

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И МОЛОДЁЖИ  
РЕСПУБЛИКИ КРЫМ

Муниципальное бюджетное образовательное учреждение дополнительного  
образования «Центр детского и юношеского творчества» города Саки Республики  
Крым  
муниципального образования городской округ Саки Республики Крым

**Всероссийский конкурс юных исследователей окружающей среды  
им. Б. В. Всесвятского**

**Номинация: «Экологический мониторинг»**

**Возможность получения соли морской, состава,  
приближенного к составу морской воды**

Работу выполнила:

**Субботкина Оксана Владимировна,**  
обучающаяся 11 класса  
МБОУ «Сакская гимназия имени Героя  
Советского Союза Г.Д. Завгороднего»  
г. Саки; МБОУ ДО «ЦДЮТ» г.Саки  
Республики Крым

Научный руководители  
Ткаченко Светлана Олеговна,  
педагог дополнительного образования  
МБОУ ДО «ЦДЮТ» г.Саки Республики Крым

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ СОКРАЩЕНИЙ.....	2
ВВЕДЕНИЕ.....	3
РАЗДЕЛ 1. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА СОЛИ ПОВАРЕННОЙ ЗЕРНОВОЙ И СОЛИ МОРСКОЙ.....	6
1.2. ПРИМЕНЕНИЕ СОЛИ МОРСКОЙ.....	7
РАЗДЕЛ 2. МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ .....	9
РАЗДЕЛ 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	16
ВЫВОДЫ .....	19
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	20
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	21
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	22

## ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ СОКРАЩЕНИЙ

**«ГУ НПП РК «Крымская ГГРЭС»** - Государственное унитарное научно производственное предприятие «Крымская гидрогеологическая режимно-эксплуатационная станция»

**ПК «Галит»** - Производственный кооператив «Галит»

**Морская вода 1** - вода Черного моря

**Озерная рапа** - рапа озера Сасык-Сиваш (морская вода на 1-ой стадии ее концентрирования до плотности 1,09 -1,15т/м<sup>3</sup>)

**Садочная рапа** - морская вода на 2-ой стадии ее концентрирования до плотности 1,15-1,22 т/м<sup>3</sup> , при упаривании которой соль выпадает в осадок

**Маточная рапа (от производства соли поваренной зерновой)** - морская вода на 3-ей стадии концентрирования до плотности 1,24т м<sup>3</sup>

**Маточная рапа (от производства соли морской)**- морская вода на 4-ой стадии концентрирования до плотности 1,30т м<sup>3</sup> ;1,32т м<sup>3</sup>; 1,34т м<sup>3</sup>

## ВВЕДЕНИЕ

Производство соли поваренной зерновой и соли морской осуществляется Производственным кооперативом «Галит» на Сасык- Сивашском солепромысле, расположенном в Российской Федерации, Республика Крым, Сакском районе, станция Прибрежное 50-й километр.

Метод производства соли поваренной зерновой и соли морской на Сасык-Сивашском солепромысле основан на последовательном испарении морской воды на акватории озера Сасык-Сиваш и в системе подготовительных и солесадочных бассейнов (см. рис.1).



Рис. 1. Акватория озера Сасык-Сиваш

В состав морской воды входят соли:  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ , соли натрия ( $\text{NaCl}$ ), соли магния ( $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{MgCl}_2$ ), соли калия ( $\text{KCl}$ ), соли брома ( $\text{MgBr}_2$ ). Состав морской воды приведен в таблице 1. (см. приложение А) [3][4]

Солевые компоненты морской воды подразделены на три группы:

- к первой группе отнесены хлористые и сернокислые соли натрия и магния. Эти соли определяют основные свойства морской воды. Первая группа солей составляет в сумме 93% по весу от солевой массы воды моря.

- ко второй группе относятся соли кальция, брома. Соли кальция выделяются в твердую фазу на первоначальном участке испарения. Соли брома накапливаются до технически важных величин. Общее количество солей второй группы составляет около 6% по весу от солевой массы воды моря.

- к третьей группе отнесены различные микроэлементы (бор, стронций, рубидий, литий, железо, алюминий). Общее количество солей третьей группы составляет около 1% по весу от солевой массы воды моря. [1]

Испарение морской воды получило большое практическое значение в промышленности при регулировании этого процесса путем испарения в специальных промысловых гидротехнических сооружениях- бассейнах.

**Актуальность работы** - получение соли морской состава, включающего соли магния, калия, брома, что позволяет расширить диапазон сферы ее использования.

**Цель работы** - определение режима испарения садочной рапы для выделения в осадок соли магния, калия, брома при получении соли морской.

**Задачи нашей работы:**

- Изучить и обобщить материалы по технологии производства соли морской, по испарению рапы на стадиях получения соли морской.
- Определить режимы упаривания рапы для выделения в осадок солей магния, калия, брома при получении соли морской.
- Получить соль морскую в определенных (выбранных) режимах упаривания.
- Выполнить лабораторные исследования по определению влажности и насыпного веса соли морской, состава соли морской (твердой фазы) и маточной рапы (жидкой фазы), полученных при упаривании садочной и маточной рапы выбранных режимах относительной плотности:

<b>садочная рапа</b>	<b>маточная рапа</b>
1,22-1,30 т/м <sup>3</sup>	1,24-1,30 т/м <sup>3</sup>
1,22-1,32 т/м <sup>3</sup>	1,24-1,32 т/м <sup>3</sup>
1,22-1,34 т/м <sup>3</sup>	1,24-1,34 т/м <sup>3</sup>

**Объект исследования** – соль морская

**Предмет исследования** – определение параметров технологического процесса для получения соли морской состава, включающего соли магния, калия, брома.

