавляютъ растворъ сѣрноокислаго глинозема.

Этотъ растворъ готовится въ бакахъ 21 и 22; черезъ дозирующий бакъ 25 по свинцовымъ трубкамъ 23 и 24 спускается въ отстойники 13 и 14.

Вода въ отстойники поступаетъ подъ напоромъ по трубѣ 3. Отфильтрованная вода черезъ регуляторы скорости 4 и 5 фильтровъ 16 и 17 стекаетъ въ бассейнъ 6, откуда электронасосомъ 7 подается въ напорный бакъ 8.

Жесткая вода изъ напорнаго бака 8 черезъ шаровые клапаны 9 и 10 поступаетъ на цеолитовые фильтры 1 и 2.

Мягкая вода изъ цеолитовыхъ фильтровъ черезъ регуляторы скорости 11 и 12 стекаетъ въ бассейнъ 15, откуда электронасосомъ 18 подается въ мѣста расхода.

Растворъ поваренной соли для регенерациі готовится въ бакѣ 19, затѣмъ насосомъ 18 подается въ верхній напорный бакъ 20, откуда спускается на фильтры 1 и 2.

Баки 8 и 20 емкостью по 400 ведеръ каждый.

Электронасосы 7 и 18 производительностью первый (7)—400 и второй (18)—700 ведеръ въ часъ.

ДІАГРАММА I.

Расчет вѣса цеолита, необходимаго для испра-
вления воды.

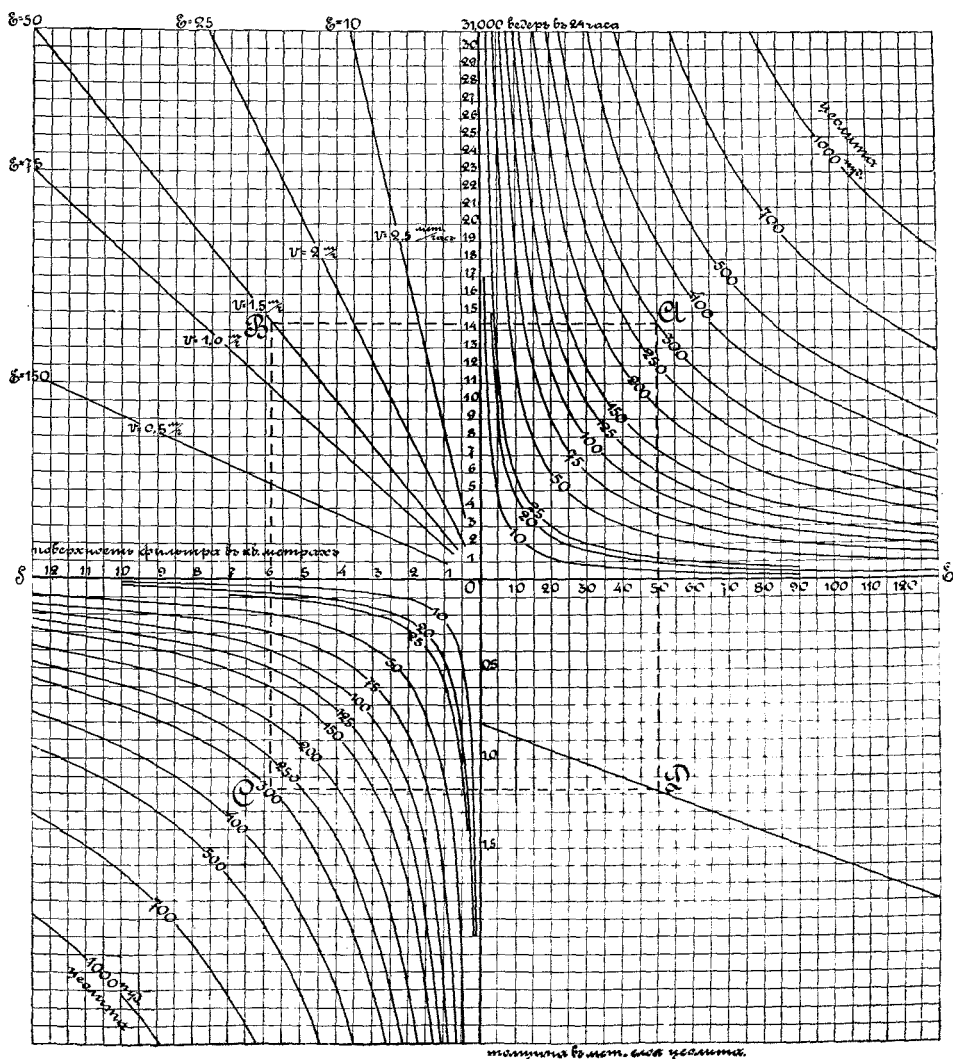
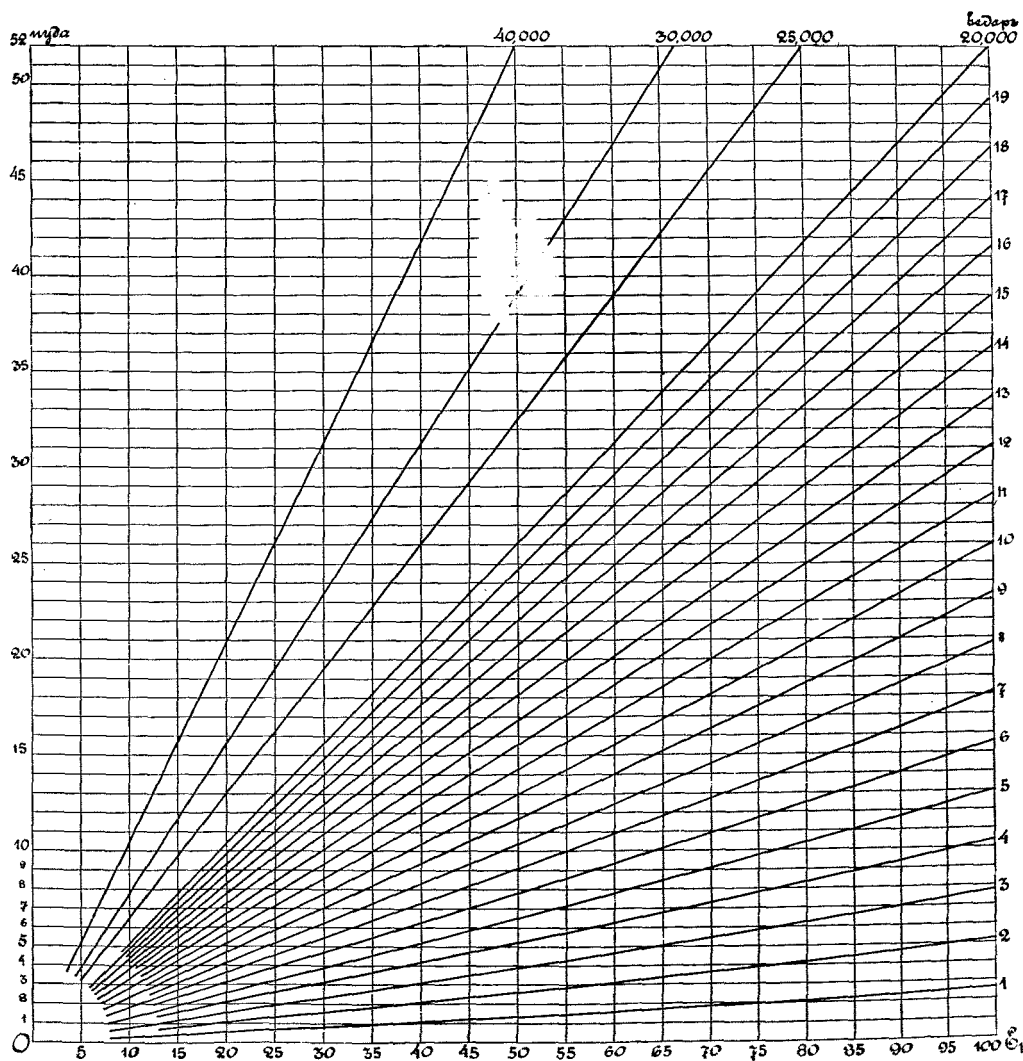
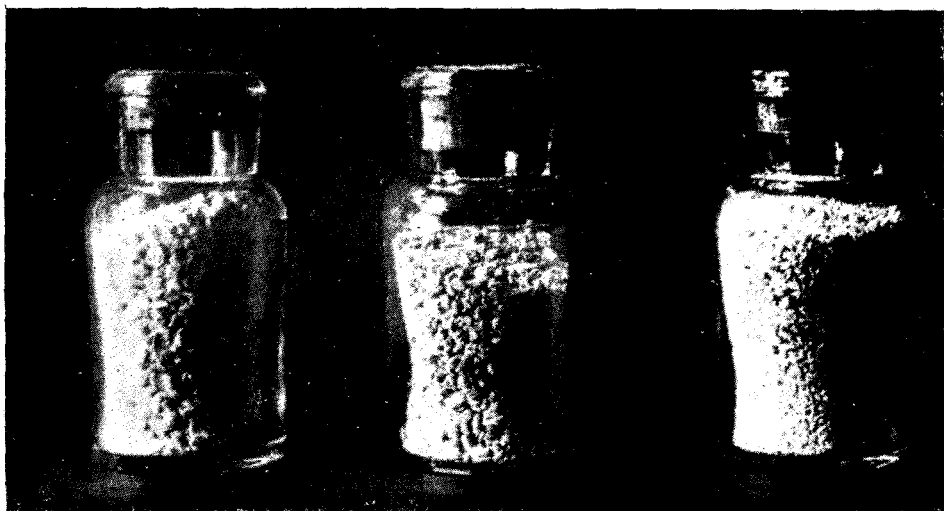


ДИАГРАММА II.

Расчет веса поваренной соли, необходимой для регенерации цеолита.

