

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

ТАШКЕНТСКИЙ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

На правах рукописи

ТУРЕМУРАТОВА АЛЬФИЯ ШАРИВАЕВНА

**Изучение химического и минералогического состава солевых отложений
Аральского моря и разработка технологии их переработки**

5А320401-«Химическая технология неорганических веществ»

Диссертация на получение академической степени магистра

Научный руководитель:
д.т.н., профессор Эркаев А.У.

Ташкент-2014

ОГЛАВЛЕНИЕ

	ВВЕДЕНИЕ	3
ГЛАВА I	ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР	8
1.1	Исторические сведения об Аральском море	8
1.2	Минералогия соляных месторождений Узбекистана и сопредельных территорий	16
1.3	Результаты исследований физико-химических свойств Аральской воды	36
	Заключение к литературному обзору	45
ГЛАВА II	ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И МЕТОДЫ	46
2.1	Методы химического и физико-химического анализа	46
2.2	Физико – химические методы анализов.	47
ГЛАВА III	ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ	50
3.1	Современное состояние Аральского моря	50
3.2	Распределение солей в подземных водах и осушенной поверхности	52
3.3	Изображение на диаграммах циклических и периодических физико – химических процессов, происходящих в рассолах Аральского моря.	66
3.4	Минералогический состав солевых отложений дна Аральского моря	75
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	81
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	83

В ВЕДЕНИЕ

Аральское море в 1958 г при среднем уровне имело площадь, равную 68550 км². При наивысшем она достигала 69670 км², а при наименьшем - 67300 км². Средняя глубина моря - 16,4 м, наибольшая - 69,5 м. При среднем уровне объём моря составлял 1122 км³, при максимальном - 1153 км³, а при минимальном - 1087 км³. Длина - 428 км, наибольшая ширина - 284 км. Островов на Аральском море довольно много, общая их площадь равна 1276 км² (В. Л. Шульц, 1958 г.). Стоки с полей в среднем и нижнем течении Сырдарьи и Амударьи стали причиной отложений из пестицидов и различных других сельскохозяйственных ядохимикатов, появляющихся местами на площади 59,31 тыс. км² бывшего морского дна, покрытого солью. Пыльные бури ежегодно выносят 43 миллиона тонн солей из бассейна Аральского моря на расстояние до 500 км. Бикарбонат, хлорид и сульфат натрия переносятся по воздуху и уничтожают или замедляют развитие естественной растительности и сельскохозяйственных культур и оседают на площади 1,5 – 2,0 млн/км², нанося значительный ущерб близко расположенным аграрным регионам. Местное население страдает от большой распространённости респираторных заболеваний, анемии, рака горла и пищевода, а также расстройств пищеварения. Участились заболевания печени и почек, глазных болезней [1-4].

Актуальность темы. ООН признала, что исчезновение Аральского моря – одна из крупнейших экологических катастроф последнего времени. Главы государств Центральной Азии в 1993 году создали Международный Фонд спасения Арала (МФСА) [4]. Таким образом, анализ исторические данные об Аральском море и установления взаимосвязи распределении на сегодняшний день солей в подземных водах, осушенный поверхности и морской воде является актуально.

Изменения окружающей среды, происходящие в настоящее время, оказывают огромное влияние на жизнь человечества. Естественные

изменения окружающей среды, наряду с антропогенными, являются мощным фактором, определяющим будущее развитие общества. Прогнозирование изменений климата, эрозии почв, эволюции биосферы в целом на несколько десятилетий в будущее должно базироваться на тенденциях и закономерностях происходивших в геологическом прошлом, а в особенности - в последние несколько тысяч лет. Реконструкция изменений, происходивших в различных оболочках Земли в прошлом - одна из актуальнейших проблем сегодняшнего дня. Одним из важных источников информации при осуществлении подобных палеорекоkonструкций являются донные отложения современных внутриконтинентальных водоемов. Интерес к отложениям современных озер как к архивам недавних в геологическом масштабе времени изменений окружающей среды объясняется тем, что эти объекты можно обнаружить на всех континентах в различных физико-географических условиях. Сюда можно добавить ряд неоспоримых преимуществ донных отложений: достаточно высокая скорость накопления, позволяющая получать хорошую разрешенность записи вариаций параметров, используемых при палеорекоkonструкциях; минимум постседиментационных изменений донных отложений, гарантирующий высокую достоверность извлекаемой информации; высокая восприимчивость свойств донных отложений к изменениям окружающей среды. Донные отложения современных озер в процессе формирования достаточно тонко фиксируют изменения, происходящие в верхних оболочках Земли.

Процессы осадконакопления в озерах происходят при наложении множества факторов, приводящих к многообразию фациальных условий и неравномерному распределению донных осадков. Данные батиметрии, гидрологические наблюдения в подавляющем большинстве случаев не могут ответить на вопросы фациального распределения осадков. Предварительный отбор проб и классические методы их анализов позволяют получить только точечную или одномерную, по отношению ко всему бассейну, информацию.

Наиболее полное осуществление палеореконструкций на основе изучения всего седиментационного бассейна может быть реализовано при сейсмоакустических исследованиях изучаемых водоемов. Сейсмоакустика в этом случае представляет собой мощный инструмент, позволяющий получить принципиально новые данные о генезисе озерных котловин, пространственных характеристиках донных отложений водоемов. В комплексе с другими палеоонтологическими данными (абсолютное датирование осадков, литология осадков, палеобиологические исследования) результаты сейсмоакустических исследований позволяют надежно реконструировать историю развития внутри-континентальных водоемов, а следовательно - историю изменений окружающей среды [5-11].

Изученность проблема. Несмотря на самоотверженные усилия целого ряда ученых и научных коллективов и неослабевающий интерес к этой проблеме во всем мире, поток научной информации об Арале, некогда прекрасно обеспеченным данными наблюдений, в целом значительно снизился за последние двадцать лет. А ведь именно в этот период море претерпело наиболее радикальные изменения. Виной тому физическая труднодоступность моря в его нынешних границах, далеко ушедших от населенных пунктов и дорог. О многом могут рассказать приборы на искусственных спутниках Земли, ежедневно наблюдающие Арал. Но далеко не обо всем – ведь космические аппараты видят только поверхность воды, а многие секреты современного Арала, ключи к пониманию его поведения скрыты в его соляных глубинах. Начиная с 2002 года Институт океанологии имени П.П. Ширшова РАН в сотрудничестве с Гидрометцентром РФ и рядом научных организаций Узбекистана и Казахстана, а с 2012 года с Ташкентским химико-технологическим институтом, Гидрометцентром РУз и рядом научных организаций республики регулярно проводятся комплексные исследования. Только Ташкентским химико – технологическим институтом проведены в 2013 году три экспедиции на Аральское море, которые будут продолжены.

Целью данной работы является изучение физико – химических свойств и минералогического состава солевых отложений на основе исследований разрезов донных отложений Аральского моря (Узбекистан) и взаимосвязи распределении солей в подземных водах, осушенный поверхности и морской воде с климатическим и сезонными факторами.

Задачи исследований. Из указанной цели возникает необходимость решения следующих задач:

- анализ исторических данных об Аральском море;
- количество и состав солевых отложений в эволюции Аральского моря в донных отложениях восточной и западной котловины;
- получение и обработка образцов современных водоемов Арала;
- периодичность физико – химических процессов, происходящих в рассолах Аральского моря;
- физико – химический анализ солевых отложения.

Научная новизна. Новым в работе является установлено взаимосвязи распределения солей в подземных водах, осушенный поверхности и морской воде с климатическим и сезонными факторами.

Защищаемые положения.

- основные черты эволюции Аральского моря на основе анализа результатов химических и физико – химических исследований в комплексе с данными других методов;

- роль количества и состава солевых отложения в эволюции Аральского моря в донных отложениях восточной и западной котловины.

Предмет исследования. установлено взаимосвязи распределении солей в подземных водах, осушенный поверхности и морской воде с климатическим и сезонными фоторами.

Объект исследования. Морская вода, рапа, хлорид кальция, поташ, бикарбонат калия, хлорид натрия, сульфат натрия.

Практическая ценность работы: полученные результаты позволяют прогнозировать изменения окружающей среды за последние несколько тысяч

лет в регионах Аральского моря. Кроме того, полученные новые данные по водоемам можно в дальнейшем использовать для проведения детальных исследований донных отложений для решения прикладных геохимических задач - например, для подсчета запасов сапропелевых отложений, которые являются ценным лечебным и агросырьем.

Апробация. Результаты исследований были доложены на научно-практической конференции магистров Ташкентского Химико-технологического Института в 2014г.

Объем и структура работы. Диссертация состоит из введения, трёх глав, заключения, списка использованной литературы. Работа изложена на 89 страницах компьютерного текста, включает 16 рисунков и 24 таблиц. Список использованной литературы состоит из 72 наименований.

Материально техническая база научных исследований. Работа выполнялась в лаборатории кафедры «ХТНВ» Ташкентского Химико-технологического Института, оснащенной всем необходимым оборудованием для выполнения экспериментов по данной тематике.

ГЛАВА I. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

1.1. Исторические сведения об Аральском море

Уникальное Аральское море - это озеро, расположенное на Туранской низменности, платформе. По геологической истории оно намного моложе Каспийского моря. Образовалось в период неогена в виде безводной тектонической впадины. В антропогене впадина впервые заполнилась водой. За это время через Узбой (старое русло Амударьи) впадина несколько раз соединялась и разъединялась с Каспийским морем. Возраст современного Аральского моря всего 8-10 тысяч лет. До середины прошлого века Арал был четвертым по размеру внутренним водоемом планеты, уступая лишь Каспийскому морю, озеру Верхнему (крупнейшему из Великих озер Северной Америки) и озеру Виктория в Африке. Море, вмещавшее тогда свыше тысячи кубических километров воды, было солоноватым – соленость его была около 10 промилей, то есть более чем втрое ниже, чем средняя соленость вод Мирового океана. Экосистема Арала включала сотни видов морской фауны и флоры. Присутствие крупного водоема оказывало смягчающее влияние на климат, что превращало Приаралье в своего рода оазис среди пустыни. Но вначале 1960-х море начало стремительно отступать.

Аральское море расположено в пределах Узбекистана и Казахстана в северной части пустынных областей Центральной Азии между 43°28' и 46°52' С.Ш. и 58°4' и 61°56' в.д. от Гринвича. Название «Аральское море» - от слова «Арал» связывают с тем, что громадный бассейн лежит островом среди безводных пустынь Туранской низменности. Акватория Аральского моря на западе ограничена обрывистыми чинками? обширного, протягивающегося до Каспийского моря, плато Устюрт, возвышающегося над уровнем Арала на 100 - 200 м. На юге располагается равнинное пространство современной и древней дельты Амударьи, южнее переходящее в барханные песчаные массивы Зангузских Каракумов. На

востоке граничит с Кызылкумами - пустынная равнина с общим уклоном в сторону моря. На севере и северо-западе береговая линия акватории ограничивается барханными песками предгорий Мугоджар [8. 13].

Что касается происхождения Аральского моря, то нет единого мнения, большинство исследователей считают, что неогеновый период в результате мощных тектонических движений на территории Средней Азии в центре Туранской низменности сформировались три глубокие впадины - Хорезмская, Сарыкамышская и Аральская. В этот период - Праамударья (предшественница Амударьи) текла через центр Каракумов на запад в Каспийское (Хвалинское) море.

Учеными исследователями доказано, что Амударья и Сырдарья, постоянно меняя свою трассу, эмигрировали по территории Средней Азии. Около 70 тыс. лет назад Амударья свое течение повернула на север и прорезав глубокое ущелье в районе Туямюна, достигла Хорезмской впадины, где образовалось обширное озеро. С течением времени оно, в результате отложений большого количества наносов, превратилось в плоскую равнину [14-17].

В позднем плейстоцене (10-12 тыс. лет назад) Амударья повернула свое течение на запад и достигла Сарыкамышской впадины, превратив ее в озеро. Около 4 тыс. лет назад повернула на север и потекла в огромную Аральскую впадину, в которую впадала Сырдарья.

Современный период обводнения Арала начался в первом тысячелетии до н.э., когда Амударья вместе с Сырдарьей, которая текла тогда через Жанадарью и Кувандарью, стали наполнять ее и образовали современное море. Как было сказано выше, Амударья и Сырдарья, постоянно меняя свое течение в исторический период, часто не достигали Аральского моря. Аральское море высыхало, а на его территории образовывалась пустынная местность.

Геологическая история Приаралья, предшествовавшая появлению современной акватории Аральского моря, выяснена в общих чертах, и противоречива на некоторых этапах.

Специалисты склоняются к мысли, что около 20000 лет назад ледниковый щит толщиной в 1,5 - 2 км, подобный тому, что сегодня лежит в Гренландии, в ледниковый период блокировал устья притоков Оби и притоков Енисея, побережье и шельф Карского моря, отсекая речной сток от полярного бассейна.

Его уровень рос до тех пор, пока вода не нашла новое направление стока. С запада и с востока низменность окружена горами. Но на юге через Тургайскую ложбину она соединяется с равнинами Средней Азии.

Подпрудное ледниковое озеро нащупало сток на юг и стабилизировалось на уровне Тургайских ворот, абсолютная отметка которых равна 126 м. В ложбине во время геологической съемки вскрыты песчаные осадки, характерные для широкой неторопливо текущей реки. Их возраст соответствует эпохе после ледникового оледенения.