Все лабораторные работы проведены нами в химико - аналитической лаборатории ГУ НПП РК «Крымская ГГРЭС» согласно типовых методик [10].

**Научная новизна.** Получение соли морской состава, включающего основные компоненты воды Черного моря.

**Практическая значимость** заключается в том, что при возможности введения в состав соли морской солей калия, магния, брома, позволит расширить многофункциональный диапазон воздействия компонентов соли на организм человека.

### **ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ**

Озеро Сасык-Сиваш (Сасык) расположено между г. Евпаторией и г. Саки. Протяженность озера с запада на восток достигает 14 км, с севера на юг – 9 км. Водоем мелководный, глубина не превышает 0,8 м. Озеро разделено глиняной дамбой на две части. Южная часть (наиболее широкая) имеет овальную форму, северная и западная – осложнена далеко врезающимися в сушу заливами, имеющими собственные названия: Богайский, Мамайский, Тюменский, Айдарский лиманы.

Озеро Сасык-Сиваш отшнуровано от моря песчано-галечно-гравийной пересыпью шириной 0,7 км, высотой около 2 м.

#### **Геоморфология и эрозионные процессы**

Котловина озера представляет собой природное расширение пяти балок.

Западный и северный берега высокие, местами обрывистые. На северном берегу имеется разветвленная блочная сеть, расположенные здесь лиманы не имеют четко выраженного уреза воды.

Восточный берег очень крутой, обрывистый, высотой 8 – 10 м.

Южный берег имеет правильную форму, на некоторых участках нет четко выраженного уреза воды.

### **Геология и гидрогеология**

Северный и западный берег сложены известняками сармата, меотиса и понта.

Восточный берег сложен красно-бурыми глинами и суглинками плиоцена, сверху покрыт почвенно-растительным слоем.

Южный берег сложен песчано-гравиевыми отложениями четвертичного возраста.

#### **Озерная рапа**

Северная часть сильно распреснена, минерализация не превышает 80 г/дм<sup>3</sup>. Вода буро-зеленого цвета, мутная.

Южная часть соленая, минерализация 130 г/дм<sup>3</sup>. Вода темно-синяя, прозрачная. Отмечается большое количество рачков.

До 2007 г. часто фиксировался размыв дамбы и переток пресных вод в соленую часть озера. В 2007 г. была проведена реконструкция дамбы и сооружен сбросной канал. После принятых мер размывов дамбы не наблюдалось, но переток вод продолжается через свищи, образованные в подводной части тала дамбы из-за разницы в уровне воды (уровень в северной части на 20 см превышает уровень в южной части).

#### **Грязевая залежь**

Озерные осадки представлены светло-серыми и серыми глинами, темно-серыми и черными илами и песчано-илистыми отложениями. Озеро Сасык-Сиваш отнесено к объектам категории лечебных.

# РАЗДЕЛ 1. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА СОЛИ ПОВАРЕННОЙ ЗЕРНОВОЙ И СОЛИ МОРСКОЙ

Производство соли поваренной зерновой и соли морской осуществляется

Производственным кооперативом «Галит» на Сасык–Сивашском солепромысле. [5],[6],[7],[8] Сасык – Сивашский солепромысел представлен системой гидросооружений общей площадью-366,6га, расположенной в южной части озера Сасык–Сиваш (рис.1), объединяющий запасную и подготовительную (площадь 294га) и солесадочную (площадь 72,6га). Пополнение озера Сасык–Сиваш осуществляется за счет фильтрации морской воды Черного моря

Метод производства соли морской на Сасык–Сивашском солепромысле основан на последовательном испарении морской воды на акватории озера Сасык–Сиваш [2] и в системе подготовительных и солесадочных бассейнов (рис.2 приложение А), которые представляют собой гидротехнические сооружения, на которых испарительные площади разделены двухрядными деревянными перемычками. Внутреннее пространство между дощатыми стенками заполнено илом из дренажных и сбросных канав и осадками солей кальция из системы подготовительных бассейнов. В стенах деревянных перемычек предусмотрены отверстия для подачи рапы в бассейн и слива маточника по сбросным канавам в запасную систему. Движение рапы по системе гидросооружений осуществляется самотеком. Уровень рапы поддерживается:

- в подготовительной - 20см,
- в солеосадочной -15см.

Подготовительные бассейны предназначены для заготовки садочной рапы, солесадочные - для приема, испарения садочной рапы и накопления пласта соли.

В начале испарительного сезона (апрель-май) озерная рапа из системы солесадочных бассейнов перекачивается в запасную систему.

Дно солесадочных бассейнов выравнивается, просушивается, гладится. В течение испарительного сезона (май-сентябрь) для исключения фильтрации морской воды и озерной рапы в солесадочные бассейны производится откачка ее по обводным каналам в запасную систему. В подготовительных бассейнах озерная рапа упаривается до концентрации, соответствующей выпадению соли в осадок (садочная рапа) и передается в солесадочные бассейны.

В солесадочных бассейнах при испарении садочной рапы происходит наращивание пласта соли. Испарение садочной рапы в солесадочных бассейнах производится в интервале плотностей:

1,22-1,30т/м<sup>3</sup>-при производстве соли морской.