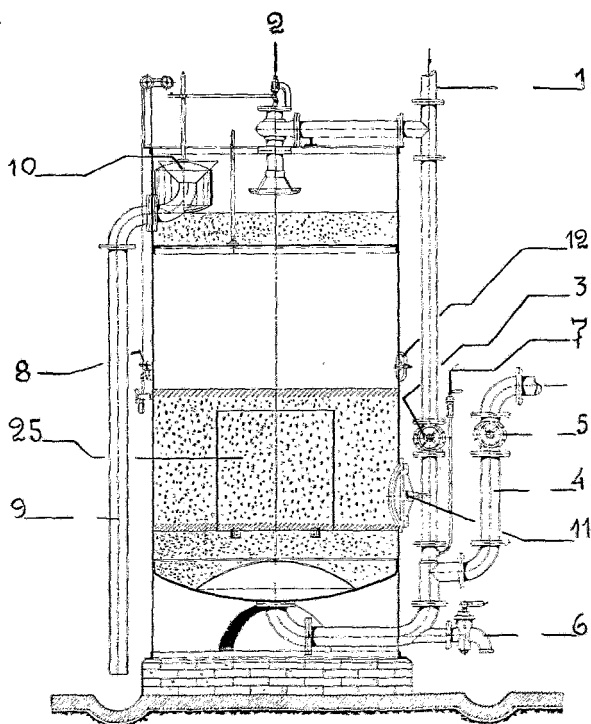




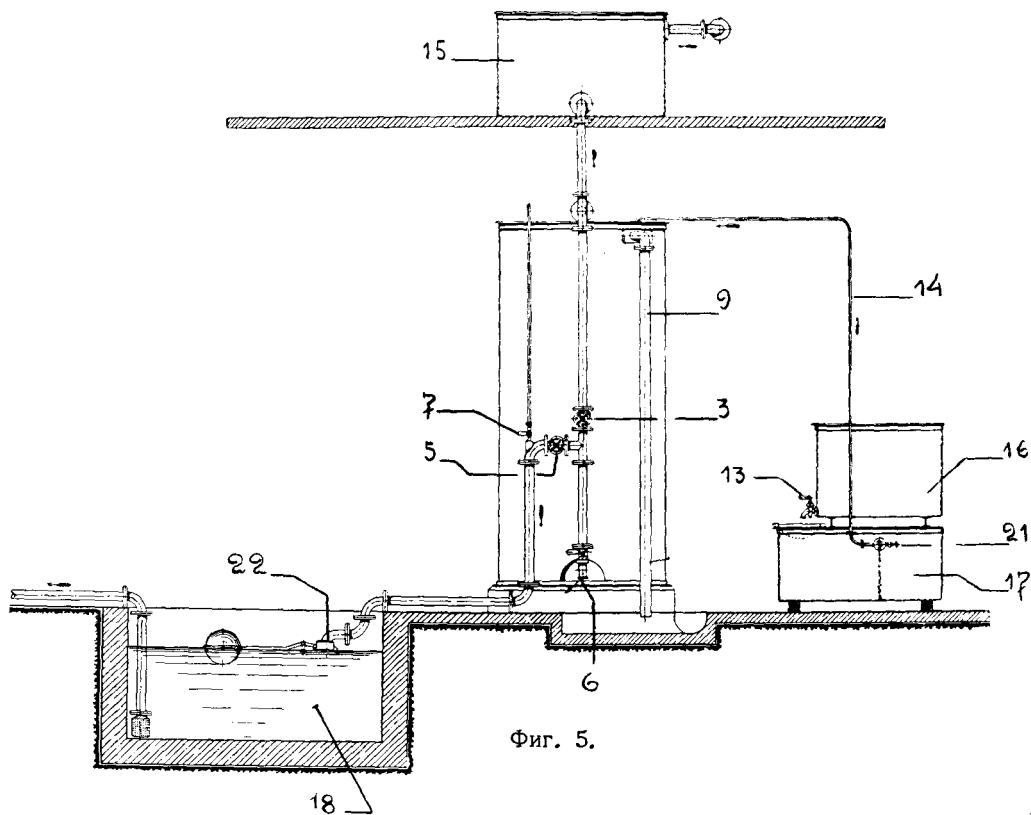
Фиг. 1.

Фиг. 2.

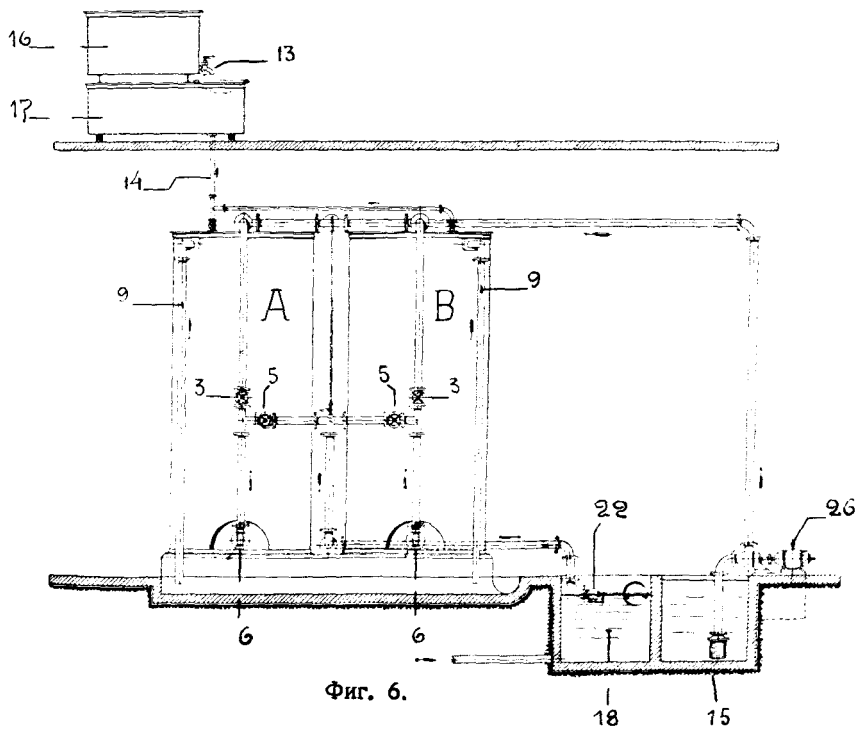
Фиг. 3.



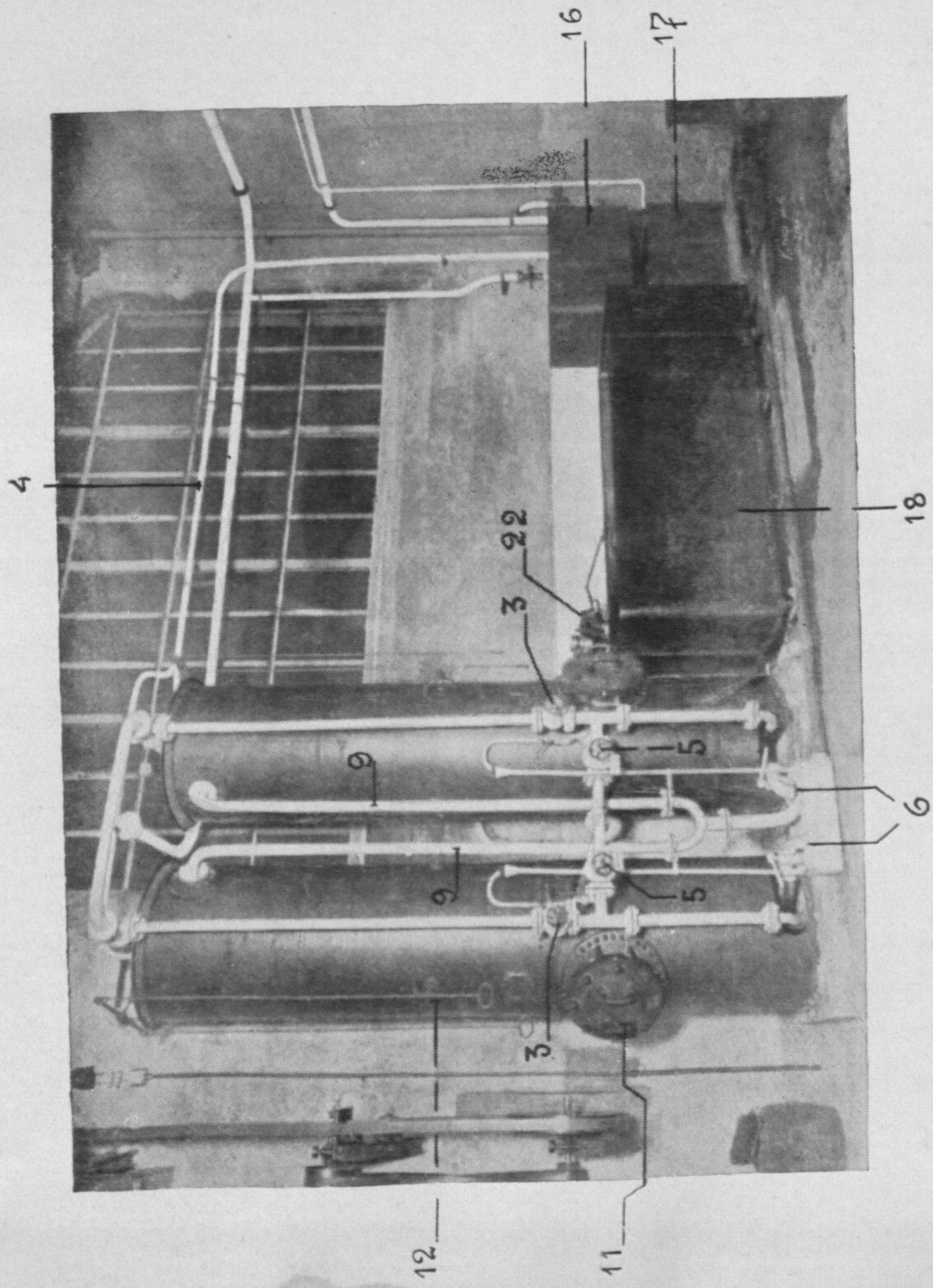
Фиг. 4.