Этот сток от Тургайских ворот мог направляться лишь к Аралу. По всей вероятности в это время море достигало максимальных размеров, и сливалось с расположенным по соседству Сарыкамышским озером. Многие специалисты склонны считать, что объединенный Арало-Сарыкамышский водоем в ледниковую эпоху сбрасывал избыток вод в Каспийское море по древнему руслу Узоя, хорошо сохранившемуся в песках до наших дней [18-22].

После окончания ледникового периода открылись северные ворота стока и подпрудный водоем прекратил свое существование, из-за этого и поступление воды из Сибири в Арал прекратилось. В это время Арал распался на несколько горько-соленых водоемов, расположенных в самой низменной части впадины. Отныне водный режим Арала стал определяться режимом двух главных рек Средней Азии: Амударьи и

Сырдарья. Считается, что котлован Аральского моря возник в среднем плиоцене.

В середине Кайназойской эры или 21 млн.1200 лет назад Арал был соединен с Каспием. Эта связь существовала до 1573 года. Амударья (Оксус) по дельте Узбой впадала в **Каспийское море**, а река Торгай - в Арал. Знаменитый греческий ученый Клавдий Птоломей, живший 1800 лет назад, в своем труде "Алмагест" (Великое строительство) создал карту мира из 27 частей. В 22-й части показаны Аральское и Каспийское моря. В ней в Каспий впадают реки Зарафшан и Амударья.

62000 лет назад **Амударья** (Окс) брала свое начало с Тянь-Шаня через Ферганские ложины. Путешественник **Марко Поло** дал ей имя "Ион". А **Сырдарья** (Яксарт) текла по ложбине, расположенной восточнее горы Кулджук нынешней Бухарской области [23-28].

С побережья Аральского моря на глубине 80 метров найдены окаменелые останки кита и красной рыбы, живших в период олигоцена. С этих мест и вблизи крепости Шылпык, что восточнее Нукуса, найдены зубы и кости акулы. Это, в свою очередь, свидетельствует о том, что Арал длительное время был связан с океаном. В различные периоды времени разные путешественники составляли карты Аральского моря. В 1758 году англичанин Дженкинсон, в 1664 году - голландец Николай Битсен, в 1723 году - Далилия, в 1734 году - Крылов, в 1741 - Муравин, в 1834 году - Лапшин. В исследование морской природы много труда вложили капитан Бутаков и Тарас Шевченко.

История Аральского моря с давних времен неясна и запутана, тем не менее, многие путешественники, исследователи и географы дают скудные сведения о его существовании. Сведения о существовании Аральского моря можно встретить в древних источниках, как в священной книге Авеста, так и в греческой и арабской письменности 742 года, а также в трудах Хорезмского ученого Аль-Беруни (1048).

Страбон (1 век до н.э.) описывает объединенное Гирканское море, упоминает о впадении в него Оксуса (Амударьи) и Яксарта (Сырдарьи). Плиний (1 век н.э.) также считает, что Каспий и Арал- это единое Гирканское море. Птолемей и Аммиан Марцеллин упоминают о впадении Оксуса в Оксомское пресное море - это может быть как Сарыкамыш, так и Арал.

В течение последующего геологического периода до наших дней происходило расчленение объединенного Аралокаспийского бассейна на его составные части и его сокращение до нынешних пределов. Самые ранние сведения об Аральском море можно найти в древних Китайских источниках (со 2 в. до н.э.) в которых упоминается выражение «Северное море» или «Западное море».

Более подробные известия мы находим у арабских географов. Впервые об Аральском море в середине X века упоминает арабский писатель Ибн-Русте. В то же время появляется первое картографическое изображение «Хорезмского моря» Истахри. Карта Истахри свидетельствует о том, что Аральское море имело в те времена те же размеры и очертания, что в начале XX века (Берг, 1908).

Первый раз относительная высота Аральского моря над Каспием была измерена барометрической экспедицией Ф.Ф.Берга в 1826 г., в другой раз -К.В.Струве и экспедицией Игнатьева в 1858 году. Если в первом случае относительная высота Аральского моря над Каспием составляла 35,7 м, то по данным К.В.Струве - 40,2 м [29-40].

Русское географическое общество (РГО) в 1874 году снарядило крупную комплексную экспедицию под руководством Н.С.Столетова. Эта экспедиция произвела точную нивелировку между Аральским и Каспийскими морями для определения разности их уровней. По определению А.А. Тилло разница уровней достигла 74 м.

Исследования А. А. Тилло завершили картографические работы, начатые А. И. Бутаковым, тем самым ими были созданы контуры картографических представлений об Аральском море.

На рубеже XIX и XX вв. интересные в историческом отношении исследования провел В.В. Бертольд. В 1902 г. он опубликовал статью «К вопросу о впадении Амударьи в Каспийское море», в где он пришел к выводу, что в средние века Аральское море исчезало. «Трудно понять, почему авторы XV в., даже наиболее осведомленные, ничего не знают об Аральском море, даже отрицают его существование и заставляют Сырдарью или сливаться с Амударьей или значительно ниже города Туркестана впитываться в пески, не соединяясь ни с какой рекой » . Может быть, действительно, в эти времена Чингиз Хан изменил поток Аму из Хивы в Каспий. Дживени Мурханд и Абдул Гази Багадур подчеркивают, что потоки Аму впадают в Каспий с 1220 и разъединены в 1575 году. «Исчезновение» Аральского моря в это время привело, по мнению авторов, к накоплению верхнего мирабилитового слоя в Малом море и гипсового в Большом, что, по-видимому, было вызвано значительным падением его уровня.

Л.С.Берг придерживается другого мнения и отмечает, что данные геологии и физической географии «категорически противоречат историческим указаниям на впадение Амударьи в Каспий» (1902). Относительно связи Аральского моря с Каспием Л.С. Берг указывает: «Нет никаких доказательств тому, чтобы в историческое время Арал мог соединиться с Сарыкамышским бассейном и Каспием или же посредством Сарыкамышского бассейна имел сток в Каспий». О до исторической связи Арала с Каспием отмечается, что в то время как уровень Каспия после трансгрессии начал понижаться, Арал, получая приток из рек и сохраняя свой постоянный уровень, сделался вследствие этого проточным речным озером, имевшим через Сарыкамышскую

котловину малый сток в Каспий. Впоследствии сток прекратился, Арал стал замкнутым озером.

В связи с начавшимся интенсивным снижением уровня Аральского моря и появлением первых опасений о возможно полном его исчезновении в будущем в начале 60-х годов начаты исследования по проблеме Арала.

С 1971 г. начинаются планомерные исследования донных, береговых (включая молодую осушку, образовавшуюся в результате катастрофического снижения уровня моря) и дельтовых осадков многочисленными научно – исследовательскими и производственными организациями. С 1976 г. в исследования по проблеме Арале включались многие коллективы Среднеазиатских республик, Казахстана и г. Москвы с целью разработки мероприятий, направленных на предотвращение негативных последствий снижения уровня моря (Рафиков, 1982; Можайцева, Некрасова, 1984; и др.) [41-50].

На основании приведенных выше исследований определены основные этапы развития акватории Аральского моря. А.С. Кесь (1969) выделяет 2 этапа в развитии Арала: 1-поздноплистоценовый, когда существовал древний Арал с высоким (до 75 м) стоянием уровня моря; 2 - позднеплистоценовый с тремя подэтапами обводнения и сокращение водоема. Между этими двумя крупными этапами обводнения был длительный субэральный период, когда на месте моря господствовала суша.

В.И. Лымаров (1967) проводил очень важные исследования и впервые выделил для акватории Арала трансгрессивные и регрессивные этапы его жизни. По его данным, трансгрессии на Арале имели место 6 - 6,5 тыс. лет назад (послехвалинская), 4 - 4,5 тыс. лет назад (древнеаральская), 2,5 - 3 тыс. лет назад – (Аральская) 1 тыс. лет назад - новоаральская, а в промежутках между ними - регрессии неолитовых, бронзовых, античных и средневековых эпох.

Ю. П. Хрустальевым, С.А. Резниковым, Д.С. Туровским (1977) рассмотрены закономерности современного и голоценового

осадконакопления в Аральском море, выделены главнейшие литологические разновидности поверхностного слоя, дана минералогическая и геохимическая характеристика донных осадков, выделено четыре трансгрессивные и три регрессивные стадии, Арала – древнеаральский, аральский, новоаральский и современный этапы его геологической истории.

Большинство исследователей (Б.В. Андрианов, А.С. Кесь, П.В.Федоров и др.) на основе геологических и исторических изысканий пришли почти к единому мнению о том, что и в происторические времена изменение уровня и солености Арала имели место вследствие изменения естественного климата. В течение влажной климатической фазы отметка уровня моря достигала максимальной величины 72 - 73 м абс, а в фазы засушливого климата уровень Арала падал, и росла степень засоления Приаралья.

А.В. Шнитников (1968), изучая обводненность Аралокаспийского бассейна, колебание уровня Каспия и Арала объясняет ритмической деятельностью солнца, что позволило ему сделать вывод о наличии вековых, многовековых и более крупных ритмов увлажненности названного региона. Он считает, в частности, что в периоды высокого стояния моря Сарыкамыш с Узбоем эти факторы служили регулирующим клапаном, через которые излишки воды Арала сливались в Каспий.

Параллельно с геолого-съемочными и поисковыми работами в Приаралье велись исследования различными геофизическими экспедициями и партиями. Обобщение геофизического и геологического материала по Каракалпакии проведено Ю.А. Федотовым (Акрамходжаев, и др., 1962). Авторы по характеру геофизических полей, глубине залегания фундамента и истории геологического развития мезо – кайнозойское время разделили на территории Каракалпакстана на две тектонические зоны – восточную, Арало Кызылкумскую, западную - Устюртскую, имеющие разный возраст складчатого фундамента. Ю.А.Федотов предложил назвать глубинный разлом, разделяющий эти зоны, «структурной линией Архангельского». Как

известно, этот разлом пересекает Аральское море в меридиональном направлении вдоль ранее установленного А.Д.Архангельским (1931) Арало-Кызылкумского вала, проходящего от Муйнака через остров Возрождения к полуострову Куланды [51-65].

1. 2. Минералогия соляных месторождений Узбекистана и сопредельных территорий

Тенардит – α NaSO_4 установлен Е.С.Либензон и Л.И.Филатовой из месторождений неогеновых солей Кушканатау и Караумбет. Тенардит – мелкокристаллический минерал с размером зерен 0,01 мм, и меньше. Скопление таких минералов кристалликов образует так называемую

Таблица 1.1-Химический состав тенардита

Компонент	Оз.Салакудук (кристаллический)	Кушканатау (пушонка)	Оз. Муллалы (пушонка)
Cl	0,44	-	2,84
CaO	-	-	1,12
MgO	-	-	0,81
Na ₂ O	43,16	43,58	36,77
CO ₃	-	0,46	0,22
SO ₃	55,02	55,55	47,40
Нерастворимый остаток	0,7	-	11,32
Сумма	99,69	99,59	100,48

“пушонку” тенардита, скелетного кружевного узора в виде псевдоморфоза по мирабилиту. В астраханитовом горизонте на месторождении Караумбет и Кушканатау встречены крупные кристаллы тенардита ромбу – дипирамидального облика размером до 4-5 см.

Пушонка тенардита белоснежная, крупнокристаллический тенардит водянок – прозрачный, бесцветный, иногда голубоватый. Блеск стеклянный,

твердость 2-3, хрупок. Спайность по (001) отчетливая, по (001) и (010) несовершенная. Удельный вес 2,69. В воде тенардит быстро растворяется. Вкус тенардита соляновато-горький.

На кривой нагревания тенардита проявляются два эндоэффекта при температурах 240 и 880⁰С, отвечающих полиморфному превращению и плавлению минерала (рис.1.1).

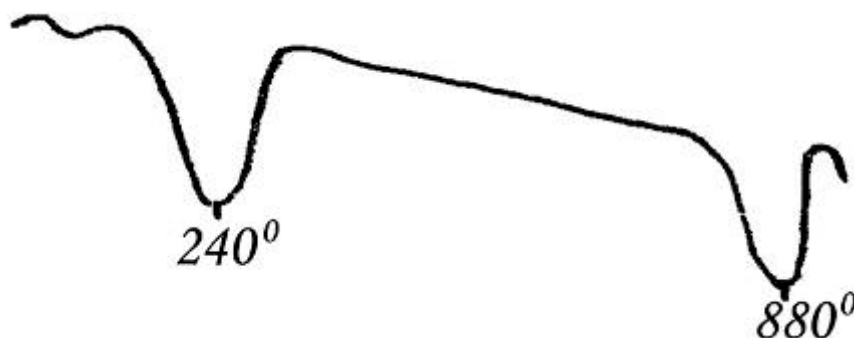


Рисунок 1.1 -Кривая нагревания тенардита

В соляных залежах современных озер тенардит образует маломощные (до нескольких сантиметров) прослой. В захороненном состоянии минерал встречается среди солевых минералов или в глинках, образуя в них одиночные хорошо окристаллизованные дипирамидальные кристалла и гнездообразные скопления (до 10 мм) тонкозернистого тенардита. Пушонка тенардита слагает пласты (мощностью до 20 см) рыхлых горизонтов на поверхности засоленных пород и верхней обезвоженной части мирабилитовых соляных залежей. С тенардитом парагенетическим связаны соляные минералы, галит, астраханит, мирабилит, глауберит, эпсомит, сода, гексагидрит и гипс.