В течение испарительного сезона для накопления пласта соли в солесадочных бассейнах производится доливка бассейнов:

- маточной рапой - при производстве соли морской, полученной после производства соли поваренной зерновой в предыдущем сезоне.

В действующем производстве испарение маточной рапы для производства соли морской производится в интервале плотности 1,24-1,30т/м<sup>3</sup>

В конце испарительного сезона (сентябрь - октябрь), после слива маточной

Рапы в запасные системы, производится уборка соли солекомбайном, вывоз ее и складирование в бурты на специально подготовленных площадках. Бурты выкладываются в форме трапеции. По результатам замера параметров бурта и определению насыпного веса соли рассчитывается объем бурта и количество добытой соли. Маточная рапа плотностью 1,24 т/м<sup>3</sup> после производства соли поваренной зерновой передается на производство соли морской, и используется в следующем испарительном сезоне при производстве соли морской.

Остатки соли поваренной зерновой и соли морской в бассейнах после ее уборки растворяются атмосферными осадками и полученные размывные рассолы перекачиваются в запасную систему с последующим использованием в следующем испарительном сезоне для производства соли поваренной зерновой и соли морской.

Остатки солей кальция, полученные при подготовке садовой рапы, извлекаются при чистке бассейнов подготовительной системы и используются в качестве строительного материала при ремонте бассейновых перемычек и разделительной дамбы озера Сасык-Сиваш.

Сточные воды и твердые отходы при производстве соли поваренной зерновой и соли морской отсутствуют. Следовательно, производство соли поваренной зерновой и соли морской является безотходным. [7]

## **1.2. Применение соли морской**

Ванны с добавлением соли морской активно применяют в санаторно-курортных комплексах и оздоровительных СПА – центрах. Соль морская активизируют кровообращение, ускоряют обменные процессы и восстанавливают защитные силы организма, расслабляет мышцы, которые ускоренно восстанавливаются после физических нагрузок.

После принятия ванны на теле образуется так называемый «солевой плащ», который обволакивает тело, усиливая защиту от свободных радикалов, потери влаги и вредных веществ, содержащихся в воздухе.

**Соли магния и соли калия:** магний наряду с натрием и калием является жизненно необходимым макроэлементом, без него невозможно проведение нервного импульса по нервным волокнам, сокращение сердца, сокращение мышц, регуляция артериального давления. Нарушается свертывание крови, аппетит, могут появиться тошнота и рвота и другие нарушения. Для того чтобы магний мог поступить в организм, он должен быть в составе соли. Магния сульфат используется в соли для ванн, в таком виде практически незаменим

**Соли брома:** анионы брома адсорбируются кожей. В коже образуется депо этих вещества, в котором сосредоточивается 85—95 % от их количества, поступившего в организм из ванны. Депонированные вещества постепенно (от нескольких часов) захватываются кровью и выводятся из организма почками и при отшелушивании эпидермиса. Соли брома обладают выраженными успокаивающими свойствами, отмечается снижение раздражительности, уменьшение головных болей и улучшение сна.

Блокируя проведение нервных импульсов в коже, ионы брома вызывают ослабление болевой и тактильной чувствительности. В меньшей степени начинают ощущаться зуд и жжение, обусловленные аллергическими реакциями. Благодаря отложению солей в дерме, этот эффект сохраняется в течение длительного времени после завершения терапии [11].

Соль морская используется:

- В косметологии для приготовления косметических средств (крема, мыла, солевых растворов). Соль тонизирует кожу и выравнивает тон, избавляет от целлюлита, напитывают ткани различными минералами,
- обеззараживают и облегчают состояние при экземе, дерматите, псориазе, нейродермите и других кожных заболеваниях.
- В стоматологии для приготовления зубной пасты, помогающей предотвратить разрушающее действие зубного налета, который вызывает кариес, потемнение эмали, кровоточивость десен
- Для кожи: чтобы улучшить состояние кожи, можно принимать ванну с солью. После солевых ванн кожа выглядит свежей, нежной и сияющей, становится более упругой и эластичной.
- Для волос и ногтей: благодаря усилению кровообращения в коже головы волосяные луковицы получают больше питательных веществ, а значит, волосы меньше выпадают и быстрее растут. То же самое касается и ногтей, которые перестают слоиться и ломаться. Для их укрепления можно устраивать специальные ванночки из расчета 50–100 г соли на 10 л воды.
- Реабилитация после травм мышц, костей и сухожилий.

## РАЗДЕЛ 2. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследование заключалось в изучении и обобщении материалов по получению соли морской на действующем производстве и определением оптимального режима упаривания рапы для осаждения солей магния, калия, брома.

По результатам изученных материалов технологии производства соли морской и испарения рапы на стадиях ее получения установлено, что выделение солей магния, калия, брома в осадок может быть достигнуто при более глубокой степени упаривания рапы плотностью 1,30т/м<sup>3</sup>. [5], [9]

При увеличении плотности рапы соответственно увеличивается концентрация солей магния, калия, брома в испаряемой рапе, но при этом снижается ее испаряемость (т.е процесс испарения удлиняется во времени). Поэтому нами было предложено 3 режима испарения рапы с регулируемыми параметрами, обеспечивающими выделение солей магния, калия, брома в осадок.

- плотность рапы,
- высота налива рапы в бассейне

При этом мы исключили климатические параметры, которые невозможно регулировать при проведении эксперимента в природных условиях.