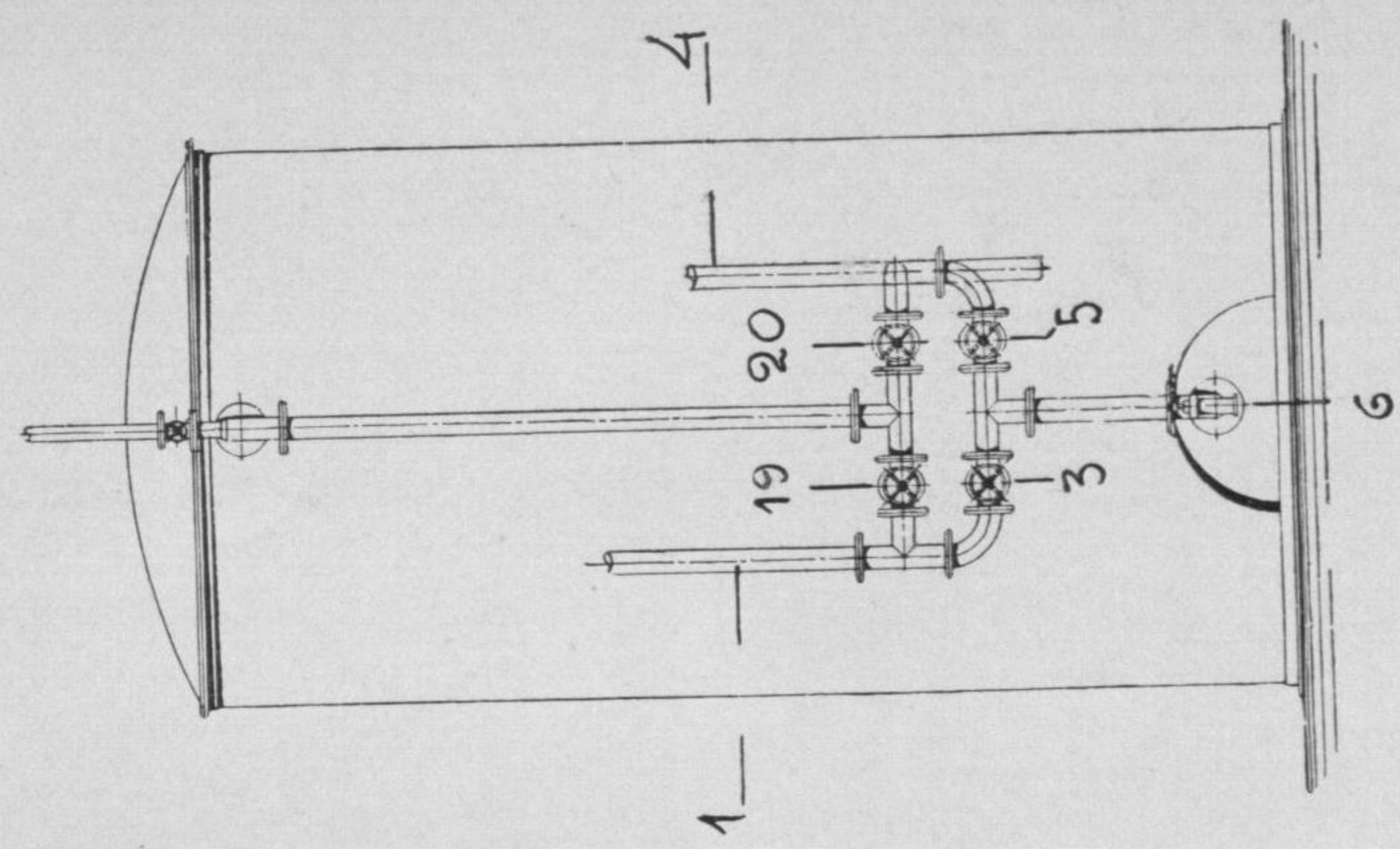
Фиг. 5.



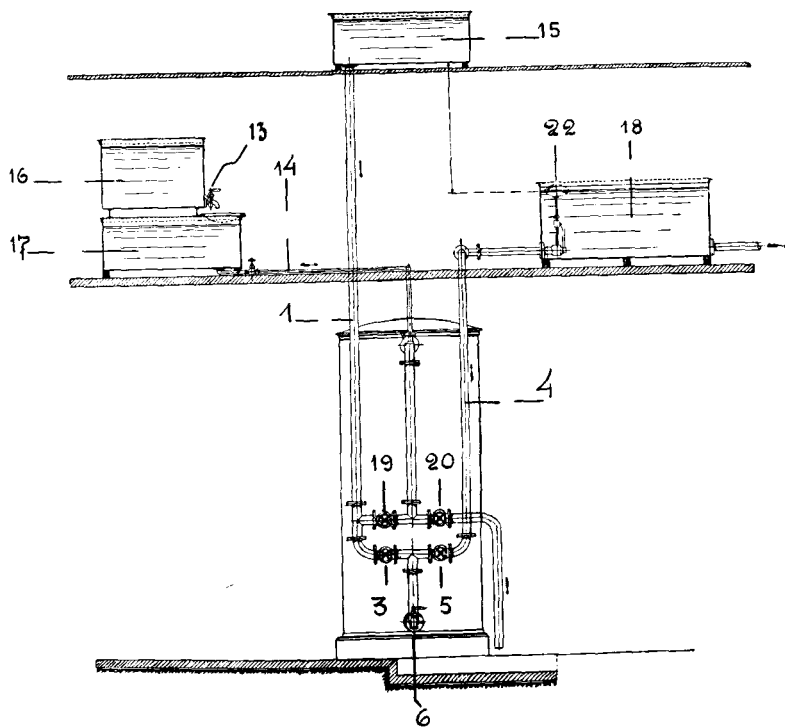
Фиг. 6.



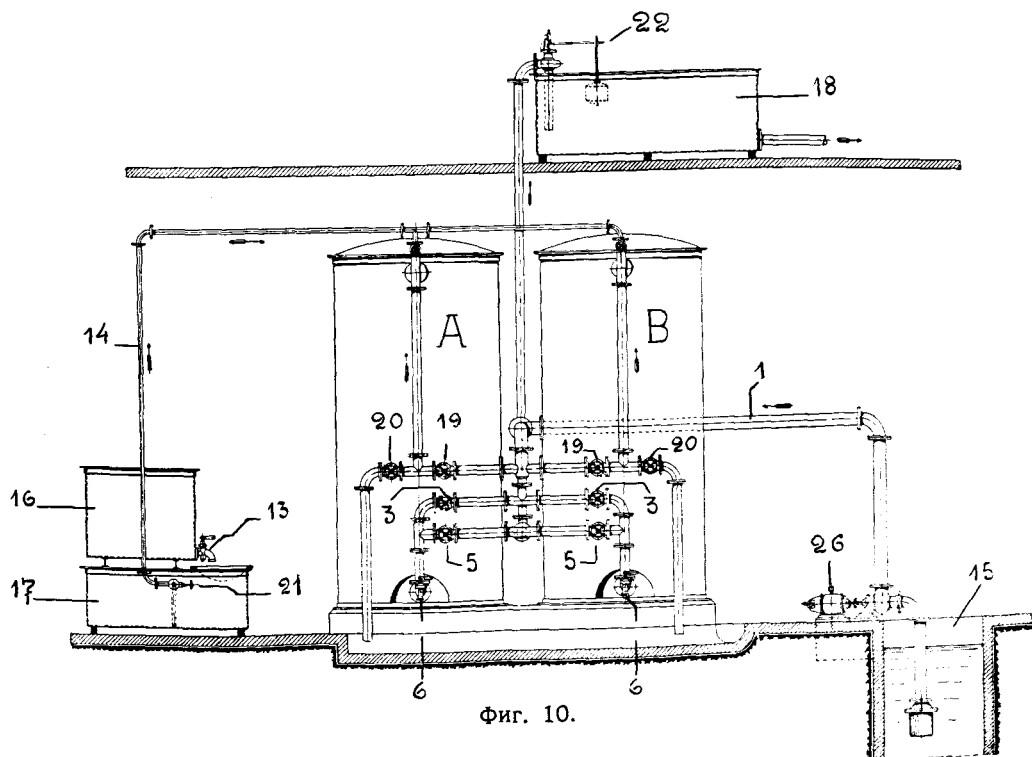
Фиг. 7.



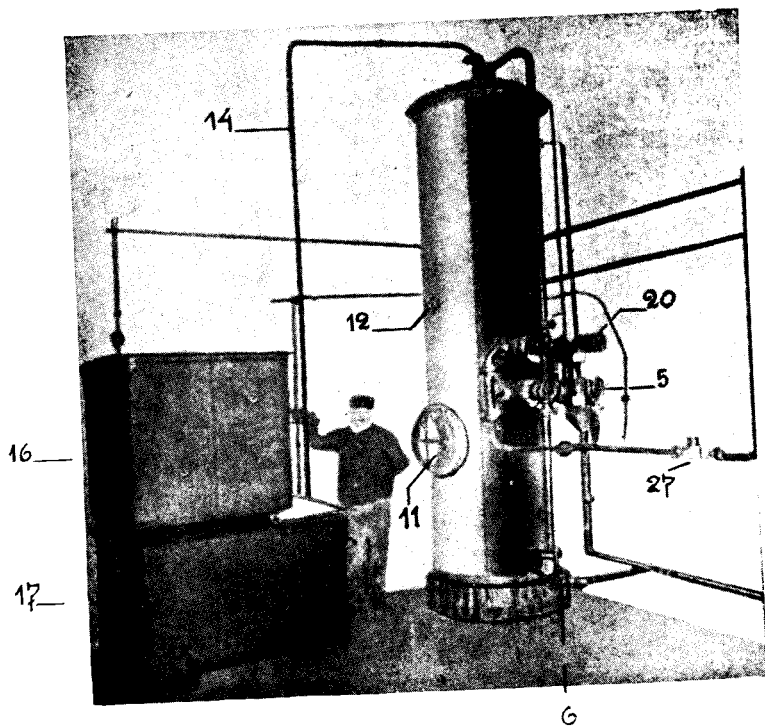
Фиг. 8.



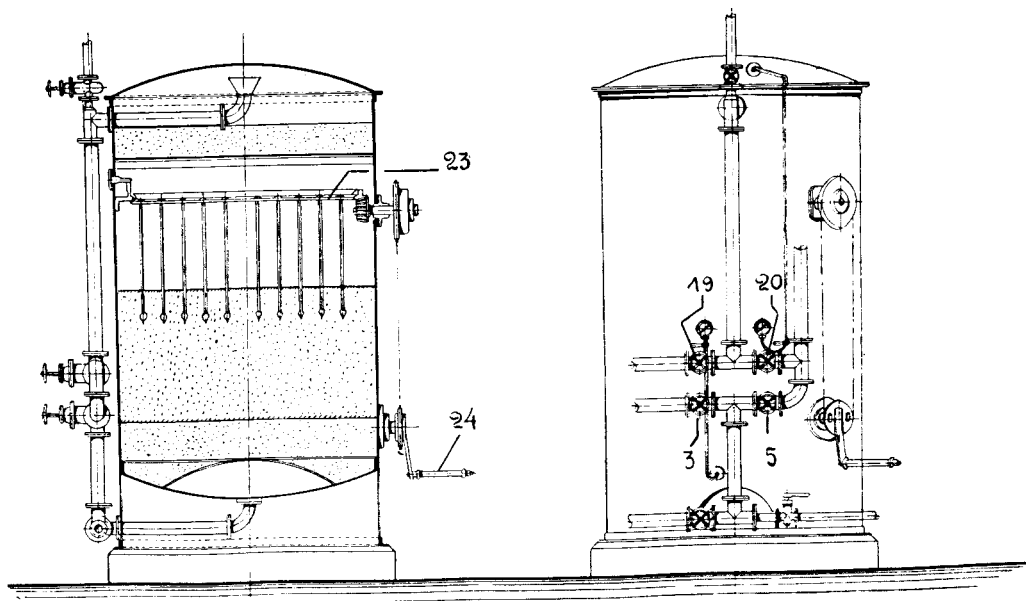
Фиг. 9.