Тенардит образуется в усыхающих соляных озерах, находящихся в бессточных впадинах. Выпадает из пересыщенной ионами Na^+ и SO_4^{2-} рапы в жаркое летнее время при температуре 30-40⁰С и выше и в результате обезвоживания мирабилита.

Глауберит – $\text{Na}_2\text{Ca}[\text{SO}_4]_2$ Глауберит встречается в современных соляных озерах Узбекистана. (Барсакелмес, Караумбет, Денгизкул, Лявлякан)

и в неогеновых ископаемых отложениях (Северо-Западная Фергана, месторождение Кушканатау). Минералогические сведения по глаубериту приводятся по данным (Рубинова, 1966; Герасимова, 1960; Слюсаревой, Филатовой; Либензон, Попова).

Глауберит представлен, хорошо ограниченными кристаллами ромбовидно-таблетчатой формы. В них преимущественно развиты грани пинокоида (001), реже кристаллами ромбической призмы. Кристаллы достигают длины 6 см, ширины 5,5 см. Отмечаются полисинтетические двойники (Камышкурган, Кушканатау). В каменной соли глауберит выделяется в виде неправильных зерен, скелетных кристаллов, зернистых и радиально-лучистых скопления (Самгар).

Минерал бесцветный или светло-желтый, с глинистыми включениями серый. Мелкие кристаллы водянопрозрачные, более крупные мутные. Блеск стеклянный, от пребывания на воздухе тускнеет и блеск становится жирным. Твердость спайность совершенная по (001) и несовершенная (110). В воде разлагается с выделением мельчайших кристалликов гипса радиально – лучистого строения.

В HCl глауберит полностью растворяется. На кривых нагревания фиксируются два эндотермических эффекта: при 520-540⁰, соответствующее разложению на CaSO₄ и NaSO₄ и при 910⁰ – плавления NaSO₄ (рис. 1.2).



Рисунок 1.2 -Плавление сульфата натрия

В современных соляных отложениях глауберит в почве соляных озер залежей. Он образует отделенные удлиненно – таблитчатые кристаллы

размером от 0,4 до 10мм. Рассеянные в рыхлой массе других солей иногда в уплотненной тенардит – астраханитовой породе.

Таблица 1.2- Химический анализ отвечает глаубериту с некоторыми примесями

Компонент	Кушканатау		Камышкурган	
	Обр. 118	Обр. 185	Обр. 190	Обр. 195
CaO	19,94	19,71	21,53	20,08
MgO	-	0,32	-	-
K ₂ O	0,06	0,25	-	-
Na ₂ O	21,84	22,57	21,49	21,87
CO ₂	-	-	0,70	-
SO ₃	56,74	55,72	56,75	57,23
Cl	-	2,03	0,42	-
H ₂ O	0,79	-	-	-
Нераств. Остаток	0,62	0,18	-	0,05
Сумма	99,99	100,84	101,05	99,23
-Cl = O ₂	-	-0,46	-0,09	
Итого		10,38	100,96	

В ископаемых солях глауберит образует вкрапленность идеоморфных кристаллов, не редки друзовпесростко, кристаллические зернистые агрегаты, прослой и линзы мощностью до 2м; прослеживаемые по простиранию более чем на 1,5 км.

Минералы паригенные глаубериту – ангидрит, гипс гидроглауберит, астраханит, полигалит, тенардит, галит, эпсомит. По трещинам и с поверхности кристаллов глауберита развиваются мелкочешуйчатый, волокнистый гипс, мирабилит и тенардит. Глауберит образуется непосредственно из сульфатных растворов.

Гексагидрат – $\text{MgSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, встречен в солончаке Айдыр, в виде белого рыхлого порошка или мелких (0,3 мм) обесцветных удлинённых кристалликов (Рубинов, 1960). Гексагидрит быстро растворяется в воде. Рентгенограмма хорошо совпадает с эталоном. Главные линии; 4,48 (10); 2,95 (9); 1,878 (8). Гексагидрит выпадает из богатой сульфатом магния рапы за эпсомитом за счет частичного обезвоживания последнего.

Эпсомит - $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, установлен в современных отложениях соляных озер, (Оз. Денгизкуль) образует корочки на галите или прорастает галит, тенардит астраханит. При осадке накоплении он выпадает из рапы после галита (Рубинов, 1966). Показатели преломления $N_g=1.461$; $N_p=1.433$

Левит – $\text{Na}_2\text{Mg}[\text{SO}_4]_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ встречен М.Н.Слюсаревой на месторождении солей Кушканатау совместно с астраханитом. Показатель преломления $N_g=1,490$ двупреломление по сравнению с астраханитом несколько повышенное. Форма зерен ромбовидная. В воде быстро растворяется. Образуется путем изменения астраханита.

Астраханит - $\text{NaMg}[\text{SO}_4]_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$. Астраханит, как и галит, является основным минералом отложения многих солей озер Узбекистана. Преимущественно астраханитовым составом характеризуется ряд залежей Лявлякансой группы соляных озер. Соляные отложения довольно крупного озера Денгизкуль, в настоящее время залиты сбросовыми водами оросительной системы, почти на 70% состояли из астраханита. В меньших количествах минерал присутствует в соляном озере Барсакелмес.

В неогеновой соляной залежи месторождения Кушканатау составляет 60% общих запасов солей.

Минералогические сведения по астраханиту озера Денгизкул и других озер Каракульского района Бухарской области, с озера Калчанкасыр, озера Караумбет соляных озера района голодной степи в Центральном Кызылкумов, озера Барсакелмес, а также с месторождения солей Кушканатау приводятся в описаниях (В.С. Попов, В.Д.Н. Дзевенская, И.В. Рубанов, Л.Г. Гороховский, М.Н. Слюсарева, Е.С. Либензон и др).

Астраханит образует кристаллические зернистые или рыхлые агрегаты, состоящих обычно из мелких (до 5 мм) таблитчато и короткопризматической формой индивидов, иногда встречаются крупные (до 5 см) хорошо ограненных кристаллов.

Цвет астраханита светло-серый белый, иногда серый за счет примесей. Блик стекленный. Твердость 3-3,5, хрупкий. Удельный вес 2,2. На вкус горько – соленый, легко растворяется в воде. Химические анализы показывают присутствие в нем галита, захваченного в процессе роста и нерастворимого остатка (901,6%) иногда присутствует Са за счет присутствия гипса или глауберита (табл. 1.2). На кривых нагревания астраханита зафиксированы три характерных эффекта при температурах с максимумами 130- 180: 250- 290: и 630- 675⁰ (рис. 1.3)

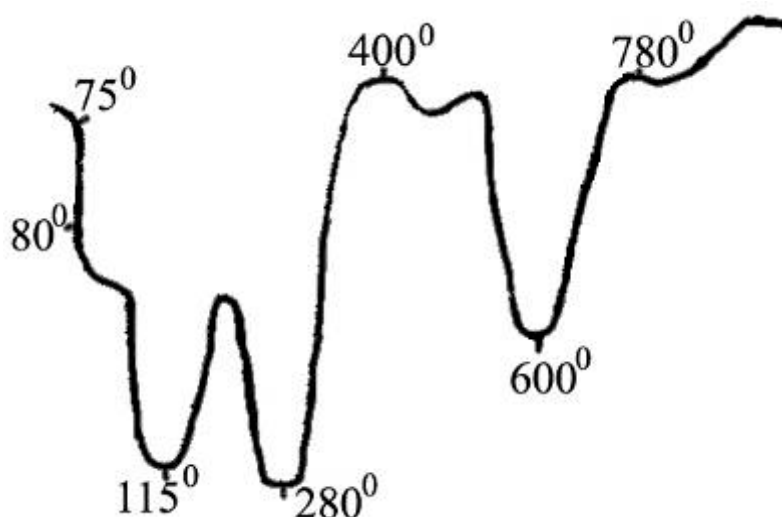


Рисунок 1.3- Кривое нагревания астраханита (03. Заманбобо)

В ископаемом состоянии (Кушканатау) встречаются пластовые залежи чистого астраханита, а в соляных озерах – астраханит – галитового состава. Мощность их на месторождениях Кушканатау достигает 10м, протяженность до 10км. Для астраханитовой породы наиболее характерна гетеробластовая структура, с размером зерен от 0,05 до 0,3мм и ее разновидность порфиробластовая. Для галит–астраханитовой характерна

пойкилитобластовая, обусловленная включениями зерен галита и астраханита.

Таблица 1.3- Химический состав астраханита

Компонент	Оз. Лявлякан	Оз.Денгизкуль	Оз. Караумбет	Кушканатау
Na ₂ O	2,25	0,35	Сл.	-
K ₂ O	-	0,14	0,12	0,00
MgO	11,09	10,79	11,72	11,89
Na ₂ O	18,43	20,95	19,05	18,99
SO ₃	41,85	44,93	47,89	47,86
Cl	6,38	3,10	Сл.	0,23
± H ₂ O	18,88	19,33	21,29	21,0
Нераств. Остат.	1,60	0,98	0,01	0,22
Сумма	100,48	100,57	100,07	100,19

Тарагенные астраханиту минералы – галит, эпсомит, тенардит гипс, мирабилит, глауберит, гексагидрит, редко сильвин.

Леонит – K₂Mg[SO₄]₂ · 4H₂O

Данный минерал обнаружен среди соляных пород Кушканатау (Слюсарева М.Н. и др), в виде агрегатов очень мелких зерен (0,01 – 0,02мм) с низким двупреломлением. Показатели преломления Ng=1.490; Np=1.484. В воде легко растворяется. Из насыщенно раствора быстро выпадают кристаллы с низким двупреломлением, ромбоидальной и прямоугольной формы размером более 10мм.

Полигалит – K₂CaMg[SO₄]₄ · 2H₂O.

Полигалит в незначительных количествах распространен во всех соляных породах месторождений магниезиальных солей неогенового возраста Кушканатау, Караумбет.

Таблица 1.4- Химический состав полигалита

Компонент	Месторождение	Кушканатау.	
	Обр. 1288	Обр. 227	Обр. 187
Na ₂ O	2,94	2,53	1,79
K ₂ O	14,81	13,90	14,44
MgO	7,03	7,87	6,69
CaO	16,74	14,03	15,84
SO ₃	52,56	46,30	49,56
Cl	0,96	2,48	2,88
H ₂ O	6,25	6,0	6,36
Нераств.Остаток	0,35	6,72	1,09
Сумма	101,64	99,2	99,83

Минерал представлен плотными мелоподобными скоплениями или мелкими кристаллами.

Цвет белый (Кушканатау), иногда с сероватым оттенком, полупрозрачный с тусклым стекляннным блеском (Оз. Караумбет и Сарыкамыш). В воде минерал растворяется с выделением гипса по периферии капли.

Судя по химическому составу полигалита в нем присутствуют примеси галита (табл.1.4). На кривой нагревания минерала проявляются два эндотермических эффекта в интервале температур 300-400 и 800-900⁰. Первый соответствует потере кристаллизационной воды, второй – распаду обезвоженного полигалита.

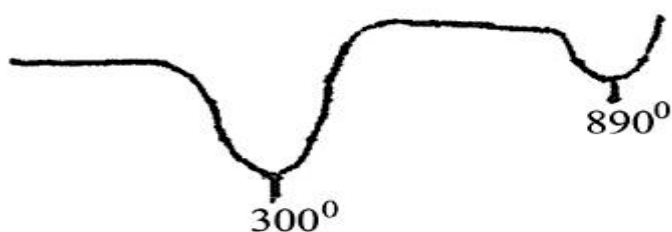


Рисунок 1.4- Кривые нагревания полигалита из Кушканатау

Мирабилит – $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$

В течении ряда лет мирабилит современных соленосных отложений изучал (Рубинов, 1987), а неогенового соляного месторождения Кушканатау - М.Н. Слюсарев, Е.С. Либензон.

Мирабилит бесцветный и водяно–прозрачный минерал, иногда белый, часто с глинистыми включениями, которые придают ему темную окраску. Блеск стеклянный, твердость 1,5-2. Спайность по (100) совершенная. Удельный вес 1,48.

На воздухе мирабилит быстро обезвоживается, покрываясь сверху белой пушонкой тенардита. Растворяется в воде, на вкус горько – соленый, охлаждающий. Двуосный отрицательный. Показатели преломления низкие: $n_p=1.348$ $n_g= 1.394$.

В минерале кроме основных компонентом иногда присутствует Са, Mg, Cl, K за счет включений сопутствующих минералов. В минерале, как правило, занижено содержание воды за счет потери ее на воздухе.

На кривых нагревания мирабилита устойчиво проявляются два эндотермических эффекта при температуре 32 и 100⁰С, которые отвечают удалению воды из минерала и точки плавления. Последующие эндотермические эффекты (225-265 и 875-940⁰) обусловлены полиморфными превращениями и плавлением безводного сульфата натрия.

В современных соляных озерах мирабилит образует пласты рыхлых пород, состоящих из зерен размером 2-3 мм. На месторождении Кушканатау мирабилит имеет стекловатый облик, структура гетеробластовая, размер зерен от долей миллиметра до нескольких сантиметров.

Парагенными минералами мирабилита являются галит, астраханит, эпсомит, глауберит и др.

Большие скопления минерал образует из сульфатно – натриевых рассолов, характерных для континентального соленакпления при температурах ниже 32,5⁰ С. При более высоких температурах образуется

тенардит. Присутствие хлористого натрия обуславливает выпадения тенардита при более низких температурах (до 18⁰С)

На соляных озерах мирабилит (Оз. Муллалы, Сайлякудук) образует пласты почти мономинерального состава мощностью до 1м. На месторождении Кушканатау в соляном пласте мощностью от 0,2 до 3,5 м и протяженностью до 4 км. Содержание минерала достигает до 80%.