- температуры воздуха
- влажности воздуха
- скорости ветра

### *1-й этап*

Определение интенсивности испарения проводилось нами в лаборатории «ГУ НПП РК «Крымская ГГРЭС». Испарение рапы плотностью 1,30т/м<sup>3</sup> проводилось в стеклянных кристаллизаторах, помещенных в воздушный термостат при t=25 °С. Интенсивность испарения поддерживалась максимально близкой к условиям производства. Мерой интенсивности испарения ( $M_{и}$ ) принята высота слоя испарившейся воды ( $H_{в}$ ), отнесенная к 1 см высоты слоя испаряющейся рапы/ $H_{р}$ [9]

$$M_{и} = H_{в} / H_{р}$$

Рапа плотностью 1,30т/м<sup>3</sup> испарялось в 3-х кристаллизаторах с уровня налива ( $H_{р}$ ) 3 см, 2см, 1см, в течение 3суток. Через 3-е суток замерен уровень испарившейся рапы в 3х кристаллизаторах. Результаты исследования представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1

Кристаллизаторы	Высота налива рапы ( $H_{р}$ )/см	Высота слоя испарившейся воды ( $H_{в}$ )/мм	Интенсивность испарения $M_{и}$ мм/см
№1	3	3,0	1,0
№2	2	3,5	1,7
№3	1	4,0	4,0

По результатам исследований, представленных в таблице 2.1. установлено, что при снижении уровня налива рапы, интенсивность испарения увеличивается. Следовательно, при упаривании рапы в стеклянных кристаллизаторах с различной высотой налива установлено, чем ниже уровень налива, тем интенсивнее она испаряется.

При переносе эксперимента в действующее производство были приняты уровни налива:

- в 1-ом режиме испарения - 15 см
- во 2-ом режиме - 10 см
- в 3-ем режиме - 5 см

В 1-ом режиме испарения уровень налива рапы 15 см принят по аналогии с действующим производством, во 2-ом и 3-ем режимах уровень налива рапы принят пропорционально уровням эксперимента - 10 см и 5 см соответственно.

### ***2-ой этап***

Исследования по получению соли морской в выбранных (1,2,3) режимах упаривания проводились на Сасык–Сивашском солепромысле в солесадочном бассейне мастером по производству ПК «Галит».

Для получения соли морской выделены в солесадочном бассейне было выделено 3 участка, на которых упаривалась садочная и маточная рапа с заданными уровнями налива:

Первый участок – высота налива 15 см

Второй участок - высота налива 10 см

Третий участок - высота налива 5 см

После завершения эксперимента отобрана на анализ маточная рапа, и соль, осажденная на участках №1,2,3.

### ***3-ий этап***

Лабораторные исследования по определению состава соли, осажденной на участках 1,2,3 и маточной рапы, проводились нами в химико – аналитической лаборатории ГУ НПП РК «Крымская ГГРЭС» в сентябре-октябре 2022 года.

Исследования проводились по следующим показателям:

- Измерение плотности рапы – ареометром
- Определение влажности соли
- Определение насыпного веса
- Определение кальция
- Определение магния
- Определение хлора
- Определение сульфат иона
- Определение брома

1. Плотность рапы измерена ареометром. Рапу помещают в цилиндр при температуре жидкости 20<sup>0</sup>С, осторожно опускают в нее чистый сухой ареометр. Погружать ареометр в жидкость следует осторожно, не выпуская его из рук до тех пор, пока не станет очевидным, что он плавает. При этом ареометр должен находиться в центре цилиндра и ни в коем случае не касаться стенок и дна сосуда. Отсчет показаний производят по делениям шкалы ареометра по нижнему мениску жидкости через 3-4 мин после

погружения. После определения ареометр моют, вытирают и убирают в специальный футляр. [10]

## 2. Определение влажности соли [10]



Рис 2.1.-2.2. Определение влажности соли

*Сущность метода:*

- отобрать навеску соли - 1,246г
- поставить на подложку влагомера AMD MX-50
- нажать кнопку START
- сушка при температуре 150<sup>0</sup> С в течении 5 минут
- определена навеска соли после сушки – 1,184г
- влажность соли - 5%

## 3. Определение насыпного веса соли [10]

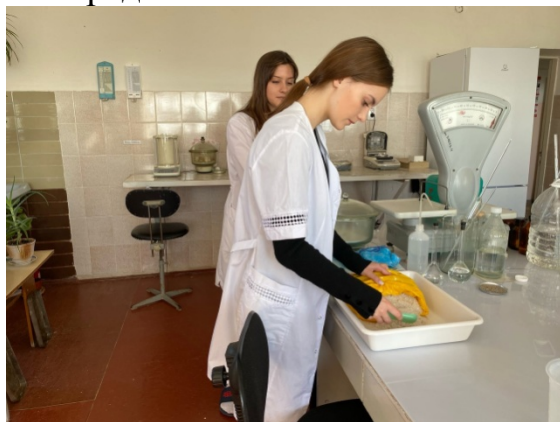


Рис 2.3. Определение насыпного веса соли

В мерный стакан объемом 1,0 дм<sup>3</sup> насыпаем соль до метки. Соль высыпаем в предварительно взвешенную чашу и взвешиваем. Насыпной вес соли составил- 0,95кг/дм<sup>3</sup>

## 4. Определение кальция – комплексонометрический метод. [10]

Соль измельчили, навеску соли растворили. Раствор отобрали на анализ.