Фиг. 10.



Фиг. 11.

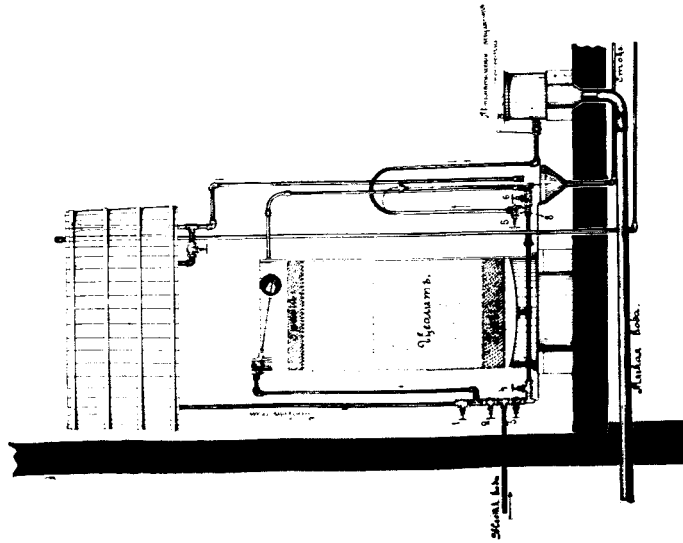


Фиг. 12.

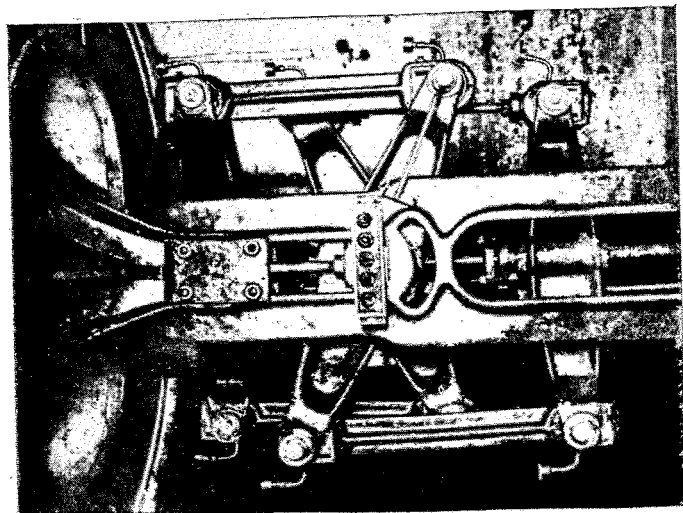
Правила пользования цеолитовым фильтромъ.

1. МЯГКАЯ ВОДА въ количествѣ
фильтромъ, если держать:
открытыми вентили 2, 5,
закрытыми всѣ остальные вентили.
2. РЕГЕНЕРАЦІЯ ФИЛЬТРА. Послѣ 16-ти часовой непрерывной работы
фильтра необходимо дѣйствіе его остановить и цеолитъ подвергнуть
регенерации, для чего произвести по порядку слѣдующія три операции:
а. Разрыхленіе слоя цеолита въ теченіе 1—2 минутъ обратнымъ
протокомъ воды при умѣренномъ давленіи, чтобы не вымыть
цеолита, для чего:
закрывать вентили 2 и 5,
открывать вентили 3 и 4.
- б. Пропусканіе соленого раствора черезъ слой цеолита въ теченіе
8 часовъ, выпустить воду до уровня цеолита и затѣмъ:
закрывать вентили 3 и 4,
открывать вентили 1 и 8.
- в. Выпусканіе послѣдней порціи соленого раствора и промывка
фильтра въ теченіе 1 часа для чего:
закрывать вентили 1 и 8,
открывать вентили 2 и 6.

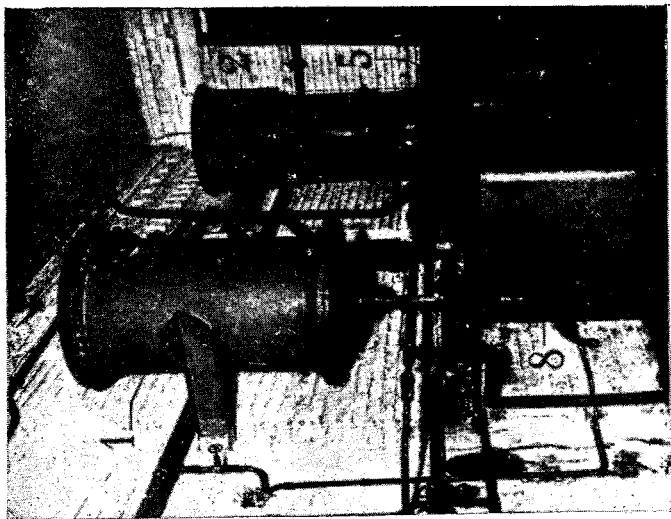
Послѣ этой операции фильтръ готовъ для подачи мягкой воды.
Примѣчаніе. Слѣдуетъ ежедневно продувать котлы, питаемые умягченной водою,
т.-е. спускать изъ нихъ воду, на высоту около 3 1/2 высоты водяного стекла.
Такимъ образомъ предупреждается сильное концентрированіе воды въ котлѣ.
Периодически слѣдуетъ брать изъ котла воду, и послѣ остуженія ея, проверять
ея концентрацію ареометромъ Бомэ; не слѣдуетъ допускать, чтобы вода въ
котлѣ концентрировалась свыше 1,5 град. Бомэ.



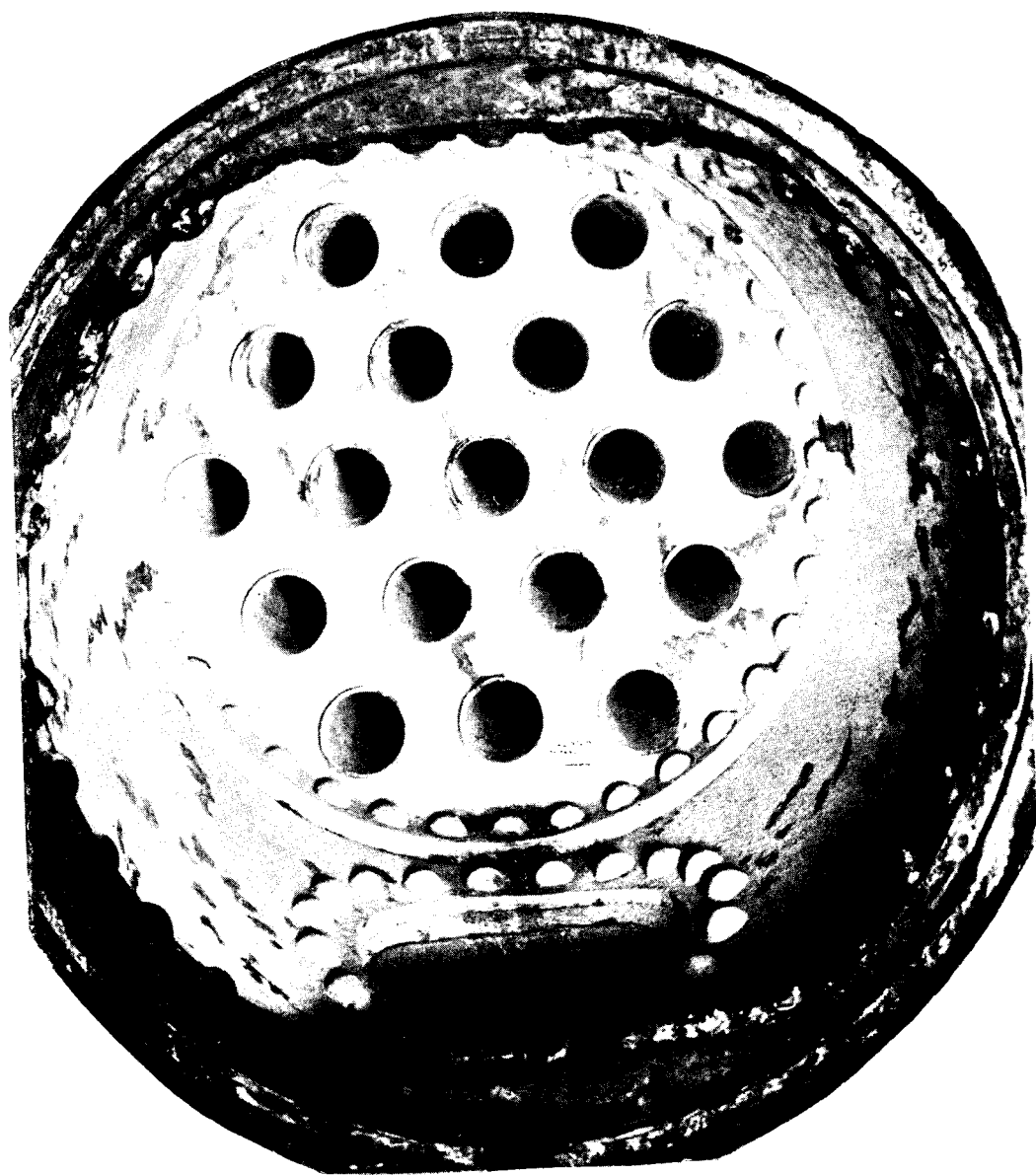
Фиг. 13.