В современных соляных озерах мирабилит часто является сезонным минералом, образуя в холодные времена года хорошо образованные и ограненные призматические кристаллы моноклинной сингонии и их сростки, плавающие на поверхности рапы.

Размер отдельных кристаллов достигает 10- 15 см в длину и 1-2 см в ширину. В выше перечисленных озерах сильно обогащенных сульфатом натрия мирабилит (сверху) образует пористую и плотную (на глубине) кристаллическую массу, состоящую из агрегатов удельных кристаллов размером 3-5мм. В неогеновых отложениях солей Кушканатау мирабилит образует плотные зернистые массы.

Уклонсквит – $\text{NaMg}[\text{SiO}_4](\text{OH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ - Минерал установлен М.Н. Слюсаревой в 1964 г в низовьях Амударьи среди палеогеновых глин, покрывающих скопления минеральных солей Акчагылского яруса неогена. Минерал прозрачный, бесцветный со стекляннным блеском. Удельный вес 2,42. Растворяется в слабой соляной кислоте на холоде, в воде нерастворяется. Минерал относится к моноклинной сингонии. Химический состав (в %): Na_2O – 14.87; K_2O – 1,01; MgO =20.61; CaO =2,40; SO_3 - 42.80; H_2O – 18.00; Сумма – 99,69.

Присутствие К и Са объясняется изоморфным замещением Na и Mg. Основные линии рентгенограммы d/n уклонсквита: 10-3,56; 10-3,20; 10-3,18 и 9-2,19. На кривых нагревания фиксируются выделение кристаллизационной воды при 300⁰С, потеря конституционной воды при 650⁰С и разложение сульфата при 850⁰С.

В парагенезисе с уклонсковитом отмечены глауберит, астраханит, полигалит.

Гидроглауберит – $5\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{CaSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ - Минерал открыт М.Н. Слюсаревой (1969) на месторождении Кушканатау. Он образует плотные массы белого цвета с шелковистым блеском, состоящих из волокон размером не более 0,1мм. Цвет минерала белый, блеск шелковистый. Удельный вес 1,510. На воздухе устойчив, но в воде быстро растворяется. В HCl растворяется полностью на вкус горьковатосоленый. Минерал бесцветный, ромбической сингонии.

Химический анализ минерала (вес%): Na_2O - 25.40; K_2O – 0.19; CaO – 13.59; SO_3 – 52.16; Cl – 0.58; H_2O – 8.20; Сумма – 100,12. Основные линия рентгенограммы α/n : 9-9,2; 10-3,08. Кривые нагревания минерала характеризуются двумя эндотермическими эффектами в интервале температур 100-200⁰С и 500-600⁰ С. Первый обусловлен выделением кристаллизационной вода, второй разложением двойного сульфата на два компонента: CaSO_4 и NaSO_4 .

На месторождении гидроглауберит встречается в ассоциации с глауберитом и развивается по нему. На месторождении солей антропогенного возраста Караумбет, Барсакельмес гидроглауберит развивается по гипсу, реже образуется на астраханите. В районе содового озера Калгансыр минерал ассоциирует с тенардитом.

Эпсомит - $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ - Данный минерал установлен в современных соляных озерах. Денгизкуль, Араб, Шорсу. Минерал образует длинные игольчатые волосовидные кристаллы. Минерал белый, кристаллики бесцветные, прозрачные. Блеск шелковисый хорошо растворяется в воде, на вкус горько - соленый. На воздухе эпсомит быстро обезвоживается, превращаясь в порошковую массу (гексагидрит), химический состав эпсомита оз. Араб (в вес %): MgO -16.25; SO_3 -32.44; H_2O -51.42; Сумма-101,1; Оз. Шорсу: MgO -16.48; Na_2O -1.6; SO_3 -34.04; H_2O -46.02; SiO_2 -0.12; Сумма-97,72. Кривые нагревания имеют эффекты, одинаковые с эталоном. (рис.1.5).

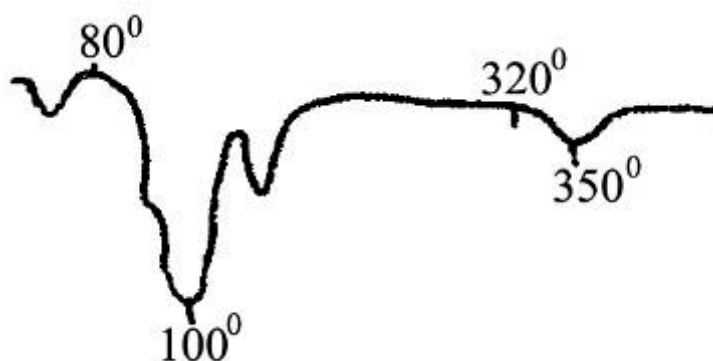


Рисунок 1.5- Кривая нагревания эпсомита

В современных отложениях соляных озер и солончаков эпсомит образует корочки на галите или прорастает галит, тенардит и астраханит. При осадконакоплении он выпадает из рапы после галита. В минерале кроме основных компонентов иногда присутствует Ca, Mg, Cl, K за счет включений сопутствующих минералов.

В Узбекистане галит распространен широко. Его основная масса находится в мощной толще калийной соли среди осадочных пород верхнеюрского возраста, которая распространена на огромной территории юга Средней Азии (месторождения Байбичекан, Акбаш, Тюбегатан, Ходжанкан и др.) и имеет мощность до 400м и более.

В последние годы на обширной территории к западу от Куштанского хребта выявлена нижнемеловая (альмурадская) галогенная формация мощностью до 100м, сложенная каменной солью с прослоями ангидрита и глин.

Галит в больших количествах встречается среди континентальных соленосных отложений различного возраста. Наиболее древние из них миоценовые (палеоген). Они развиты в северном борту Ферганской впадины. К отложениям акчагыльских слоев приурочено месторождение Кушканатау, находящееся на территории Каракалпакстана. Галит широко распространен также в многочисленных соляных озерах (Рубинов 1963, 1966 и др.) и повсеместно присутствует в засоленных почвах.

В ископаемых соленосных отложениях галит встречается в виде сплошных масс кристаллически – зернистого строения, реже образует вкрапленность в ангидрите, галопелитах и в других породах. Обычно каменная соль неравномерно зернистая. Форма зерен неправильная, реже идеоморфная, размер от десятых долей миллиметра до нескольких сантиметров, редко достигает 10 см.

Среди современных озерных отложений по месторождению выделяются три разновидности галита: новосадка – поверхностный слой или отдельные кристаллы галита сдвигающихся поверх ила; старосадка – образовавшиеся из поверхностной рапы отложения галита, корневой галлит – кристаллы, друзы и пласты галита, образующиеся за счет перекристаллизации старосадки. На поверхности концентрированной рапы образуются зернистые коры или пластины размером до 1,5 см. При быстром испарении растворителя кристаллизуются кубики галита (1-2 мм).

Среди соленосных пород по трещинам наблюдаются прожилки галита параллельно – шестоватого и волосовидного строения галита, по периферии этих прожилков формируются кристаллы.

Минерал прозрачен и бесцветен. Молочно – белый галит содержит жидкие и газово – жидкие включения. Реже встречается галит черный, буровато – красный, коричневый. Розовая окраска обусловлена присутствием микрочастиц гематита и гидроокислов железа – гетита и гидрогетита. Твердость 2-2,5, спайность весьма совершенная. Удельный вес от 2,6 до 2,17. В воде галит быстро растворяется.

Химический состав близок к теоретическому (табл. 1.5). Присутствие в минерале K, Ca, Mg, SO₄ связано с включениями сильвина, карналлита, ангидрита, гипса, астраханита, а также газожидких включений. При спектроскопическом изучении обнаруживаются примеси Si, Al, Fe, Ti (0.0n – 0.0n%), реже Sr, Cu, V, Mn, Mo и очень редко Zr, Pb, B, Li (0.000n-0.00n%) за счет минералов глины, гетита, гидрогетита и др. в виде изоморфной примеси в галите концентрируется Br(0.001 – 0.050% и выше), который адсорбирован

глинами. В галите из Тюбегатана отмечается 0,010% Br_2O_3 . Сильный запах сероводорода издает серый крупнокристаллический галит из нижней части верхнеюрской соляной топи месторождение Кызыл – Мазар.

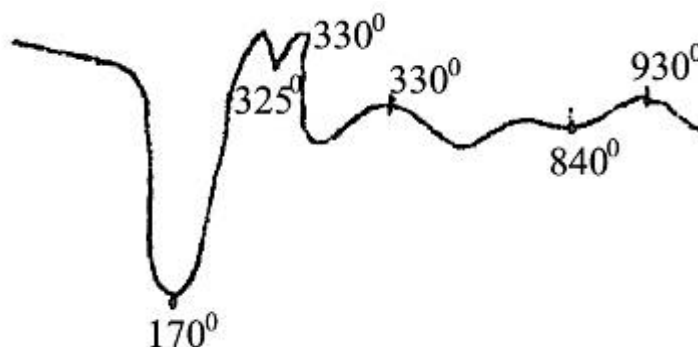


Рисунок 1.6- Кривая нагревания галита

На кривой нагревания галита отчетливо фиксируется эндотермический эффект с максимумом 800-810⁰, отвечающий оплавлению минерала. Форма выделения галита многообразна, основная его масса сосредоточена в мощных (до 200м) пластах, существенно галитовые породы образуют маломощные линзы и прослой, реже вкрапленность. В современных соляных озерах преобладает слоистая структура, обусловленная чередованием светлых, серых или черных слоев. Образовались в континентальной обстановке, галит встречается в парагенезе с гипсом, гексагидритом, эпсомитом, тенардитом, мирабилитом, глауберитом, тронной, содой.

В верхнеюрской галогенной толще галит, отложившийся из морских вод, находится в тесном парагенезисе с ангидритокarbonатами, сильвинитом, карналлитом, пуритом. На территории Узбекистана большие скопления солей образовались в верхнеюрскую, нижнемеловую, миоценовую и олигоценую геологические эпохи. В соляных озерах отложение галита началось в четвертичное время и продолжается в настоящее время. Сильвинит – KCl Сильвин имеет кристаллическое зернистое строение. Размер индивидов от 0,001 до 2-3см. Минерал водяно - прозрачный и бесцветный, встречаются кремовые и молочно – белые за счет микровключений рапы и газов. Окраска сильвина разнообразна: от

светлорозовой и светло – оранжевой до темно – бурой и сургучно – красной, а также с фиолетовым оттенком.

Таблица 1.5- Химический состав галита

№	Место взятия	SO ₃	Cl	Ca	Mg	Na	K	H ₂ O	Нер. оста тк	Br	Сумма
1	Байбичекан	0,59	60,28	0,18	0,01	39, 15	0,02	0,04	0,01	0,0061	100,28
2	Тюбегатан.	0,41	60,47	0,20	-	39, 17	0,02	-	0,49	0,0008	99, 59
3	Северн. Гаурдак	0,11	60, 72	-	0,22	39, 00	0,01	0,08	-	-	100,14
4	Карлюк	1,17	59, 40	0,61	0,01	38, 24	0,22	-	-	-	99, 64
5	Кугитанг	0,85	59, 22	0,40	0,07	38, 33	0,22	-	-	-	99, 09
6	Карабиль	0,05	60, 45	0,08	0,01	39, 11	0,01	-	-	-	99, 71
7	Северо- западная Фергана	0,45	57, 85	0,24	Сл	37, 54	Сл	0,05	3,74	0,0004	95, 43
8	Кызылджан	0,43	55, 46	0,20	Сл	36, 07	0,16	0,23	7,62	0,0002	91, 50
9	Оз. Денгизкуль	1,44	58, 51	0,05	0,33	37, 93	0,0 34	-	0,43	-	96, 45
10	Оз. Тузкан	1,69	58, 50	0,08	0,29	38, 97	-	0,48	0,12	-	36, 46
11	Оз. Барсакель- мес	1,15	58, 15	0,48	0,19	37, 52	-	0,46	1,52	-	95, 38
12	Оз. Камысбу- лак	2,14	56, 74	0,46	0,06	37, 16	сл	0,56	2,62	-	94, 46

Примечание; 1-5- Верхнеюрская галогенная формація; 6- альмурадская гелогенная формація ; 7-8- неогеновые солёносные огложения; 9-12-современные солёносные отложения.

В густоокрашенных сильвинитах при больших увеличениях установлены микровключения (0,001 до 0,05мм) гематит, гидроген, гетит. Блеск стеклянный, твердость 1-2. Спайность весьма совершенная. Удельный

вес от 1,98 до 2,17. С AgNO_3 дает реакцию на хлор. Наличие в проанализированных пробах примеси Na связано с галитом, Ca, Mg, SO_3 , карбонатом, ангидритом и микровключениями рапы. В сильвинах постоянно присутствует от 0,007 до 0,08%, Rb составляет от 0,005 до 0,07% на кривых нагревания сильвина фиксируется интенсивный эндотермический пик с максимумом 740°C .

Сильвин встречается также во всех современных соляных озерах, который кристаллизуется из рассолов в впадинах дна обширных галитовых бассейнов.

В современных соляных озерах сильвин выпадает из остаточной рапы в период высыхания озер или на стадии “сухого озера” в верхней части соляной залежи, когда рапа уходит ниже уровня. Парагенным сильвину являются галит и карналлит, а также глинистые минералы гематит, гетит, карбонаты, доломит, крупные скопления сильвина на юге Средней Азии. Химический состав сильвина из Тюбегатана в вес%: SO_3 -сл; Cl-48.23; Ca-0.02; Na-1.37; K-50,72; Br-0.02; Сумма – 100,37.