Рис 2.4. Определение кальция

*Сущность метода:* кальций титруют в щелочной среде (рН 12) раствором трилона Б с индикатором мурексидом.

Метод применяют при определении массовой концентрации кальция от 20 мг/дм<sup>3</sup> и более. Нижний предел обнаружения составляет 3,0 мг/дм<sup>3</sup>. При обработке результатов учитывается объем раствора трилона Б.

При проведении анализа использовали: колбы конические вместимостью 250 см<sup>3</sup>. Колбы мерные вместимостью 100, 250 см<sup>3</sup>. Пипетки с делениями вместимостью 5 и 10 см<sup>3</sup>. Пипетки без делений вместимостью 25 см<sup>3</sup>.

Объем исследуемого раствора помещают в коническую колбу, добавляют 90-100 см<sup>3</sup> дистиллированной воды, 2 мл раствора гидроксида натрия, 0,2-0,3 г мурексида и титруют раствором трилона Б до перехода окраски из розово-красной в фиолетовую.



Рис. 2.5.-2.6. Определении массовой концентрации кальция  
Массовую концентрацию кальция X, мг/дм<sup>3</sup>, вычисляют по формуле:

$$X = \frac{V_1 \cdot 0,0010 \cdot 1000 \cdot 1000}{V},$$

где  $V_1$ , — объем раствора трилона Б, израсходованный на титрование, см<sup>3</sup>;  
**0,0010** — масса кальция, эквивалентная массе трилона Б в 1 см<sup>3</sup> раствора с

молярной концентрацией эквивалента 0,05 моль/дм<sup>3</sup>, г;

$V$  — объем исследуемого раствора, взятый для анализа.

#### 5. Определение магния. Комплексонометрический метод. [10]

Соль измельчили, навеску соли растворили. Раствор отобрали на анализ.  
*Сущность метода:* сумму кальция и магния титруют раствором трилона Б в присутствии аммонийно-аммиачного буферного раствора pH (9-10) с индикатором-хромогеном черным.

При проведении анализа использовали: колбы конические вместимостью 250 см<sup>3</sup>. Колбы мерные вместимостью 100, 250 см<sup>3</sup>. Пипетки с делениями вместимостью 5 и 10 см<sup>3</sup>. Пипетки без делений вместимостью 25 см<sup>3</sup>.



Рис. 2.7. Определение магния

Массовую концентрацию магния  $X$ , мг/дм<sup>3</sup>, вычисляют по формуле

$$X = \frac{(V_2 - V_1) \cdot 0,0006 \cdot 1000 \cdot 1000}{V},$$

$V_1$  — объем раствора трилона Б, израсходованный на титрование кальция;

$V_2$  — объем раствора трилона Б, израсходованный на титрование кальция и магния, см<sup>3</sup>;

**0,0006** — масса магния, эквивалентная массе трилона Б в 1 см<sup>3</sup> раствора с молярной концентрацией эквивалента 0,05 моль/дм<sup>3</sup>, г;

$V$  — объем исследуемого раствора, взятый для анализа, см<sup>3</sup>.

#### 6. Определение хлора. При проведении анализа использовали титриметрический метод. [10]

Соль измельчили, навеску соли растворили. Раствор отобрали на анализ.

*Сущность метода:* хлориды титруют раствором азотнокислого серебра в присутствии хромовокислого калия в качестве индикатора.

Объем исследуемого раствора, содержащий 5,0 мг хлоридов, помещают в коническую колбу, добавляют 90-100 мл дистиллированной воды, 1 мл раствора хромовокислого калия и титруют раствором азотнокислого серебра до перехода окраски из лимонно-желтой в оранжево-желтую.



Рис. 2.8. Определение хлора

Массовую концентрацию хлоридов, мг/дм<sup>3</sup>, вычисляют по формуле

$$X = \frac{V_1 \cdot K \cdot 0,0035 \cdot 1000 \cdot 1000}{V},$$

где  $V_1$  — объем раствора азотнокислого серебра, израсходованный на титрование, см<sup>3</sup>;

$K$  — поправочный коэффициент к раствору азотнокислого серебра;

**0,0035** — масса хлоридов, эквивалентная массе азотнокислого серебра в 1 см<sup>3</sup>

$V$  — объем исследуемого раствора, взятый для анализа.

7. Определение сульфат иона. При проведении анализа использовали гравиметрический метод. [10]

Навеску соли измельчили, растворили в воде. Раствор соли отобрали на анализ, предварительно прогрели.

*Сущность метода:* сульфаты осаждают раствором хлористого бария. Осадок сульфата бария отделяют фильтрованием, промывают, прокалывают в муфельной печи и взвешивают. Метод применяют при определении массовой концентрации сульфатов от 80 мг/дм<sup>3</sup> и более.

При проведении анализа использовали:

- весы технические
- плитка электрическая
- муфельная печь
- тигли фарфоровые

Массовую концентрацию сульфатов  $X$ , мг/дм<sup>3</sup>, вычисляют по формуле

$$X = \frac{(m_1 - m_2) \cdot 0,4115 \cdot 1000 \cdot 1000}{V},$$

где

$m_1$  - масса тигля с осадком, г;

$m_2$  - масса тигля, г;

**0,4115**-коэффициент для пересчета массы сернокислого бария на массу сульфатов;

**V**- объем исследуемого раствора, взятый для анализа, см<sup>3</sup>

8. Определение брома. При проведении анализа использовали иономер-потенциометр пХ-150-МИ. Навеску соли измельчили, растворили в воде. Раствор соли отобрали на анализ. Проведение анализа заключалось в титровании раствора соли азотнокислым серебром в кислой среде с добавлением индикатора



Рис. 2.8. Определение брома



Рис. 2.9.-2.10. Обработка результатов.