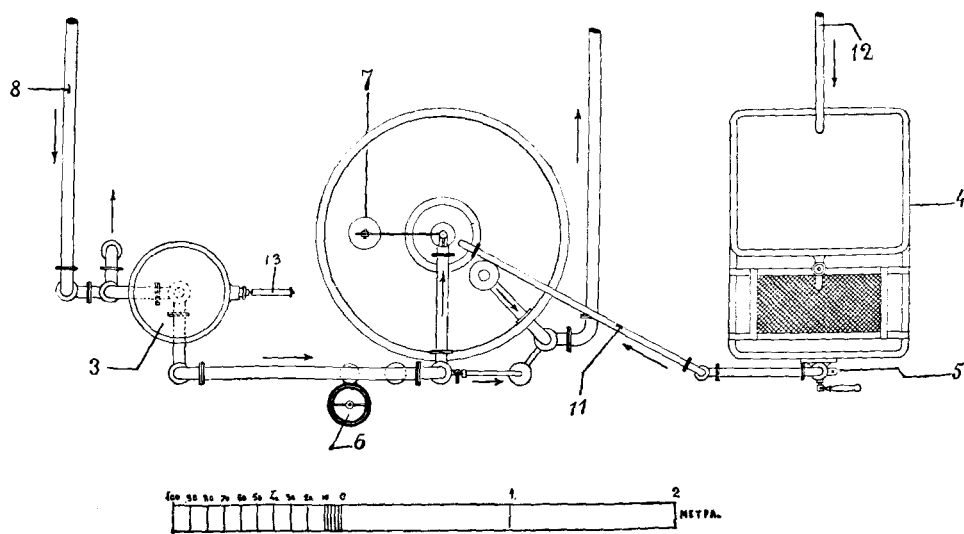
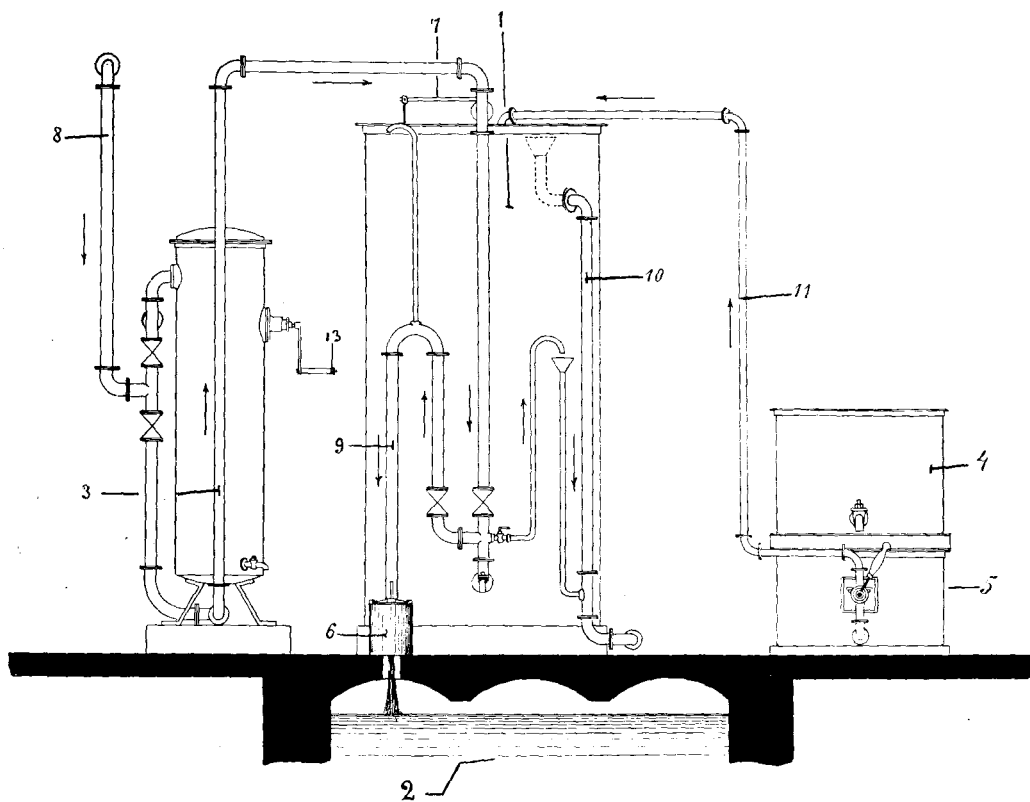
Фиг. 14.



Фиг. 15.

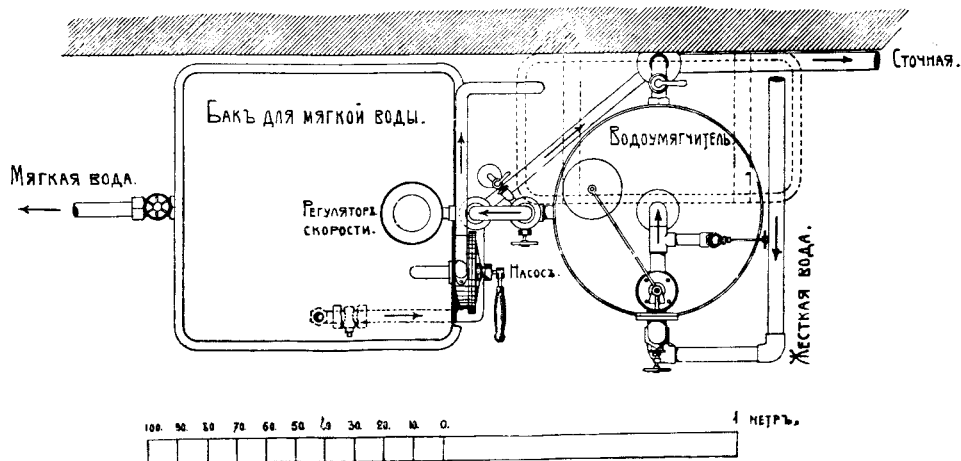
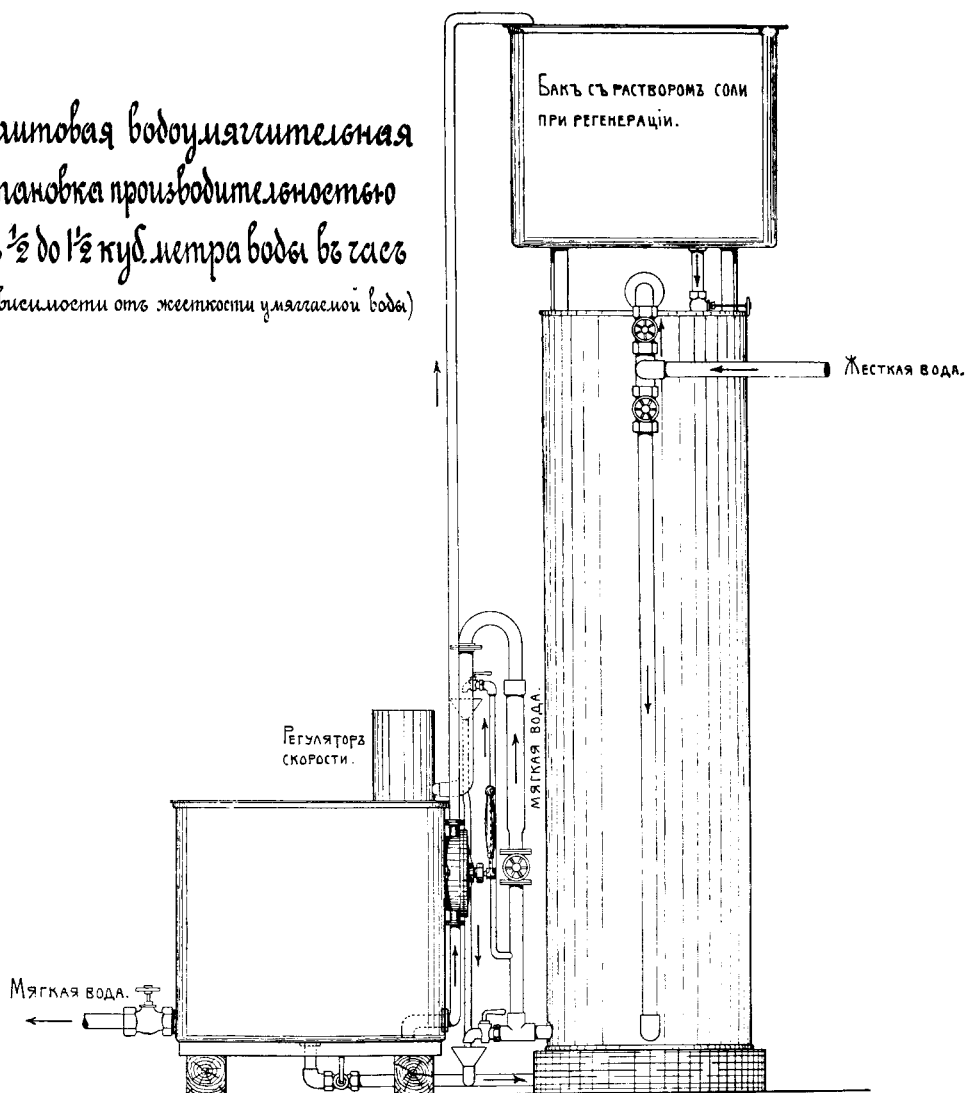


Фиг. 17.



Фиг. 19.

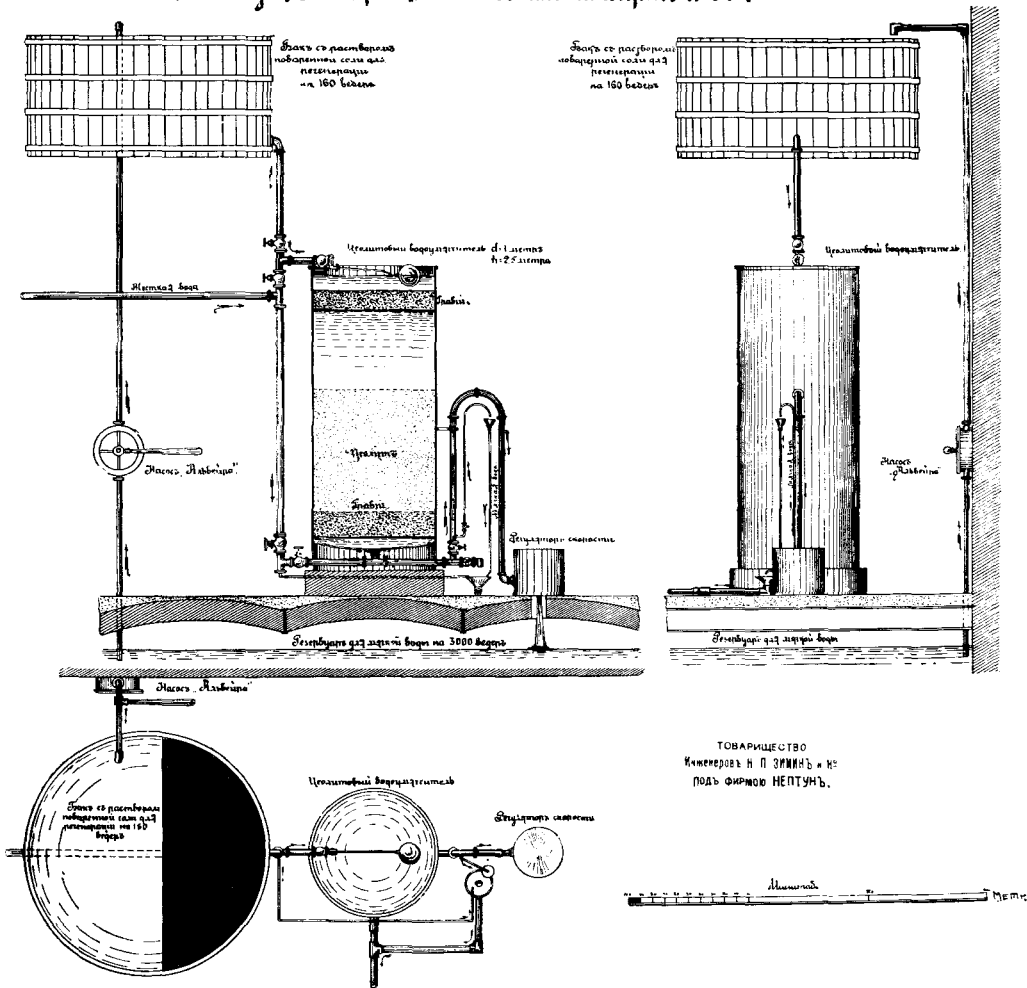
Цеолитовая водоумягчительная
установка производительностью
от $\frac{1}{2}$ до $1\frac{1}{2}$ куб. метра воды в час
(в зависимости от жесткости умягчаемой воды)



Фиг. 20.