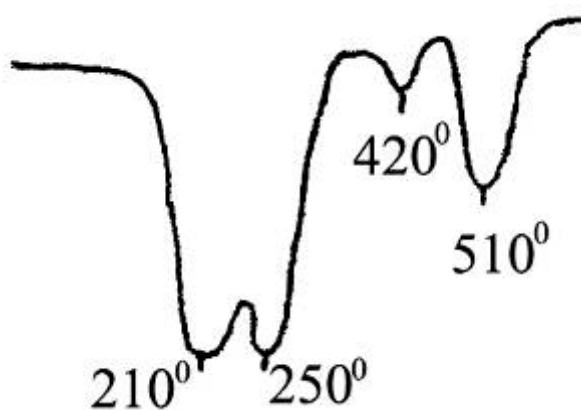


Рисунок 1.7 -Кривая нагревания сильвина

Карналлит – $\text{KMgCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ - Карналлит Тюбегатана образует мелкие (0,1-1,0мм) полигональные кристаллы, прозрачный, бесцветный или молочно – белый. Кристаллы карналлита содержат включения ангидрита, магнезита и глинистых материалов. В красной и густо оранжевой разновидности постоянно присутствуют гематит и гидрогетит. Блеск минерала стеклянный,

он гильно гигроскопичен, на воздухе быстро сереет и блеск становится жирным. Твердость 2-3, спайность отсутствует, излом ракозистый удельный вес 1,68-1,70. Химический состав карналлита Тюбегатанга (вес %): Cl-39.54, Ca – 0.04, Mg – 8.20, Va -2.32, K – 13.31, H₂O -37.76, Br – 0.015, нерастворимый остаток – 0,21, сумма – 99,79.

На кривых нагреваниях карналлита (рис.1.7) два глубоких эндотермических эффектов: первый 150⁰С и второй раздвоенный с максимумом 425⁰ и 460⁰ С обусловленных соответственно потерей кристаллизационной воды разложения обезвоженного карналлита. Экзотермический эффект с максимумом 620⁰С связан с полиморфными превращениями присутствующих в карналлите окислов железа.

Основная масса карналлита неходится в пределах юго – западных отрогов Гиссарского хребта в месторождениях Тюбегатан, Лялимкан, Карлюк, Карабель, Окузбулак, Кызылмазар, Гаурдак.

Сода – Na₂CO₃· 10H₂O - Минерал был установлен в соленосных солончаках – в районе озер Калангасор и Истыкуль, расположенных у северных предгорий хребта Нуратау. Сода образует корочки мощностью до 2-3 мм, состоящие из зернистых агрегатов, ромбоидальных и таблетчатых кристаллов размером до 3мм или мелких радиально – лучистых агрегатов. Кристаллы соды бесцветные, прозрачные, белые, иногда буроватые. Блеск стеклянный. Твердость 1-1,5. На воздухе легко обезвоживается, распадаясь в белый порошок, легко растворяется в воде. В закрытой пробирке при температуре 370⁰ плавится. В соляной кислоте бурно растворяется и выделяет углекислый газ.

На кривой нагревании соды проявились два эндотермических эффекта. Первый из них с максимумом 80⁰ определен потерей кристаллизационной воды, в торой с максимумом 800⁰ переходящий в резкий экзотермический эффект, вызван разложением карбоната натрия и сопровождается потерей 20% веса. Появление эндотермического эффекта 210⁰ связано с примесями сульфата натрия (рис. 1.8).

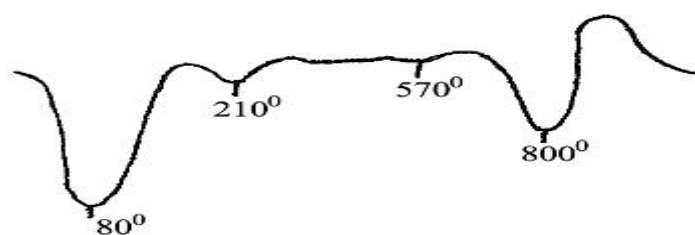


Рисунок 1.8 -Кривая нагревания соды, предварительно высушенной при 22° С.

Минералы, парагенные соде – галит и мирабилит, трона – $\text{Na}_2\text{H}(\text{CO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

Установлено (Рубинов, 1961) в содовых солончаках северных предгорий хр. Нуратау, восточнее озер Калгансор и Истыккуль. Трона образуется вокруг содовых озер в виде белой плотной мелкозернистой корочки толщиной 1-3мм на поверхности песчаных пород. Кристаллы троны бесцветные, прозрачные. Минерал растворяется в воде, химический анализ загрязненной троны (60,84%) показал присутствие в нем тенардита (11,89%) и галита (вес%): K_2O -0,016; Na_2O – 31.82, CO_3 – 23.69, SO_3 – 6.24, Cl -2.48, H_2O – 12.01, нерастворимый остаток – 23,97, сумма – 100,32. На кривой нагревания имеются два эндотермических эффекта. Первый из них с максимумом при температуре 100°С обусловлен потерей кристаллизационной воды и разложением бикарбоната, а второй с максимумом при температуре 750°С – с разложением карбоната натрия (рис.1.9). Минералы парагенные троне – тенардит, галит, карбонаты кальция и магния.

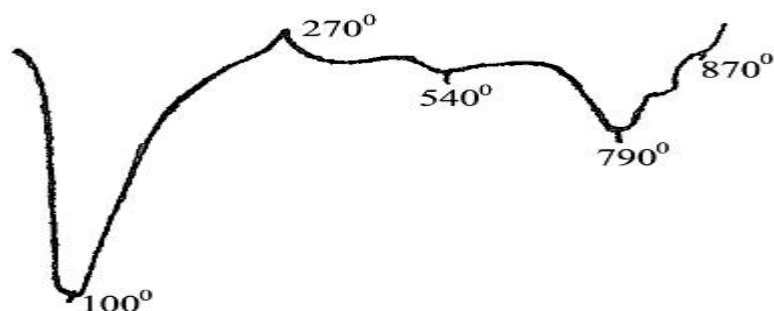


Рисунок. 1.9- Кривые нагревания троны с примесью галита и тенардита из Оз. Калгансыр.

(Таблица.1.6)

Местоположен	Порода главный минералов.	Воднорастворимы минералы						нерастворимый остаток				
		галит	Астраханит	тернардит	Мирабилит (пушон) катенардит	эпсолит	гилуберит	Антигенные			Термин	
								гипс	карбонат	ангидрит	кварц	Глина
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	Галит	▲	∩	∩		∩		∩	∩		∩	∩
Оз. Караумбет	Астраханит		●	∩				∩				
	Тенардит			●		Δ		∩				
	Ил							∩		Δ	∩	●
	Галит	●						∩	Δ		Δ	∩
Оз. Барсакельмес	Астраханит	∩	■	○				∩			∩	∩
	Ил											
	Галит	●						∩	∩			∩
Оз. Султансанджар	Ил гипсовый	Δ						●			∩	
Оз. Камысбулак	Галит	●		∩							∩	
	Астраханит	∩	▼	∩	∩	∩	∩	∩			∩	
Оз. Лявлякан	Галит	▼	∩	∩		∩	∩	∩		V		
	Ил											
	Галит										Δ	
Оз. Денгизкуль	Галит		●	∩								
	Астраханит	●	∩	∩			∩	∩	∩		∩	∩
	Глауберит	∩	■	∩				○	∩			▲
	Галит	●	∩		∩		∩	∩	∩	∩	∩	
Оз. Сары- камыш.	Астраханит	∩	●		∩		∩	∩	∩		∩	
	Мирабилит			∩	●		∩					

1. ● более 90%. 2. ■ 70-80%. 3. ◆ 50-60%. 4. 30-40%. 5. ○ 10-20%. 6. ∩ единицы процент. ▲ 80-90%. ∩ 5-10%. V прищитвит. Δ дали процента.

Галит NaCl самый распространенный соляной минерал. Скопления его, например, на озере Барсакельмес достигают граммыдной цифры – боле 10 млрд.т а мошной – более 10-15м.

В качестве примеси в галите присутствую астраханит, тенардит, миробилит, эсомит, глауберит и реже силввин, гипс, кальцит доломит, черный и серый цвет обусловевя присутсивия глинистее веществ и органичные.

Химический состав галита меняется от примесей (табл.1.7)

Химический состав галита, % к весу образцах.

Элемент	Теоритичесни	Барсакелмес	Караумбет	Кампебулак	Казгал
Ca	-	0,09	0,30	0,46	
Mg	-	0,11	0,36	0,06	0,49
HCO ₃	-	0,30	0,15		
SO ₄	-	1,31	0,86	2,14	0,61
Cl	60,66	59,03	58,92	56,74	3,29
H ₂ O	-	0,27	0,46	0,56	-
Na	39,34	38,63	37,36	37,16	38,10
Нераствори остаток.	-	0,38	1,02	2,62	-

Астраханит - Na₂SO₄·MgSO₄·4H₂O менее распространенный минерал нежели галит. Одиноко на мекоторых озера он слигает существетлья части разрде (озлеявлякан) оз Денгизкуль Сарыкамышские озера. В паригендли с астраханитол всиречакта таше минералы как галит, тенардит, мирабилт эпсомит и глаубер гипс, карбонат итеригенная минерал.

Астраханит вликоней в осадок только при очен высоких степенях осолонения водоемоя, отличелощихся повпшеннл содержания Mg. Тонердит (NaSO₄) - пушонка. Пушонка тенардита присутствует в всех шорах и озерах.

Тенардит вместе с десятиводных сульфитом натрия – мирабилитом является вторим, после галита по расприрененся минерала – натрия.

Таблица.1.8-Химический состав галита Барсакельмес,

SO ₃	Cl	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	±H ₂ O	Нератбор остаток	Br	Количество галлитъ
1,15	58,15	0,48	0,19	37,52	-	0,46	1,52	-	95,38

Таблица.1.9-Химический состав астраханите Караумбет.

CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₃	Cl	+H ₂ O	Нераствор остаток.
Сл.	11,72	0,12	19,05	47,89	Сл.	21,29	0,01 .

1.3. Результаты исследований физико-химических свойств Аральской воды

Сбор проб, предназначенных для стационарных исследований в московской лаборатории ГОИН, производился во время экспедиционных работ 1952 г. на э/с «Александр Невский» и частично при содействии А. В. Володкина в рейсах э/с Аральской рыбохозяйственной станции «Лев Берг».

Пункты отбора проб выбирались с таким расчетом, чтобы охватить все специфические районы открытой части моря -центральную часть Большого и Малого морей области распреснения (предельтовые пространства рек Аму-Дарьи и Сыр – Дарьи) и область кругового течения. Пробы областей повышенных и высоких соленостей мелководий, култуков и озер восточного берега были собраны особо и будут описаны ниже.

Для сбора проб служили стеклянные бутылки, которые были покрыты изнутри толстым слоем парафина во избежание выщелачивания стекла за время хранения и транспортировки проб.

Таблица.1.10. Пункты отбора проб Аральской воды для определения хлорного числа (1952 г.)

Место отбои проб.	Дата отбора проб	Координаты		Глубина взятия проб (м)
		С. Ш.	В. Д.	
Центральная часть Большого моря	16/VI	45 05	59 40	0 10 23
В проливе, у выхода в Большое море, вблизи устья Сыр- Дарьи	16/VI	46 06	60 56	0 Придонный слой
На траверзе Трех Город (Малое море)	16/VI	46 33	61 13	0 5 11
На траверзе ГМС- Ак-Тумсук	30/VI	45 07	58 41	0 60
Бухта Уч-сай, в 3км от берега	1/VII	43 48	58 40	1,5
На траверзе бывшего зал. Талдык, в 25км от устья Аму-Дарьи.	2/VII	43 45	59 08	2
В 9 милях в северу от м. Тигровый Хиост	2/VII	44 04	58 40	0
В 9 км от устья Сыр-Дарьи, на траверзе м Кара-чеганак	4/VII	46 06	60 50	0
В 3 км от северного протока устья Сыр-Дарьи	20/VI	46 06	60 56	Поверхность
В 3 км от южного протока устья Сыр-Дарьи	20/VI	45 56	60 51	Поверхность
Восточная часть Малого моря	19/VI	46 20	61 04	Поверхность

Отбор проб производился опрокидывающимся батометром с выбранного горизонта, взятая проба профильтровалась через бумажный фильтр, на борту судна определялась соленость (хлорность), рН и в некоторых случаях щелочность. Эти же определения повторялись каждый раз после доставки проб в Москву для оценки неизменности их за время хранения и транспортировки.

После заполнения бутылки закрывались резиновыми пробками которые, во избежание испарения во время хранения, покрывались резиновыми колпачками.

Пункты и время отбора указаны в табл. 1.10.

Пробы, собранные в 1952 г, служили материалом для определения хлорного коэффициента (хлористи), электропроводности и полного химического анализа аральской воды.

Для определения соотношения между хлорностью и условным удельным весом пробы были собраны в 1953 г. Условия сбора этих проб совершенно

аналогичны описанным выше. Пункты отбора будут указаны в соответствующем разделе.