Все лабораторные работы проведены нами в химико - аналитической лаборатории ГУ НПП РК «Крымская ГГРЭС» согласно типовых методик.

Фактически выполняемые лабораторные работы заключались в механическом объединении разных компонентов и не предполагали контакта с вредными и опасными веществами.

### РАЗДЕЛ 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В результате проведенного эксперимента получены образцы соли, выделенной в осадок при упаривании садочной и маточной рапы в интервале испарения в трех режимах.

**1-й режим** -упаривание

-садочной рапы от плотности 1,22г/м<sup>3</sup>,  
-маточной рапы от плотности 1,24г/м<sup>3</sup>,  
уровень налива рапы в бассейне -15 см

**2-й режим** -упаривание

-садочной рапы от плотности 1,22г/м<sup>3</sup>,  
-маточной рапы от плотности 1,24г/м<sup>3</sup>,  
уровень налива рапы в бассейне-10 см

**3-й режим** -упаривание

-садочной рапы от плотности 1,22г/м<sup>3</sup>,  
-маточной рапы от плотности 1,24г/м<sup>3</sup>,  
уровень налива рапы в бассейне -5см

**Состав садочной и маточной рапы 1-й режим**

Таблица 3.1

	Плотность г/м <sup>3</sup>	Концентрация %							
		Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	CaSO <sub>4</sub>	NaCl	MgSO <sub>4</sub>	MgCl <sub>2</sub>	MgBr <sub>2</sub>	KCl	Сумма солей
Садочная рапа	1,22	0,051	0,04	21,41	2,09	3,34	0,058	0,51	27,49
Маточная рапа от производства соли поваренной зерновой	1,24	-	0,03	15,61	4,38	7,23	0,133	1,17	28,63
Маточная рапа от производства соли морской	1,30	-	-	6,02	8,62	14,89	0,261	2,16	32,16

**Состав соли**

Таблица 3.2

	Нерастворимость Вещества мг/кг	Влажность %	Содержание %				
			NaCl	Mg SO <sub>4</sub>	Ca SO <sub>4</sub>	KCl	MgBr <sub>2</sub>
Соль морская	0,03	5,0	91,0	1,90	0,07	-	-

**Состав садочной и маточной рапы 2-й режим**

Таблица 3.3

	Плотность г/м <sup>3</sup>	Концентрация %							
		Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	CaSO <sub>4</sub>	NaCl	MgSO <sub>4</sub>	MgCl <sub>2</sub>	MgBr <sub>2</sub>	KCl	Сумма солей
Садочная рапа	1,22	0,051	0,04	21,41	2,09	3,34	0,058	0,51	27,49
Маточная рапа от производства соли поваренной зерновой	1,24	-	0,03	15,61	4,38	7,23	0,133	1,17	28,63

Маточная рапа от производства соли морской	1,32	-	-	2,87	6,97	20,72	0,368	2,96	34,17
--	------	---	---	------	------	-------	-------	------	-------

**Состав соли**

Таблица 3.4

	Нерастворимость вещества мг/кг	Влажность %	Содержание %				
			NaCl	Mg SO <sub>4</sub>	Ca SO <sub>4</sub>	KCl	MgBr <sub>2</sub>
Соль морская	0,03	5,0	92,0	4,25	-	-	-

**Состав садочной и маточной рапы 3-й режим**

Таблица 3.5

	Плотность Г/М <sup>3</sup>	Концентрация %							
		Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	CaSO <sub>4</sub>	NaCl	MgSO <sub>4</sub>	MgCl <sub>2</sub>	MgBr <sub>2</sub>	KCl	Сумма солей
Садочная рапа	1,22	0,051	0,04	21,41	2,09	3,34	0,058	0,51	27,49
Маточная рапа от производства соли поваренной зерновой	1,24	-	0,03	15,61	4,38	7,23	0,133	1,17	28,63
Маточная рапа от производства соли морской	1,34	-	-	1,32	4,46	18,96	0,350	0,66	35,58

**Состав соли**

Таблица 3.6

	Нерастворимость вещества мг/кг	Влажность %	Содержание %				
			NaCl	Mg SO <sub>4</sub>	Ca SO <sub>4</sub>	KCl	MgBr <sub>2</sub>
Соль морская	0,03	5,0	96,0	6,85	-	1,36	0,08

По результатам выполненных исследований установлено, что в составе **соли морской** (табл. 3.2, 3.4, 3.6), полученной в

- в 1-ом режиме испарения при уровне налива рапы в бассейне – 15см содержания магния в пересчете на MgSO<sub>4</sub> составил – 1,90%

- во 2-ом режиме испарения при уровне налива рапы в бассейне – 10см. содержания магния в пересчете на MgSO<sub>4</sub> составил – 4,25%. Наблюдается увеличение содержания иона магния.