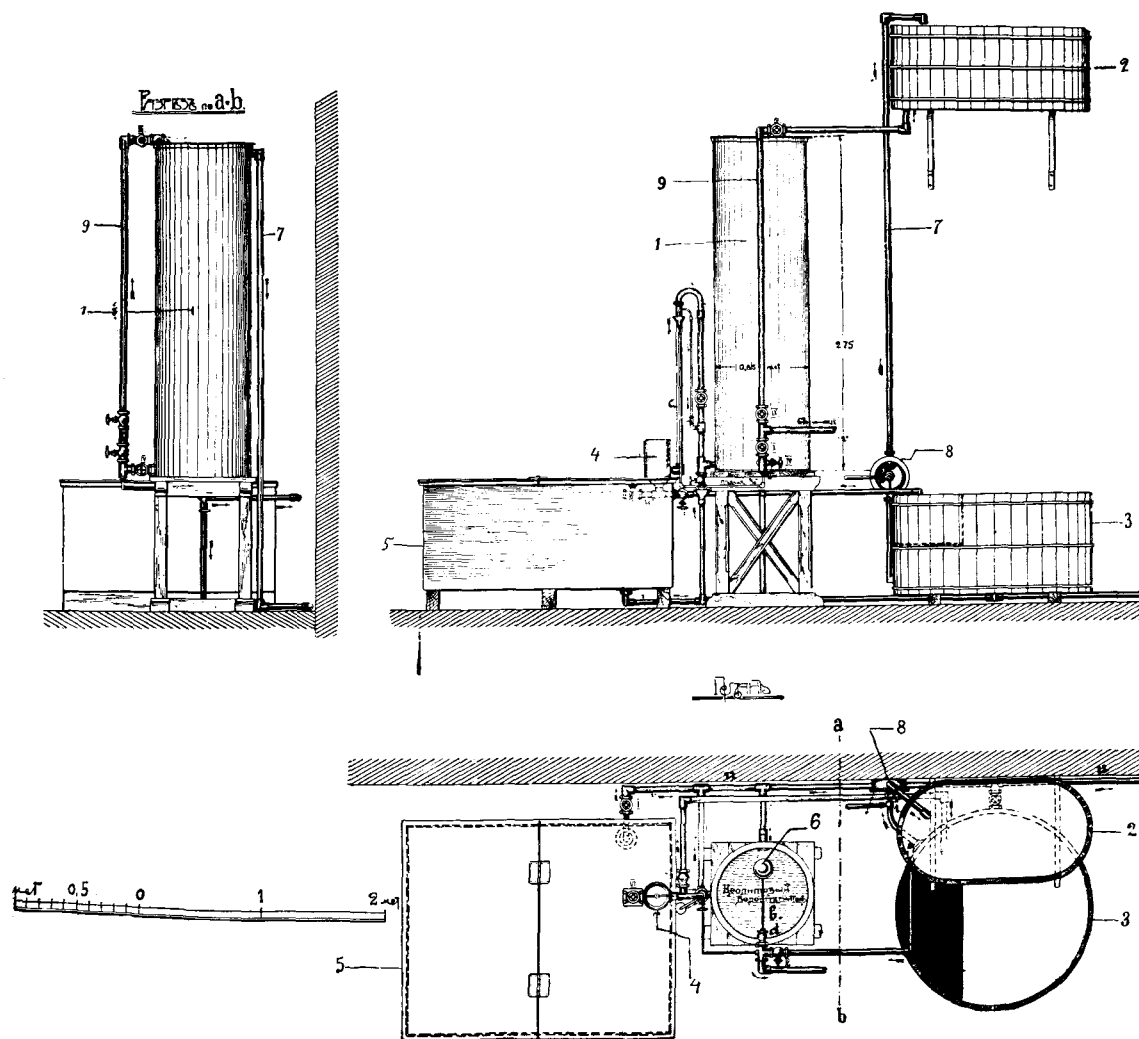
Глосарно

уеаумоаиc богояуаууеауа qhonyбогуеауауеаиcбо на¹²к¹²уеаиcпа боги
бо тачо гуа Мобауууеаиcбу Дуауа дуаааиcмо и К².



Фиг. 21.

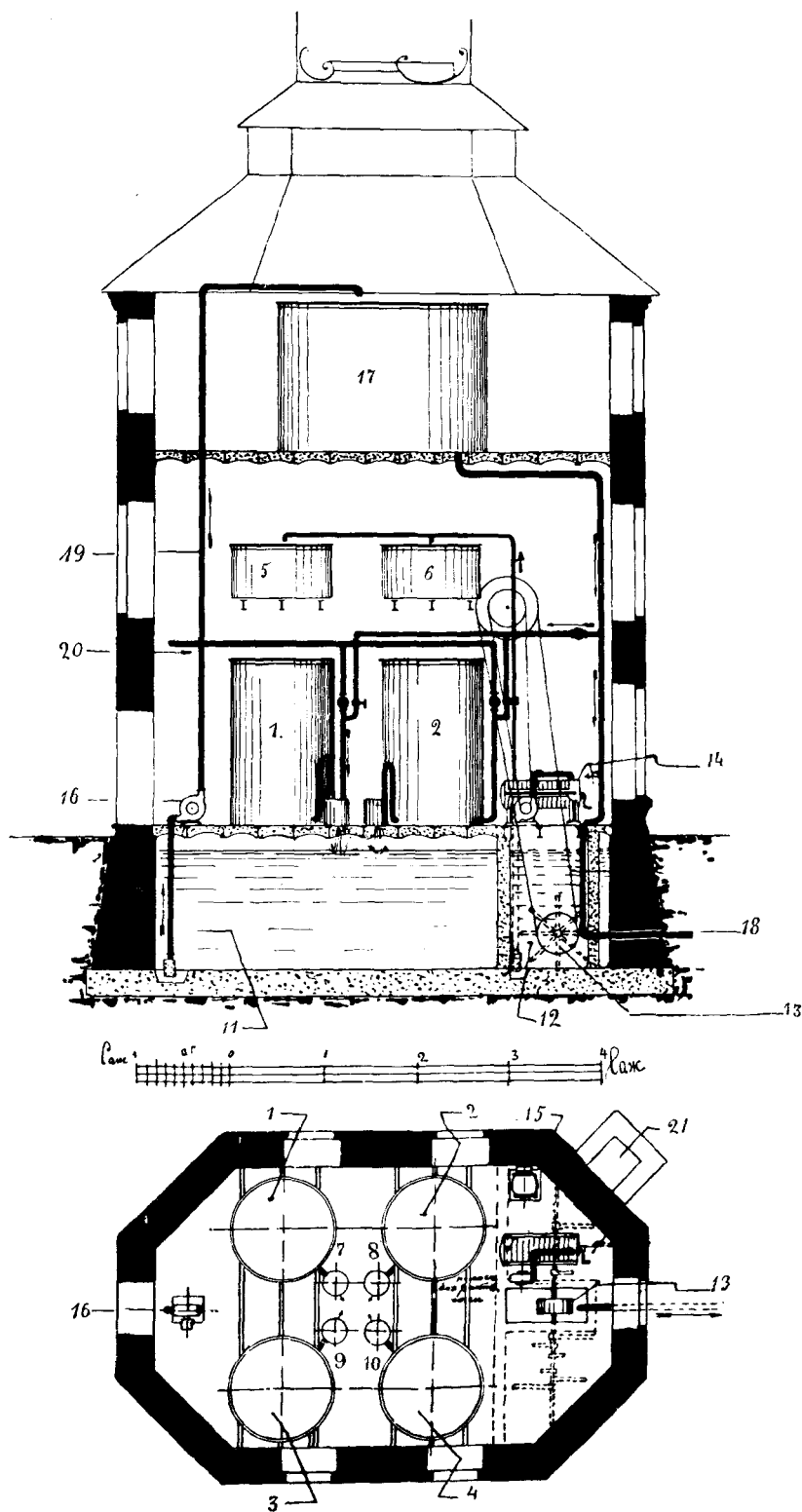
Цеолитовая водоумягчительная станция на 250 ведеръ
въ часъ для паровыхъ котловъ водоподъемной станціи
Нижегородскаго Городскаго Водопровода.



Фиг. 22.