**Соотношение между хлорностью и солёностью (хлорное число)
Аральской воды.**

Напомним, что в силу специфических особенностей солевых состава воды Аральского моря для определения суммы солей (солёности) был выбран метод определения плотного остатка разработанный Н.Н. Ефремовым. Солёность (сумму солей, или плотный остаток), определенную по методу Ефремова, будем означать $S_E\%$. Результаты определений хлорности ($Cl\%$) и плотного остатка ($S_a\%$) приведены в таблице 1.11.

Таблица.1.11. Определение $S_E\%$ и $Cl\%$ в пробах Аральской воды.

№ пробы	Cl 0/00	Расхождение параллельных	S_E 0/00	Расхождение параллельных
1	3,548	0,003	10,167	0,002
2	3,567	0,006	10,201	0,001
3	3,649	0,003	10,430	0,001
4	3,294	0,002	9,451	0,001
5	3,542	0,001	10,161	0,001
6	3,340	0,002	9,610	0,012
7	3,419	0,000	9,834	0,020
8	3,628	0,000	10,404	0,014
9	2,968	0,000	8,539	0,001
10	3,662	0,000	10,525	0,001
11	2,156	0,002	6,215	0,003
12	1,185	0,003	3,608	0,023
13	2,642	0,003	7,572	0,000
14	3,527	0,002	10,130	0,007
15	2,428	0,005	7,063	0,013
16	1,060	0,002	3,245	0,012
17	3,532	0,005	10,113	0,014
Среднее	--	0,002	--	0,007

Таблица 1.12. Вспомогательные величины $x = Cl\%$, $y = S_E\%$, x^2 , xy для вычисления параметров a и b .

№ пробы	X	Y	X^2	XY
1	3,548	10,167	12,5883	36,0725
2	3,567	10,201	12,7235	36,3870
3	3,649	10,430	13,3225	33,0695
4	3,294	9,451	10,8504	31,1316
5	3,542	10,161	12,5458	35,9903
6	3,340	9,610	11,1556	32,0974
7	3,419	9,834	11,6896	33,6224
8	3,628	10,404	13,1624	37,7457

9	2,968	8,539	8,8090	25,3438
10	3,663	10,525	13,4102	38,5426
11	2,156	6,290	4,6570	13,4120
12	1,185	3,608	1,4042	4,2755
13	2,642	7,572	6,9802	38,5426
14	3,527	10,130	12,4397	35,7285
15	2,428	7,063	5,8952	17,1490
16	1,060	3,245	1,1236	3,4397
17	3,532	10,113	12,4750	35,7191

$$\sum x = 51,150 \qquad \sum x^2 = 165,2322 \qquad (1)$$

$$\sum y = 147,268 \qquad \sum (xy) = 474,7318 \qquad (2)$$

Зависимость между хлорностью и соленостью вычислена по формуле (1). Для сравнения на графике дана также кривая этой же зависимости для воды океанского состава.

Формула (2) дает связь величин хлорности ($Cl\%$) и условной солености Аральской воды, выраженной величиной плотного остатка определенного по методу Ефремова ($S_E\%$).

В таблице 1.13 приведены величины условной солености $S_E\%$, определенные прямым путем по методу Ефремова и вычисленные по формуле (2) по данным титрования раствором азотнокислого серебра, титр которого установлен по стандартной «нормальной воде». Копенгагенской лаборатории (Eau de mer normal primaria P₁₅). В этой же таблице приведены расхождения между вычисленными и найденными величинами солености, квадраты ошибок и средняя квадратическая погрешность, которая по нашим опытам не превышает 0,02‰, т.е. лежит в пределах точности определения величин солености по обычному аргентометрическому методу.

Таблица 1.13. Найденные и вычисленные величины солёности Аральской воды

№ пробы	Найденное значение S_E ‰	Вычисленное значение S ‰ по данным титрования	S_E ‰ - S ‰ = f	$F^2 \cdot 10^4$
1	10.167	10.17	0.00	0
2	10.201	10.22	+0.02	4
3	10.430	10.45	+0.02	4
4	9.451	9.46	+0.01	1
5	10.161	10.16	0.00	0
6	9.610	9.59	-0.02	4
7	9.834	9.81	-0.02	4
8	10.404	10.40	0.00	0
9	8.539	8.55	+0.01	1
10	10.525	10.49	-0.03	9
11	6.290	6.29	0.00	0
12	3.608	3.57	-0.04	16
13	7.572	7.64	+0.07	49
14	10.130	10.12	-0.02	4
15	7.063	7.04	-0.02	4
16	3.245	3.22	-0.02	4
17	10.113	10.13	+0.02	4

Средняя квадратическая ошибка.

$$\sum (f^2 \cdot 10^4) = 108$$

$$f_w = \sqrt{\sum (f)^2 / n} = \sqrt{108 \cdot 10^4 / 17} = \pm 0.02 \quad (3)$$

Соотношение между хлорностью и условной плотностью воды Аральского моря

В морской гидрологической практике (мы считаем Аральское море морским бассейном), кроме аргентометрического определения солёности, требуется быстрое и точное определение плотности морской воды. Для океана и открытых морей эта задача на протяжении полувека почти повсеместно решается с помощью определения температуры воды и содержания в ней хлоридов (точнее, хлорности морской воды). Из этих двух величин плотность морской воды находится по «Океанографическим таблицам», составленным Кнудсеном по исследованиям физико-химических

свойств морской (т.е. океанской) воды. Кнудсен, Серенсен и Форх (1902) установили путём весьма тщательно проведенных исследований связь между хлорностью, солёностью и плотностью морской воды океанского состава. Для внутренних морей Белого и Черного, состав воды которых практически не отличается от состава воды океана, соотношения, установленные для океана, будут, повидимому, справедливы, если не выходить за пределы практической точности в определении абсолютной величины удельного веса в две единицы пятого десятичного знака. Состав вод Каспийского и Аральского морей вследствие их полной изоляции от океана существенно отличается от состава океанской воды, поэтому в этом случае определение плотности по таблицам Кнудсена будет невозможно. Косвенные же методы вычисления плотности, как, например, описанный выше прием Берга вызывают значительные погрешности, поэтому возникает необходимость составления особых гидрографических таблиц для этих изолированных морей, аналогичных таблицам Кнудсена.

В 1950 г. уже вышли в свет особые «Океанографическом таблицы для Каспийского моря», составленные на основании весьма тщательных экспериментальных исследований, проведенных Трофимовым (1939).

Для Аральского моря прямых параллельных определений плотности и хлорности необходимой точности до последнего времени не производилось. В 1953-1954 гг. в лаборатории химии моря ГОИН были поставлены экспериментальные работы по определению соотношения между хлорностью и условной плотностью Аральской воды.

В дальнейшем будем принимать обычные обозначения, принятые в морской гидрологической практике: удельным весом морской воды будем называть отношение веса единицы объёма её при $17^0,5$ к весу дистиллированной воды при той же температуре, или в сокращенной интерпретации (условной удельный вес)

$$\left(\frac{S_{170,5}}{170,5}-1\right) 1000=\rho_{170,5}, \quad (4)$$

где $S \frac{170,5}{170,5}$ - удельный вес морской воды при $17^0,5\text{б}$ отнесенный к дистиллированной воде при той же температуре.

Плотностью Аральской воды будем называть удельный вес при какой-либо температуре наибольшей плотности $S_{4^0}^t$,

или, в сокращенной интерпретации,

$$(S_{4^0}^t - 1) 1000 = \sigma_1 \quad (5)$$

и если температура морской воды равна 0^0C , то

$$(S_{4^0}^t - 1) 1000 = \sigma_0. \quad (6)$$

Если плотность и удельный вес воды относятся к дистиллированной воде не при температуре наибольшей плотности, т.е. не при 4^0C , а при какой-то другой температуре, то соответствующие величины обозначаются $\sigma_{t/t}$ и $S_{t/t}$:

$$\sigma_t = \sigma_{t/t} + \sum_t (1 + 0,001 \sigma_{t/t}), \quad (7)$$

$$\sum_t = (d_t - 1) 1000, \quad (8)$$

где d_t – плотность дистиллированной воды при $t^0\text{C}$, т.е. \sum_t есть условная плотность дистиллированной воды при $t^0\text{C}$.

Плотность такого сложного раствора, как морская вода, складывается из парциальных плотностей растворенных компонентов. Так как растворы различных солей точно одинаковой весовой концентрации имеют различный удельный вес при одних и тех же условиях, то и плотность сложного раствора одинаковой суммарной концентрации будет зависеть от удельного веса преобладающих солей. Чем меньше удельный вес твердой соли, тем обычно меньше и плотность ее раствора и, наоборот, удельно более тяжелой соли соответствует большая плотность ее раствора.

В табл.1.14. приведен удельный вес некоторых твердых солей, которые входят в состав морской воды, и условные плотности их 20-промилльных

растворов. Из той таблицы следует, что чем больше обогащена морская вода сульфатами и солями магния, тем больше будет ее плотность при одной и той же суммарной весовой концентрации входящих в нее солей (солености).

Таблица 1.14.

Удельный вес твердых солей входящих в состав морской воды, и условная плотность (00) их 20-промилльных растворов

Соли	Удельный вес твердой соли.	Условная плотность 20 _{0/00} раствора соли (0 ₀)
Хлористый натрий	2,17	15,09
Хлористый калий	1,99	13,35
Хлористый магний	2,18	16,80
Сернокислый магний	2,65	21,80
Сернокислый натрий	2,67	18,90
Сернокислый кальций	2,97	(26,4) ¹
Углекислый кальций	2,72	-2

Исходя из солевого состава воды Аральского моря и воды Каспийского моря и океана, можно оценить разницу плотности этих вод при одинаковой их солености, сделав допущение, что условная плотность солевого раствора пропорциональна его солевой концентрации и что плотность солевой смеси (морской воды) равна сумме парциальных плотностей отдельных солей. Для воды Арала, Каспия и океана эти данные приведены в табл. 1.15. Данные для океана и Каспийского моря заимствованы из работы Трофимова (1939).

Таблица 1.15.

Солевой состав и парциальные значения условной плотности солей в воде Аральского и Каспийского морей и океана с соленостью 20_{0/00}.

Соли	Аральское море.		Каспийское море		Океан	
	Содержание (%)	Условная плотность σ_t	Содержание (%)	Условная плотность σ_t	Содержание (%)	Условная плотность σ_t
NaCl	56,35	8,47	63,0	9,50	78,32	11,82
KCl	2,05	0,26	1,25	0,17	1,69	0,23
MgCl ₂	0,89	0,15	3,80	0,64	9,44	1,59
MgSO ₄		5,65	23,35	4,90	6,40	1,34
CaSO ₄	11,98	3,96	7,2	1,90	3,94	0,91
CaCO ₃	,21	--	1,40	--	0,20	--
Сумма		18,49	--	17,11	--	15,89

Истинное значение условной плотности океанской воды с соленостью 20‰ равно 1,03, т.е. на 0,14 выше вычисленного. Отношение вычисленных величин условной плотности для воды океан, Каспийского и Аральского морей будет как 1,000:1,076 1,164, т.е. Аральская вода будет обладать в 1,16 большей плотностью, чем вода океана той же солености. Это и понятно Аральская вода богаче тяжелыми молекулами сернокислых солей не только воды океана, но и воды Каспийского моря. В штаб превышения плотности Аральской воды над Каспийской океанской. Но совершенно очевидно, что теоретически вычисленные величины, как и определение удельного веса путем ареометрирования. Дают лишь приближенные значения между соленостью, хлорностью и условным весом.

В предпринятых нами определениях соотношений между хлорностью (или соленостью) и условным удельным весом (σ_{dt}) ставилась задача получить необходимый материал, который может быть положен в основу при составлении «Гидрографических (или океанографических) таблиц Аральского моря», аналогичных уже вышедшим в свет таблицам Каспийского моря. Поэтому к экспериментальным определениям условного удельного веса и хлорности предъявлялось требование, чтобы точность полученных результатов была максимально возможной, т.е. чтобы расхождение параллельных определений было бы примерно того же порядка, что и в других аналогичных работах по определению условного удельного веса морской воды (Трофимов, 1939). В наших работах расхождение параллельных в определении условного удельного веса не превышало 0,01-0,02 значения σ_{dt} и в определении хлорности не более 1/3000 величины С‰.

Ко времени составления настоящей работы закончено определение соотношения хлорности аральской воды и условного удельного веса при 0, 17,5 и 25°C. Работы по определению температурного коэффициента плотности аральской воды продолжаются. Результаты определений хлорности и условного удельного веса при 17,5 и 25°C приведены в табл.1.16

где указаны также расхождения параллельных определений и квадратическая погрешность ($f^2 \times 10^4$).

Для экспериментальных работ служила натуральная аральская вода, собранная за время экспедиционных работ 1953 г. Методика сбора, условия хранения и транспортировка проб тождественны описанным выше.

Исходя из полученных экспериментальных данных, пользуясь методом наименьших квадратов, получаем следующие зависимости между хлорностью аральской воды и условным удельным весом.

Зависимость между хлорностью (Cl%) и условным удельным весом при $17^0,5$ будет

$$\sigma_{15}^{17} = 0,464 + 2,330Cl\%. \quad (9)$$

В заключение приведем сравнительную таблицу (табл.1.15) условной плотности аральской воды при $17^0,5$, вычисленной для разных значений хлорности и солёности по формуле (9), и соответствующие значения условной плотности, хлорности в солёности для вод Каспийского моря и океана, взятых из «Океанографических таблиц». Эти же зависимости представлены графически на рис.