- в 3-ем режиме испарения при уровне налива рапы в бассейне – 5см. содержания магния в пересчете на MgSO<sub>4</sub> составил – 6,85%

содержания калия в пересчете на KCl составил – 1,36%

содержания брома в пересчете на MgBr<sub>2</sub> составил – 0,08%

Содержание солей магния, калия, брома в **маточной рапе** от производства соли морской (табл. 3.1, 3.3, 3.5):

- 1-ом режиме испарения составит:

- MgSO<sub>4</sub> – 8,62%

- KCl – 2,16%
  - MgBr<sub>2</sub> - 0,26%
- во 2-ом режиме испарения составит:
- MgSO<sub>4</sub> – 6,97%
  - KCl – 2,96%
  - MgBr<sub>2</sub> - 0,368%
- в 3-ем режиме испарения составит:
- MgSO<sub>4</sub> – 4,46%
  - KCl – 0,66%
  - MgBr<sub>2</sub> - 0,35%

Таблица 3.8

	MgSO <sub>4</sub> %		KCl %		MgBr <sub>2</sub> %	
	Соль морская (твердая фаза)	Маточная рапа (жидкая фаза)	Соль морская (твердая фаза)	Маточная рапа (жидкая фаза)	Соль морская (твердая фаза)	Маточная рапа (жидкая фаза)
1-й режим	1,90	8,62	-	2,16	-	0,26
2-й режим	4,25	6,97	-	2,96	-	0,368
3-й режим	6,85	4,46	1,36	0,66	0,08	0,35

Из таблицы 3.8. видно, что III-ем режиме упаривания садовой рапы, плотностью 1,22-1,34т/м<sup>3</sup> и маточной рапы плотностью 1,24-1,34т/м<sup>3</sup> при уровне налива рапы в бассейне 5 см., получена наиболее качественная морская соль с большим процентным содержанием солей магния, калия, брома, чем в 1-ом и 2-ом режимах.

Содержание солей магния калия и брома в составе соли морской от исходного содержания ее в упариваемой садовой рапе было рассчитано по формуле

Содержание компонентов (М) в соли морской

$$M = \frac{M_T \times 100\%}{M_T + M_J}$$

где:  $M_T$  – содержание соли в твердой фазе (соль морская) %;

$M_J$  – содержание соли в жидкой фазе (маточная рапа) %;

(данные были взяты из таблицы 3.8)

Таблица 3.9

компоненты	1-ый режим испарения	2-ой режим испарения	3-ий режим испарения
Соли магния	8,0%	40,0%	60,0%
Соли калия	0,0%	0,0%	50,0%
Соли брома	0,0%	0,0%	19,0%

## ВЫВОДЫ

1. В представленной работе исследована возможность получения соли морской состава, приближенного к составу морской воды, включающего соли магния, калия, брома.

2. По результатам выполненных исследований установлено, что в 3-ем режиме упаривания садочной рапы плотностью 1,22-1,34т/м<sup>3</sup> и маточной рапы плотностью 1,24-1,34т/м<sup>3</sup> при уровне налива рапы в бассейне – 5см получена наиболее качественная морская соль. Она включает основные компоненты, содержащиеся в воде Черного моря - соли магния, калия, брома.

3. В 1-ом режиме испарения - содержание соли магния (MgSO<sub>4</sub>) в соли морской составило 18% от исходного содержания ее в садочной и маточной рапе.

Во 2-ом режиме испарения - содержание соли магния (MgSO<sub>4</sub>) в соли морской составило 40% от исходного содержания ее в садочной и маточной рапе.

В 3-ем режиме испарения – содержание в соли морской соли магния (MgSO<sub>4</sub>) составило 60%, соли калия (KCl) – 67%, соли брома (MgBr<sub>2</sub>)- 19% от исходного содержания ее в садочной и маточной рапе.

Следовательно, соль морская, полученная в 3-ем режиме упаривания обладает наиболее многофункциональным диапазоном воздействия на организм человека при использовании ее для приема:

- Лечебных ванн
- в галокамерах (соляных)
- в косметологии

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследования по выделению солей магния, калия, брома проводились на Сасык – Сивашском солепромысле в солесадочном бассейне по технологии получения соли морской на действующем производстве.

Маточная рапа плотностью  $1,24 \text{ т/м}^3$  после производства соли поваренной зерновой и маточная рапа плотностью  $1,30 \text{ т/м}^3$ ,  $1,32 \text{ т/м}^3$ ,  $1,34 \text{ т/м}^3$  после производства соли морской передаются на производство соли морской в следующем испарительном сезоне, где используется в качестве сырья.

Остатки соли поваренной зерновой и соли морской в бассейнах после ее уборки растворяются атмосферными осадками и полученные размывные рассолы перекачиваются в запасную систему с последующим использованием в следующем испарительном сезоне для производства соли поваренной зерновой и соли морской.

Остатки солей кальция, полученные при подготовке садочной рапы, извлекаются при чистке бассейнов подготовительной системы и используются в качестве строительного материала при ремонте бассейновых перемычек и разделительной дамбы озера Сасык-Сиваш.