ПРОЕКТЪ

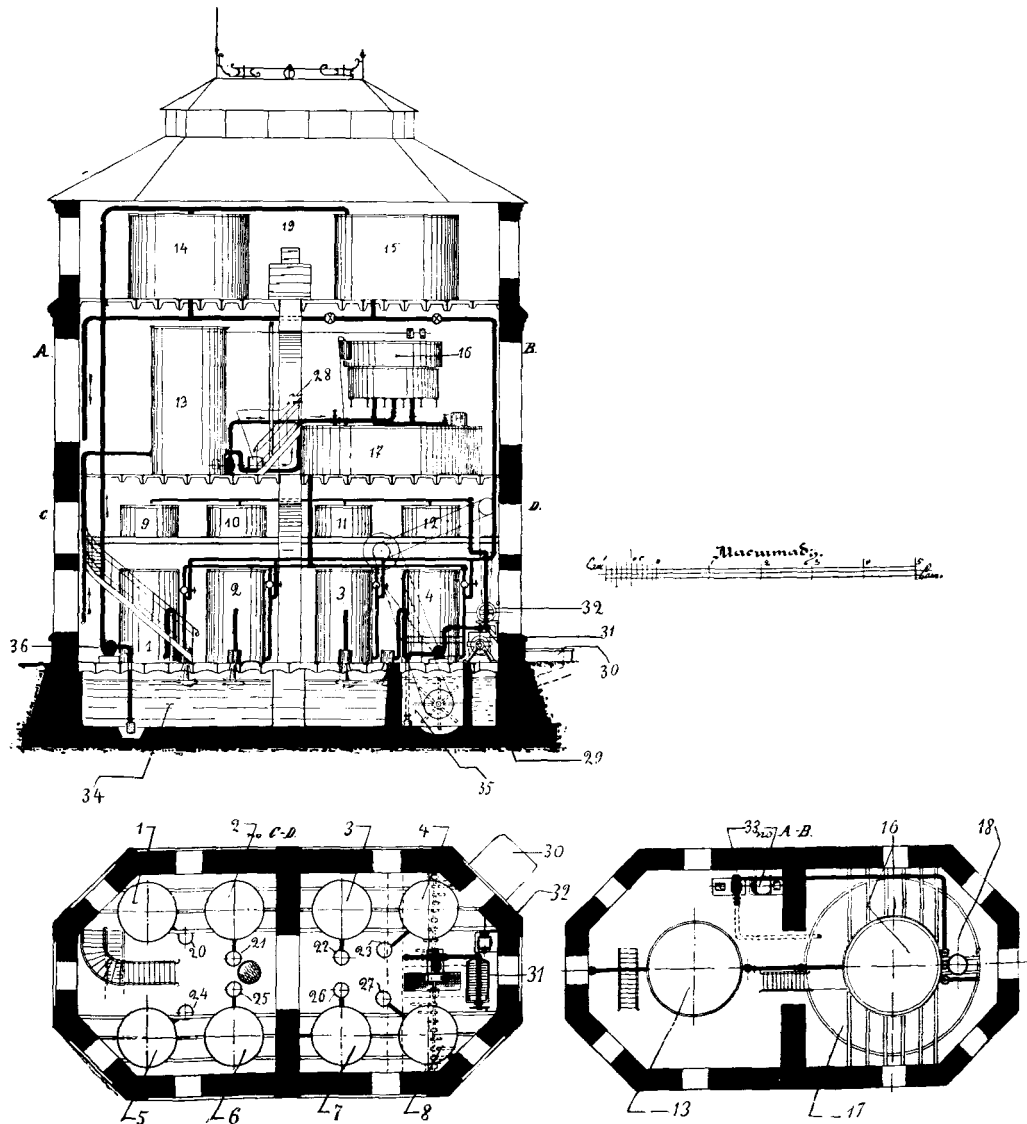
цеолитовой водоумягчительной станции производительностью 60 куб. саженъ въ сутки
для станции „Кривая Музга“ Юго-Восточной ж. д.



Фиг. 23.

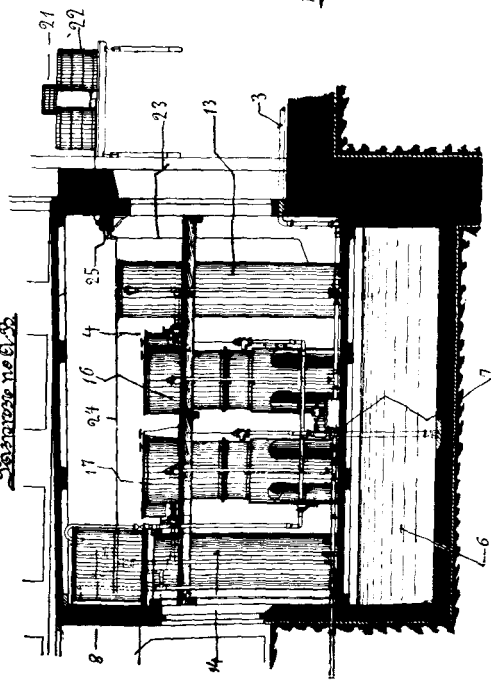
ПРОЕКТЪ

водоумягчительной станціи производительностью 90 куб. саж. въ
сутки съ цеолитовыми фильтрами для станціи „Новочеркасскъ“
Юго-Восточной ж. д.

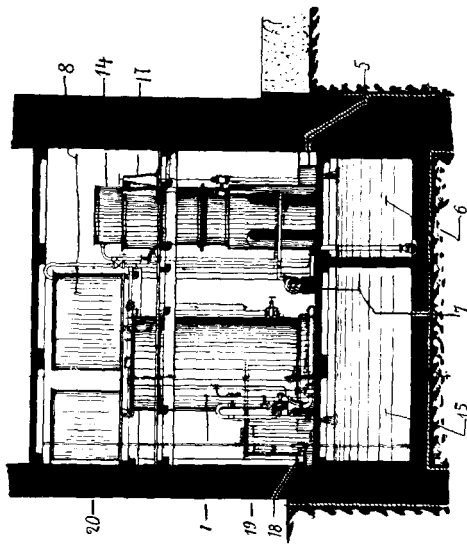


Фиг. 24.

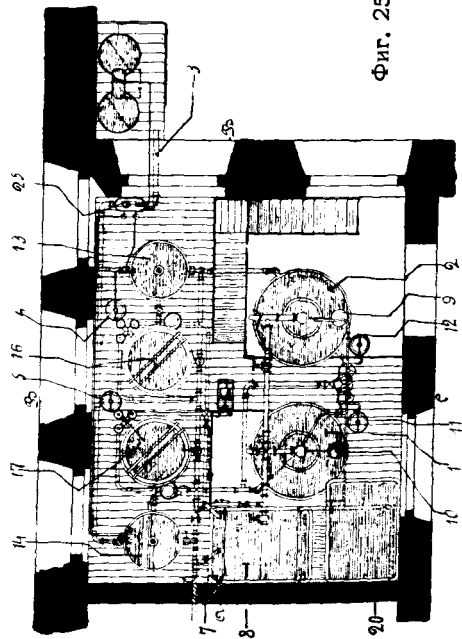
Вид сверху



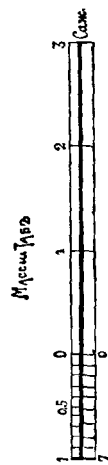
Вид сбоку



Сечение



Сечение
Восстановительная станция
на 24000 вольт 60 Гц
с трансформатором
для измерения напряжения



Фиг. 25.

ВЪДОМОСТЬ

результатовъ испытанія каменнаго угля на московскомъ казенномъ № 1 винномъ складѣ за 1909, 1910 и 1911 гг.