Заключение к литературному обзору

Целью данной работы является изучение физико – химических свойств и минералогического состава солевых отложений на основе исследований разрезов донных отложений Аральского моря (Узбекистан) и взаимосвязь распределении солей в подземных водах, осушенный поверхности и морской воде с климатическим и сезонными факторами.

Задачи исследований. Из указанной цели работ возникает необходимость решения следующих задач:

- анализ исторические данные об Аральском море;
- количество и состав солевых отложения в эволюции Аральского моря в донных отложениях восточной и западной котловины;
- получение и обработка образцов современных водоемов Арала;

- периодичность физико – химических процессов, происходящих в рассолах Аральского моря;
- физико – химический анализ солевых отложений.

ГЛАВА II. ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И МЕТОДЫ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

2.1. Характеристика объектов исследования и методы химического анализа

При выполнении анализов использовали реактивы хлоридов, сульфатов, карбонатов и гидрокарбонатов калия, натрия, магния и кальция марки «ч» и «чда».

Хлористый натрий существует в форме безводной соли и бигидрата. В природе встречается главным образом в безводном состоянии и в виде каменной соли (галит). Молекулярный вес 58,454. Состав 39,34% Na, 60,66% Cl. Температура плавления 800,4⁰С, температура кипения 1430⁰С. Из водных растворов хлористого натрия в обычных условиях кристаллизуются кубы.

Серноокислый натрий существует в форме безводной соли Na₂SO₄, устойчивой десятиводной соли Na₂SO₄·10H₂O и неустойчивой семиводной соли Na₂SO₄·7H₂O, выделяющейся из пересыщенных растворов в интервале температур от -3,5 до +24,4⁰С. В природе встречается в безводном состоянии (тенардит) и в форме десятиводной соли (глауберова соль, мирабилит).

Хлористый магний MgCl₂ – молекулярный вес 95,23. Химический состав: 25,54%Mg, 74,46%Cl. Безводный хлористый магний представляет собой бесцветную прозрачную массу ромбоэдрической структуры.

Шестиводный хлористый магний MgCl₂·6H₂O. Молекулярный вес 203,29. Содержит 46,84% MgCl₂ и 53,16% H₂O. Шестиводный хлористый магний – бишофит является наиболее устойчивым гидратом хлористого магния. Область его существования в равновесии с раствором простирается от -3,4 до 116,7⁰С. Плотность 1,5907 г/см³.

Серноокислый магний MgSO₄, молекулярный вес 120,38. Химический состав: 20,2% Mg, 26,63% S, 53,16% O₂. Сульфат магния существует в

природе в форме моногидрата (кизерит), семиводной соли (эпсомит или рейхардит), встречающийся в гипсовых или доломитовых карьерах, в различных залежах, в соляных озерах.

Температура плавления безводного $MgSO_4$ равна $1155^{\circ}C$. Представляет собой белую массу с плотностью $2,829 \text{ г/см}^3$.

Семиводный сульфат магния $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ – эпсомит. Молекулярный вес 246,49. Содержит 48,83% $MgSO_4$ и 51,17% H_2O . Это наиболее устойчивый гидрат сернокислого магния.

$Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$, молекулярная масса 286,14; бесцветный моноклинный; плотность- $1,446 \text{ г/см}^3$; температура плавления- $32,5^{\circ}C$; растворим в воде, не растворяется этаноле.

2.2 Методы химического и физико – химического анализа

Изучение фазовых равновесий в физико – химических системах проводили визуально-политермическим и изотермическим методом растворимости [66]

Сущность визуально – политермического метода заключается в визуальном наблюдении за температурой появления первых кристаллов при равномерном охлаждении или исчезновении последних кристаллов при медленном нагревании и непрерывном перемешивании растворов. Прибором для определения растворимости служит пробирка, закрытая пробкой, через которую проходит платиновая или стеклянная мешалка, а также термометр с ценой деления $0,1^{\circ}C$. Для равномерного охлаждения пробирку помещают в наружную пробирку – муфту, находящуюся в охлаждающей смеси. Нагрев также осуществляется через муфту. Охлаждение проводится в дьюаровских сосудах жидким азотом или сухим льдом.

Изучение растворимости солей изотермическим методом проводили путем перемешивания при постоянной температуре растворов исследуемых соединений с сохранением в смеси достаточного количества твердых фаз. Исследование проводили в тараболической колбе с мешалкой, помещенной в термостат, температуру в котором поддерживали терморегулятором и

контактным термометром с точностью $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$. После установления равновесия производился отбор проб из жидкой и твердой фаз для анализа и определяли место фигуративной точки системы. Состав жидких и твердых фаз устанавливали химическим анализом.

Измерение кинематической вязкости проводили с помощью вискозиметра типа ВПЖ с диаметром капилляра 1,47 мм. Точность результатов $\pm 0,0001 \cdot 10^{-1} \text{ м}^2/\text{сек}$.

Удельную массу образцов исследуемых соединений и растворов определяли при 20°C пикнометрическим методом [67]. Использовали капиллярный пикнометр объемом 5 см^3 . Для определения объема пикнометр заполняли бидистиллированной водой, термостатировали при 25°C и взвешивали. Зная вес сухого пикнометра, плотность воды при 25°C и вес заполненного водой пикнометра вычисляли его объем. Взвешивание проводили с точностью до $\pm 0,00005 \text{ мг}$. Результаты представлены с точностью до $\pm 0.1 \text{ кг/м}^3$.

Измерение pH растворов исходных компонентов и образцов полученных протравителей проводили согласно методике [67] на pH-метре 121-В.

Идентификацию твердых фаз проводили химическим и различными методами физико-химического анализа. Рентгенофазовый анализ проводили на дифрактометре ДРОН-3,0 при отфильтрованном медном излучении при напряжении 40 кв., силе тока 20 мА, скорости движения диска счетчика – 2 град/мин [68,69]. Значения межплоскостных расстояний находили по справочнику согласно углу отражения, а интенсивность дифракционных линий оценивали по стабильной шкале.

ИК - спектроскопический анализ проводили для выяснения характера взаимодействия между составляющими компонентами соединений. ИК – спектры поглощения исходных компонентов и исследуемых соединений регистрировали на спектрофотометре UR – 20 в области частот $4000 - 400 \text{ см}^{-1}$. Образцы готовили прессованием с KBr [70].

Термический анализ исследуемых соединений проводили на дериватографе системы Паулик – Паулик - Эрдей [71,72] при скорости нагрева 10 – 12 град/мин, при навеске вещества 150 – 200 мг, ТГ – 200 в интервале температур 20–600⁰С. Использовались термопары платинородиевые, изолированные от веществ, анализ проводили в платиновых тиглях с крышкой. Эталон – прокаленная окись алюминия.

Определение состава твердых фаз проводилось по Скрейнемакерсу. Сущность метода заключается в том, что в исследуемой равновесной системе отделяют от осадка жидкую фазу и производят определение их состава. Затем находят по линиям, соответствующими составам их влажных остатков. По точке пересечения этих линий устанавливается истинный состав искомой твердой фазы.

ГЛАВА III. ЭКСПЕРЕМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

3.1. Современное состояние Аральского моря

Д.Д. Квасов (1980) считает, что помимо климата на баланс воды в Арале в позднем голоцене в значительной мере влиял антропогенный фактор.

На изменения уровня воды в Аральском море влияют четыре фактора:

- изменения естественного климата;
- ритмическая деятельность солнца;
- разлом, разделяющий две тектонические зоны – восточную, Арало – Кызылкумскую, западную, Устюртскую;
- антропогенные факторы.

Эти факторы комплексно влияют на судьбу Аральского моря, но за последние полвека усилился антропогенный фактор, который ускорил усыхание на несколько сотен лет раньше [1-3].

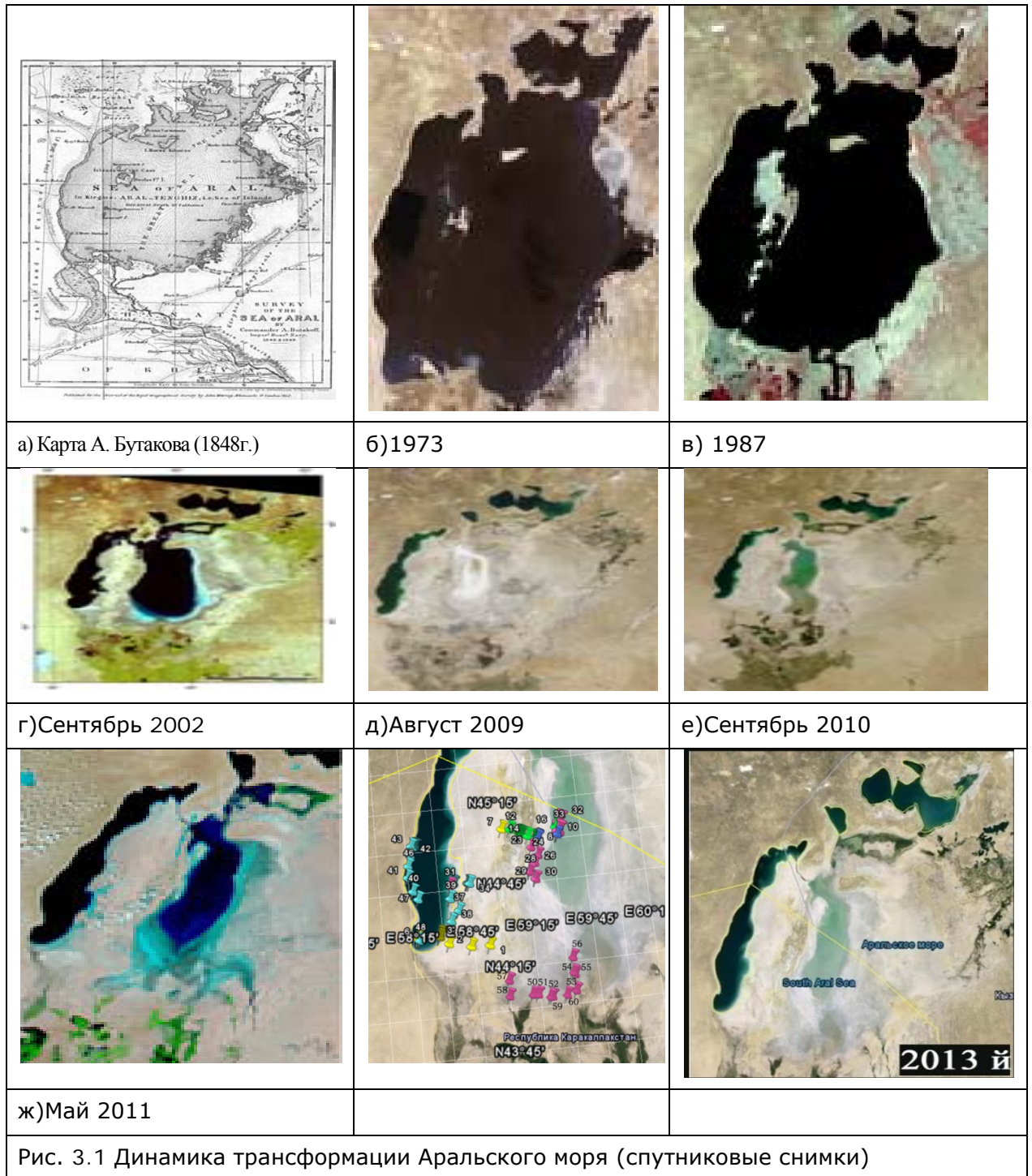
Этапы развития Аральского моря изучал Хрусталева и др. (1977) и по его данным И.В. Рубанов составил следующую таблицу:

Таблица 3.1

Этапы	Стадия	Уровень, м.	Возраст, ч.
Современный	Трансгресс	51 - 53,5	
Ново-Аральский	Регресс		
	Трансгресс	59 - 53,5	1000
Аральский	Регресс	40 - 41	2000
	Трансгресс	54,5	3000
Древнеаральский	Регресс	35 - 40	4000
	Трансгресс	54 - 57	5000

Высыхание современного Арала, исходя из его поверхности и объемного состояния, разделяется на три этапа. Первый этап начинается с 1960 до 1989 год. Первыми при высыхании Арала соединились с сушей

острова Акпеткинского архипелага, а разделявшие их заливы превратились в солончаки. В течение тридцати лет вода от прежних берегов отступала и к 1989 году **Аральское море** распалось на 2 водоёма: северный и южный. Им были даны условные названия: Малый Арал (северная часть, питает Сырдарья) и Большой Арал (южная часть, питает Амударья) (рис.3.1,в).



Это событие стало ключевым моментом в высыхании водоёма. Экологическая ситуация Аральского моря начала ухудшаться в геометрической прогрессии. Второй этап - с 1987 до 2002 года. В 1990 году исчез остров Кокарал. Он сомкнулся с сушей и залив Сарышиганак перестал существовать. Вместе с ними исчез и пролив Берга. Площадь других островов стала возрастать. В 2001 году остров Возрождения на Большом Арале соединился с берегом и, став полуостровом, условно разделил Большой Арал на восточную и западную часть (рис.3.1,г). Третий - с 2002 до 2009 года. К 2003 году уровень упал до отметки, которая на 22 метра ниже уровня 1960 года; в Большом Арале на тот момент из-за высокой солёности вся рыба погибла. В 2003 году между северной и южной частями на территории Казахстана построили Кокаральскую плотину, которая преградила водам Сырдарьи уход в пески в сторону Большого Арала [4]. Летом 2009 года восточная часть Большого Арала высохла – образовалась новая громадная пустыня, которую уже окрестили названием Аралкум (рис.3.1,д).