Сточные воды и твердые отходы при производстве соли поваренной зерновой и соли морской отсутствуют. Следовательно, производство соли поваренной зерновой и соли морской является безотходным.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сборник работ Государственного ордена трудового красного знамени института прикладной химии, Ленинград, 1948г
2. Кунаков Н.С соляные озера Крыма, Москва АН СССР, 1936г
3. Здановский А.Б Галургия, Ленинград, издательство химия 1972г
4. Основа гидрохимии, Гидрометеиздат, г Калининград 1956г
5. Проект разработки соли на участке Сасык-Сивашского месторождения «Галит» в Сакском районе Республики Крым, г. Есентуки ООО НПП «Кавказпроект» 2016
6. Технологический регламент сырьевой базы Сасык-Сивашского солепромысла ПК Галит 2017г
7. Технологический регламент производства соли морской ПК Галит 2017г
8. Технологический регламент производства соли поваренной зерновой ПК Галит 2017г
9. «Отчет изучения процессов испарения рапы различной плотности» г Саки Научная часть объединения «Йодобром» 1995г
10. ГОСТ26449.1-85 Методы химического анализа соленых вод 1985г
11. «Соляные ванны» Владимирский Е.В., Лаптев Е.Г., Владимирская М.В. Руководство для врачей г. Пермь 2018г

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### Приложение А

#### Схема получения соли поваренной зерновой и соли морской

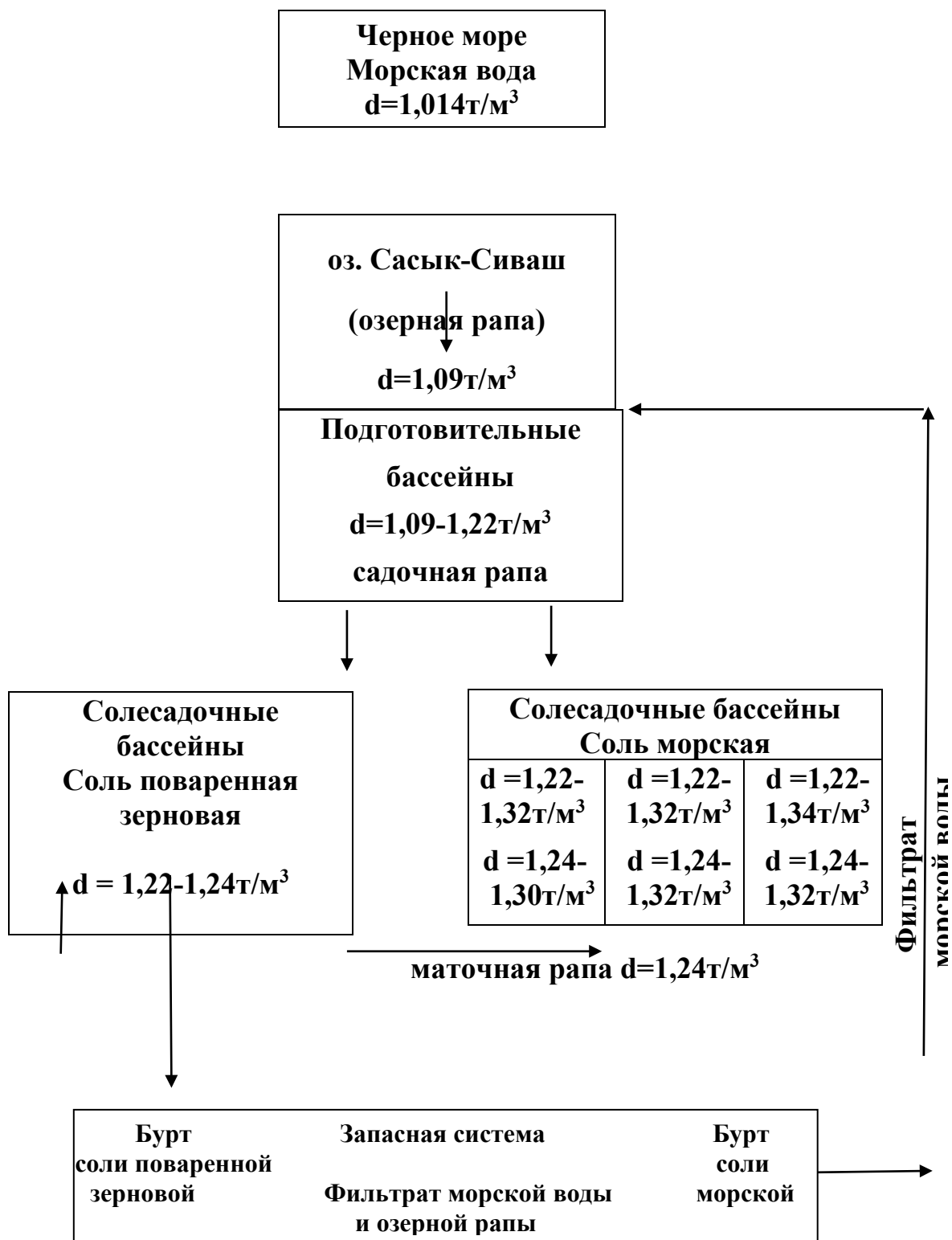


Рис 2. Схема получения соли поваренной зерновой и соли морской

## Состав морской воды на стадиях ее концентрирования

Таблица 1

Водоем	Плотность г/м <sup>3</sup>	Концентрация кг/м <sup>3</sup>							
		Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	CaSO <sub>4</sub>	NaCl	MgSO <sub>4</sub>	MgCl <sub>2</sub>	MgBr <sub>2</sub>	KCl	Сумма солей
Черное море	1,014	0,27	0,59	14,7	1,22	1,62	0,03	0,41	18,84
Озеро Сасык-Сиваш	1,09	0,34	4,91	99,08	9,37	15,04	0,27	2,51	131,52
Садочная рапа	1,22	-	0,49	261,2	25,50	40,75	0,71	6,22	354,87
Маточная рапа (от соли поваренной зерновой)	1,24	-	0,05	193,56	54,31	89,65	1,65	14,51	353,73