Испытаніе производилось въ Губерн. Лабораторіи Акциз. Управленія.												Испытаніе производилось въ котельномъ отдѣленіи склада.														
Время испытанія.		Количество въ пудахъ.	Химическій составъ угля въ %						Гигроскопическая влага.	Качественный показатель не выше 12.	Полезная теплопроизводительность не менѣе 7200.	Теоретическая теплопроизводительность не менѣе 7500.	Паропроизводительность, приложенная къ 70° С питат. воды и 110 фунт. давл. пара.	Несгорѣвшей мелочи — изгарковъ не болѣе 10,40/100	Нагрузка поверхности нагрева въ фунт. на 1 м ²	Давленіе пара по манометру въ фунт.	Температура питательной воды въ °С.	Въ дымовыхъ газахъ взятыхъ, изъ топки.			послѣдн. дымохода.			Температура дымовыхъ газовъ °С.	Тяга въ дымовой заслонкѣ мм.	
Годъ.	Мѣсяцъ и число.		С	Н	N	O	S	Зола.										CO ₂	O	CO	CO ₂	O	CO			
Рутченковскаго Общества (20½ коп. пудъ).																										
1909	Апрѣль 3.....	14262	81,58	4,15	1,0	6,97	0,72	5,58	0,12	7	8076	8369	8,21	9,7	3,55	95	70	12,1	6,0	0,1	10,4	7,7	0,0	343	9	
"	" —.....	13967	81,58	4,15	1,0	6,97	0,72	5,58	0,12	7	8076	8369	7,8	10,1	3,2	95	70	11,8	5,5	0,1	10,8	5,7	0,0	300	12	
"	" 15.....	18746	79,83	3,76	1,0	7,46	2,9	5,05	0,7	11	7826	8141	8,08	6	3,5	108	69,5	11,9	5,1	0,1	11,0	5,3	0,0	330	12	
"	" 29.....	21218	79,83	3,76	1,0	7,46	2,9	5,05	0,7	11	7826	8141	8,05	9,3	3,6	103	70	11,9	6,4	0,0	10,2	8,4	0,0	300	12	
"	Мая 29.....	36522	79,83	3,76	1,0	7,46	2,9	5,05	0,7	11	7826	8141	8,0	7,7	3,6	106	70	11,9	6,9	0,1	9,2	9,8	0,0	313	10	
"	" 21.....	11575	79,83	3,76	1,0	7,46	2,9	5,05	0,7	11	7826	8141	8,0	8,9	3,16	99	67	10,3	4,3	0,1	9,1	6,2	0,0	302	11	
"	Юня 10.....	35086	79,86	5,08	1,0	8,03	1,02	4,55	0,46	7	7831	8056	8,34	5,7	3,06	102	70	11,8	6,6	0,1	11,3	7,3	0,0	331	12	
"	" 22.....	87134	79,86	5,08	1,0	8,03	1,02	4,55	0,46	7	7831	8056	8,2	7,3	2,89	99	70	11,7	6,4	0,1	10,5	8,3	0,0	287	9	
"	Юля 3.....	12562	79,86	5,08	1,0	8,03	1,02	4,55	0,46	7	7831	8056	8,21	9,3	2,96	105	70	12,5	6,6	0,0	11,2	8,3	0,0	300	11	
"	Августа 4.....	64524	69,2	3,68	1,0	13,0	1,79	9,98	1,2	14	7692	7883	7,77	8,7	3,52	105	71	12,5	6,7	0,0	8,4	10,1	0,0	306	10	
"	Ноября 23.....	23073	81,25	4,55	1,0	7,52	0,9	4,78	0,0	7	8045	8276	8,3	6,4	2,87	100	67	13,1	4,3	0,1	10,8	7,7	0,0	323	10	
"	" —.....	28292	81,25	4,55	1,0	7,52	0,9	4,78	0,0	7	8045	8276	8,1	6,4	3,35	100	68	12,3	5,6	0,1	10,0	8,9	0,0	313	14	
Селезневскаго Общества со ст. „Овраги“.																										
"	Октября 28.....	919	77,95	3,07	1,0	8,25	3,32	6,41	0,0	13	8020	8221	8,4	7	4,5	113	83	12,8	5,8	0,0	10,6	8,1	0,0	330	8	
Алексѣевскаго Общества со ст. „Чумаково“.																										
"	Октября 28.....	899	71,75	3,55	1	17,17	1,45	5,08	0,0	8	8045	8276	8,7	7	4	113	83	12,8	5,8	0,0	10,6	8,1	0,0	336	10	
Дѣлпровскаго Общества.																										
"	Октября 28.....	879	79,07	3,93	1	3,67	4,94	7,39	0,0	17	7800	8074	8,2	7,5	3,7	113	83	12,8	5,8	0,0	16,6	8,1	0,0	306	11	
Рутченковскаго Общества.																										
"	Ноября 23.....	23073	81,25	4,55	1	7,52	0,9	4,78	0,0	7	8045	8276	8,39	6,4	2,87	100	67	13,1	4,3	0,1	10,8	7,7	0,0	323	10	
"	" 18.....	28292	81,25	4,55	1	7,52	0,9	4,78	0,0	7	8045	8276	8,18	6,4	3,35	100	68	12,3	5,6	0,1	10,0	8,9	0,0	313	14	
1910	Января 20.....	39894	81,25	4,55	1	7,52	0,9	4,78	0,0	7	8045	8276	8,5	8,83	2,94	102	72	13,1	4,7	0,07	9,45	9,29	0,0	299	8	
"	" 19.....	24680	81,25	4,55	1	7,52	0,9	4,78	0,0	7	8045	8276	8,5	8,5	3,2	112	72	13,9	3,6	0,2	11,0	7,4	0,0	325	10	
"	Февраля 3.....	53678	81,55	4,27	1	5,42	1,2	6,56	0,0	9	7919	8150	8,0	10,2	2,86	115	77	12,8	5,3	0,1	11,3	6,4	0,0	314	10	
"	Марта 10.....	48490	82,05	3,85	1	4,25	1,85	7,0	0,1	11	7586	7800	8,16	4,5	2,8	105	72	12,1	4,4	0,3	9,7	7,4	0,1	315	14	
"	Апрѣля 29.....	27271	82,05	3,85	1	4,25	1,85	7,0	0,1	11	7586	7800	7,95	9,3	3,25	110	70	12,9	5,4	0,1	11,8	6,9	0,0	296	12	
Бельгійскаго Общества Ново-Александровскаго пласта „Маріа“ (19 коп. пудъ).																										
"	Юня 30.....	21904	77,69	6,0	1,00	7,00	1,08	7,3	0,69	9	8007	8337	8,8	10,2	3,7	107	68	13,5	4,8	0,2	12,4	6,6	0,0	306	10	
"	Юля 14.....	23568	76,25	6,4	1,00	6,9	1,64	7,81	0,93	11	7905	8260	8,44	10,24	3,0	108	71,5	13,4	4,8	0,2	12,4	6,2	0,0	305	10	
"	Августа 13.....	17331	79,32	5,2	1,00	5,12	1,37	7,99	0,12	11	7692	7999,6	7,95	10,23	3,3	112	67	12,6	5,1	0,1	11,3	7,6	0,0	337	13	
"	Сентября 4—15...	33591	79,3	4,64	1,00	5,84	0,99	8,23	0,81	10	7667	8000,4	7,88	6,5	2,85	105	75	13,5	5,0	0,1	11,8	7,3	0,0	305	9	
"	" 24—28...	13542	78,8	5,51	1,00	5,84	1,03	7,82	0,92	10	7659	7966	7,32	9,63	2,78	100	70,3	13,5	5,7	0,1	11,6	7,6	0,0	323	9	
"	Октября 11—22...	22990	79,41	4,56	1,00	5,79	0,88	8,36	0,79	10	7664	7993	7,59	7,28	2,475	104	68,35	14,7	3,8	0,3	12,1	6,3	0,0	324	8	
"	Ноября 2—13....	29139	80,22	4,68	1,00	4,6	1,07	8,43	0,5	11,1	8001	8305	8,12	4,4	2,494	105	67,5	13,7	5,24	0,15	11,48	7,33	0,0	314	10,6	
"	Октября 11—25...	24486	80,2	4,25	1,00	6,96	1,02	6,96	0,64	9,0	7600	7861	8,14	11,0	2,64	99,1	71,2	13,9	4,27	0,475	12,16	6,82	0,0	313	7,6	
"	Ноября 16—25....	17354	80,2	4,69	1,00	6,15	1,12	6,83	0,11	9,0	8015	8285	8,27	5,4	2,9	101,5	70,33	15,27	2,88	0,29	11,3	7,0	0,14	322	9,23	
"	Декабря 29.....	1852	80,2	4,69	1,00	6,15	1,12	6,83	0,11	15	7663	8007	8,0	10,6	2,8	102	66	12,64	5,92	0,11	10,07	8,58	0,0	290	11,3	
"	Нояб. 25 и Дек. 22	13133	79,8	4,95	1,00	6,75	1,01	6,44	0,04	8	8011	8280	8,9	9,8	2,45	100,6	71,8	15,4	3,7	0,0	11,8	6,6	0,13	314	7,36	
"	Декабря 24.....	32401	78,96	5,22	1,00	5,52	0,91	8,39	0,02	10	8007	8300	8,7	8,71	2,12	97	71,2	16,23	2,7	0,1	10,6	7,8	0,2	300	11	
1911	Января 8—11.....	38630	78,96	5,22	1,00	5,52	0,91	8,39	0,02	10	8017	8300	7,93	9,1	2,68	100	64	16,13	2,37	0,56	12,9	5,9	0,3	312	11,4	
"	Февраля 10.....	52332	78,85	5,53	1,00	5,53	1,23	7,86	0,24	10	8000	8283	8,5	8,19	2,1	96	66	14,6	1,2	0,4	8,8	10,07	0,14	299	12,8	
"	" 24.....	50620	75,61	5,52	1,00	9,96	1,41	6,5	0,11	9	7677	7960	7,8	12,26	2,0	112	67	14,8	3,8	0,5	9,3	9,5	0,0	301	8,78	
"	Марта 15.....	45690	79,12	5,52	1,00	4,51	1,02	8,89	0,92	11	7978	8261	7,9	9,5	2,9	110	69	13,9	4,5	0,8	11,3	7,3	0,0	316	11,2	
Рядовой Селезневскаго Об-ва со ст. „Овраги“ (21,9 к. пудъ).																										
"	Мая 23.....	34027	74,3	4,46	1,1	3,75	0,17	10,17	0,31	10,17	7415	7593	7,79	10,7	2,58	108	74	14,23	4,6	0,1	9,8	8,5	0,0	310	8	
"	Юня 6.....	17310	73,25	4,0	1,0	7,98	3,3	10,43	0,28	—	7340	7560	7,88	12,45	—	104	74	13,12	4,88	0,075	9,8	8,14	0,04	320	10,75	
"	Юля 12.....	28561	77,21	4,25	1,0	9,68	2,79	5,07	0,15	—	7509	7740	8,45	10,8	3,45	109	75	13	4,5	0,0	10	8,1	0,0	312	12,3	
"	Августа 10.....	14878	76,31	4,26	1,0	8,48	2,89	7,06	0,11	—	7488	7720	8,08	9,07	3,1	107	72	13,								

ТОВАРИЩЕСТВО ИНЖЕНЕРОВЪ Н. П. ЗИМИНЪ и К^о

ПОДЪ ФИРМОЮ
„НЕПТУНЪ“.

Москва, Разгуляй, 3, домъ В. Н. Зиминой. Телеф. 15-40.

Адресъ для телеграммъ: МОСКВА, НЕПТУНЪ.

ГИДРО-ТЕХНИКА и САНИТАРНАЯ ТЕХНИКА:

- Отдѣлъ I. Водопроводы. Охрана отъ пожаровъ. Водомѣры.
- „ II. Канализація.осушеніе и Орошеніе.
- „ III. Фильтрованіе и Стерилизація воды.
- „ IV. Умягченіе воды посредствомъ Цеолитовъ.
- „ V. Очищеніе сточныхъ водъ хозяйственныхъ и фабричныхъ биологическимъ и химическимъ способами.
- „ VI. Увлажненіе воздуха прядильныхъ и ткацкихъ фабрикъ
- и ДРУГІЯ ИНЖЕНЕРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЯ РАБОТЫ.

Единственные представительства въ Россіи:

1. На Американскіе Фильтры „Джуэлль“.
Jewell Export Filter Company, New-York.
2. На Пластинчатые Окислители Дибдина
W. J. Dibdin, London.
3. На Цеолиты („Пермутиты“) для умягченія воды.
Permutit-Filter Company, Berlin.
4. На Дисковые Водомѣры „Нйстонъ“.
Pittsburg Meter Company, Pittsburg.

УМЯГЧЕНИЕ ВОДЫ посредствомъ ЦЕОЛИТОВЪ.

Новый способъ профессора Д-ра ГАНСА:

Простымъ фильтрованіемъ черезъ цеолитовый песокъ всякая жесткая вода вполне умягчается.

Цеолиты Д-ра Ганса замѣщаютъ натромъ содержащіяся въ водѣ кальцій, магній и др. металлы.

Поваренная соль доставляетъ израсходованный натръ:—цеолиты возстановляются простымъ пропусканіемъ черезъ нихъ раствора соли.

ПРЕИМУЩЕСТВА цеолитоваго способа умягченія воды:

ПРОСТОТА устройства и управленія.	БЕЗЪ ДОЗИРОВАНІЯ.
СОВЕРШЕНСТВО умягченія.	БЕЗЪ ОСАДКОВЪ.
ПОСТОЯНСТВО дѣйствія.	ПРИ ВСЯКОЙ ТЕМПЕРАТУРѢ.
НЕЗАВИСИМОСТЬ отъ измѣненій состава воды.	ПОВАРЕННАЯ СОЛЬ—единственный расходъ по эксплуатаціи.
НЕВОЗМОЖНОСТЬ порчи воды реагентами.	ДОСТУПНОСТЬ ПО ЦѢНѢ.

КОНТРОЛЬ ТОПКИ

**паровыхъ котловъ при помощи
газоанализатора**

СИСТЕМЫ

Крель-Шульце

СОСТАВИЛЪ ИНЖЕНЕРЪ-МЕХАНИКЪ

М. И. Потресовъ.

Цѣна 1 руб.

**Продается во всѣхъ книжныхъ магази-
нахъ и у автора:**

Москва, Новоблагословенная ул., д. № 4.