3.2.Распределение солей в подземных водах и осушенной поверхности

На втором этапе усыхания наблюдался массообмен между северной и южной частями моря через перелив который на третьем этапе с построением дамбы на южном берегу Малого Арала прекратился. Однако массообмен продолжился от восточного бассейна к западному через перелив Куланд. По – видимому, в течение 2009-2010 годов перелив заполнялся солевыми отложениями. Несмотря на то, что уровень западной части ниже на 26 м в 2011-2013 годах, в восточной части собралось определенное количество рапы. Из литературных данных [1-4] солевой состав сухих осадков трех бассейнов совершенно разный. В северной части малого Арала он практически не изменился, а в восточном бассейне Большого Арала его

можно охарактеризовать как хлоридно-сульфатный (более 80% хлоридов натрия, остальное - сульфат натрия и 2-6% сульфата магния). Западный бассейн содержит хлоридно-сульфатно-магниевые соли (40-60% хлоридов и солей натрия, 20-40% сульфатов натрия, остальное - соли магния). В таблицах 1-4 поэтапно с интервалом 1,5-2 года приведено содержание солей в подземных водах и на осушенной поверхности, в том числе на единицу осушенной поверхности.

Массу солей в осушенной поверхности дна Аральского моря определяли по следующей формуле:

$$m = [S h \rho \varphi f \sigma / (1 - (f \sigma / 1000))] 10^{-5} \quad (3.1)$$

где: m - масса солей, тыс.т; S - площадь осушенной поверхности, км²; h - глубина почвы, м; ρ - плотность влажной почвы, кг/м³, φ - влажность почвы, %; f - солесодержание подпочвенных вод относительно морской воды, %; σ - солесодержание морских вод, г/кг.

Проведенное нами бурение дна Арала показало, что толщина почвенных осадков от юга к северу колеблется от 2 до 6 м при влажности 40-80%. Солесодержание подпочвенных вод оказалось на 0,4-0,9 % ниже по сравнению с морской водой. Плотность влажных почв в зависимости от места отбора проб колебалась в пределах 1800-2400 кг/м³.

Для получения предварительных данных расчетным способом нами приняты следующие значения параметров: $h=3$ м; $\rho = 2200$ кг/м³; $\varphi = 60\%$; $f=0.8$. Средние значения S и σ получены из литературных данных [3-4] и экспериментальных определений, полученных нами в экспедициях на Арал в 2012-2013 годах.

Таблица 3.2.

Первый этап современного Арала

Годы	Уровень моря, м	Площадь водной поверхности моря, тыс.км ²	Объем водной массы, км ³	Солесодержание, г/л.	Осушенная поверхность, тыс.км ²	Масса соли в воде, млн.т	Количество соли в подземных водах на осушенной поверхности, млн.т	Удельное количество соли на единицу осушенной поверхности, кг/м ²
1987-1980	43,12	46,247	524,81	20,45	10,770	10732,16	709,2045	64,44
1979-1970	49,21	57,017	837,52	13,31	6,727	11147,39	286,772	41,00
1969-1960	52,34	63,744	1026,01	10,74	3,046	11019,24	104,5387	35,00
1959-1950	53,11	66,780	1062,03	10,16	-	10789,92		
1949-1900	52,7	65,660	1055,02	9,8		10339		
					∑20,54		∑1100,515	
Сумма солее						11832,675		

Таблица 3.3.

Второй этап современного Арала (1987-2002)

Годы	Большое море								Малое море							
	Уровень моря, м	Площадь водной поверхности моря, тыс.км ²	Объем водной массы, км ³	Солесодержание, г/л.	Осушенная поверхность, тыс.км ²	Масса соли в воде, млн.т	Количество соли в подземных водах на осушенной поверхности, млн.т	Удельное количество соли на единицу осушенной поверхности, кг/м ²	Уровень моря, м	Площадь водной поверхности моря, тыс.км ²	Объем водной массы, км ³	Солесодержание, г/л.	Осушенная поверхность, тыс.км ²	Масса соли в воде, млн.т	Количество соли в подземных водах на осушенной поверхности, млн.т	Удельное количество соли на единицу осушенной поверхности, кг/м ²
1987-1990	39,644	36,168	324,76	26,73	10,079	8680,835	862,885	86,28	40,58	(2,83) 2,772	21,764	23,91	0,058	520,159	4,477	74,61
1991-1995	37,042	31,324	235,23	34,34	4,844	8077,798	537,514	111,98	40,11	2,691	20,296	25,92	0,081	525,666	6,651	83,14
1996-2000	34,394	25,65	164,93	49,80	5,674	8213,514	930,973	164,5	40,16	2,722	20,566	25,31	-0,031	520,320	-2,535	-
2001-2002	32,95	21,965	135,35	64,30	3,685	8703,005	788,176	213,02	39,50	2,585	18,615	27,73	0,137	515,640	12,300	89,78
					24,282		Сумма- 3119,548	173,13					0,245		Сумма- 20,893	
Сумма солей по морю						11822,553			536,533							
Сумма солей по Аралскому морю						12359,086										

Таблица 3.4.

Третий этап современного Арала [(2002-2013)]

Годы	Западный бассейн большого моря								Восточный бассейн большого моря								
	Уровень моря, м	Площадь водной поверхности моря, тыс. км ²	Объем водной массы, км ³	Солеосодержание, г/л.	Осушенная поверхность, тыс. км ²	Масса соли в воде, млн.т	Количество соли в подземных водах на осушенной поверхности, млн.т	Удельное количество соли на единицу осушенной поверхности, кг/м ²	Уровень моря, м	Площадь водной поверхности моря, тыс. км ²	Объем водной массы, км ³	Солеосодержание, г/л.	Осушенная поверхность, тыс. км ²	Масса соли в воде, млн.т	Количество соли в подземных водах на осушенной поверхности, млн.т	Удельное количество соли на единицу осушенной поверхности, кг/м ²	Удельное количество соли на единицу осушенной поверхности, кг/м ²
1997-1998	34,505	6,850	236,359	46,65		11010,85	-		5,51	20,45	112,680	55,0		6197,373			
1999-2000	33,50	6,350	212,725	53,2	0,5	11321,24	-	0,18	4,5	18,750	84,375	68,6	1,75	5788,125	0,570/409,248	0,31	21,827
2001-2002	31,51	5,350	168,579	64,3	1,0	10843,43	0,2519	0,25	2,51	12,850	32,254	136,1	6,90	4386,476	3,294/1401,649	0,45	109,078
					Σ1,5		Σ0,3506						Σ8,65		Σ3,864/1810,897		
2003-2004	30,43	4,900	149,107	82,5	0,45	12287,52	0,1359	0,30	1,43	11,050	15,802	155,2	1,80	2449,233	0,985/1937,243	0,52	175,316
2005-2006	30,20	4,700	141,940	91,5	0,20	12956,91	0,0680	0,34	1,2	8,550	10,261	180,1	2,50	1846,801	1,631/602,432	0,62	70,460
2007-	29,52	4,200	123,984	95,3	0,51	12894,34	0,1784	0,35	0,52	4,700	2,444	211,0	3,85	515,684	1,395/1331,117	0,36	283,216
2008	28,31	4,000	113,24	97,6	0,20	11776,96	0,0714	0,36	0,4(-0,69)	3,200	1,282	289,2	1,5	369,922	0,762/145,762	0,50	45,551
2009	27,38	3,840	105,139	102	0,16	11985,85	0,0630	0,40	0,03	1,000	0,032	356,5	2,2	10,685	0,114/359,237	0,51	359,237
2010	26,66	3,690	98,3754	117	0,15	11509,92	0,0608	0,40	0,02	0,700	0,014	364,6	0,3	5,103	0,157/5,582	0,52	7,974
2011	27,37	3,835	104,964	122	-0,14	12805,61	-0,0615	-0,38	0,08	1,100	0,088	335,4	-0,4	29,518	-0,204/-24,415	-0,50	-22,195
2012	26,36	3,640	95,9504	130	0,19	12473,55	0,0803	0,45	0,075	1,000	0,075	340,63	0,1	25,548	0,051/3,970	0,51	3,970
2013				139					0,07	0,900	0,063	348,2	0,1	21,907	0,052/3,641	0,52	4,046
					Σ1,7 2	Ср.знач. 12595,38	Σ 0,5963						Σ11, 95		Σ4,943/4364,569		
Сумма соли по бассейнами				12595,98				4391,42									
Сумма соли по большому Аралу				16987,41													

В 1960-1969 годах осушенная поверхность составляла 3,046 тыс. км², количество соли в ее подземных водах составило 104,539 млн. т удельное содержание соли на единицу осушенной поверхности - 35,00 кг/м² (табл. 3.2). Через 2 десятилетия (1980-1987) эти показатели достигли 10,770, 709,205 и 64,44, т. е. увеличились в 3,54, 6,78 и 1,84 раза соответственно. За этот период солесодержание воды увеличилось в 2 раза. На первом этапе 20,54 тыс. км² бывшего морского дна покрылось 1100,515 млн. т солью. Пыльные бури ежегодно уносят в среднем 11 млн. т солей из бассейна Аральского моря (если прикинуть пылеунос 30%).

На втором этапе в течении 1987-1990 годов на территории Большого Арала образовалось 10,079 тыс. км² осушенной поверхности с содержанием 869,88 млн. т соли при удельном солесодержании 86,28 кг/м² (табл. 3.3). Из табл. 2 видно, что каждые пять лет до 2006 года осушенная поверхность увеличивалась на 2,365-4,84 тыс. км² с содержанием 537,51-930,97 млн. т соли. За данный период наблюдалось постепенное увеличение удельного солесодержания от 86,28 до 289,87 кг/м².

На Малом Арале наблюдалась другая картина, которая характеризовалась скачкообразным изменением параметров, что связано с поступлением воды из Сырдарьи и построением дамбы между Большим и Малым Аралом. В период первых двух пятилеток (1987-1990, 1991-1995 годы) наблюдался отступ берегов с образованием 0,058 и 0,081 тыс. км² осушенной поверхности с содержанием 4,47 и 6,65 млн. т соли при удельном солесодержании 74,61 и 83,14 кг/м² соответственно. В период 1996-2000 годов уровень и объем воды в море увеличивался и, соответственно, увеличивалась площадь водной поверхности с уменьшением площади ранее осушенного морского дна. В период 2001-2002 годов уровень воды снизился до 39,5 м и образовалось 0,13 тыс. км² осушенной поверхности с содержанием 12,30 млн. т соли при удельном солесодержании 89,78 кг/м². Таким образом, на втором этапе образовалось 30,385 тыс. км² осушенной поверхности с содержанием 4332,7098 млн. т соли. На втором этапе пыльные бури

ежегодно уносят в среднем 64,991 млн.т солей из бассейна Аральского моря (пыпеунос 30%). Необходимо подчеркнуть, что с 2003 года состояние Малого Арала постепенно улучшалось. К 2006 году он пришел в прежнее состояние и имеется возможность увеличения водной поверхности.

Третий этап высыхания современного Арала касается Большого Арала. Судьба его очень печальна. На самом деле третий этап начался в 1997-1998 годах с соединения островов Лазарева и Возрождения. При разделении на западный и восточный бассейны процесс усыхания еще более усилился, особенно, на восточном бассейне.

После 1989 года измерение глубины восточной части моря не было возможным и для выполнения расчета третьей стадии высыхания моря глубина определялась по следующей формуле:

$$h^B = (24 - (53 - h^3)) \quad (2)$$

где: h^B - глубина восточного бассейна, м; h^3 - глубина западного бассейна, м, которая определяется измерительными приборами водных глубин.

По расчетному значению h^B , определенной по формуле (2) и величине поверхности водного зеркала восточного бассейна в период 1997-2002 годов определяли объем воды, который практически соответствует прогнозным данным по Николаеву (1969). При продолжении высыхания до 2009 года разница реального значения $h^B(V^3)$ по сравнению с расчетной по Николаеву и по зависимости (2) увеличивается в 2- 3 раза, т.е. после 2009 года эта зависимость теряет свой смысл относительно восточной части Аральского моря. При уровне воды западного бассейна 28,31 и 27,39 м (2008 и 2009 годы) объем воды восточной части должен быть не менее 30 и 25 км³ с водным зеркалом 12 и 8,8 км² соответственно. Фактически водное зеркало составило 3,200 и 1,000 км² при объеме воды 1,282 и 0,032 км³ соответственно, т.е практически полное высыхание восточной части

моря произошло в 2009 году. Однако, в дальнейшем, с 2010 г, несмотря на снижение уровня воды западного бассейна до 26,66 и 26,36 м в 2010 и 2012 годах объем и поверхность водного зеркала увеличились до 0,063, 0,088 км³ и 1,0-1,10 км² соответственно. Это несоответствие объясняется неравномерной глубиной дна восточного Арала от 2 до 6 м за счет продвижения иловых отложений Амударьи и тяжёлых соляных вод от юга к северо-востоку, которое усилилось воздействием солянопесчаных бурь, особенно, в последнее десятилетие (2000-2012 гг.). Поэтому при расчетах глубину водной массы восточного бассейна в 2003- 2011 гг. принимали по результатам измерений 2012г нашей третьей экспедиции и данным космических фотосъемок, имеющихся в литературе и Интернете.

На третьем этапе в течение 2002-2013 годов на территории восточной части Большого Арала образовалось 11,95 тыс.км² осушенной поверхности с содержанием 4,943 млн.т соли в подземных водах и 4364,569 млн.т соли в виде кристаллических масс. Удельное солесодержание колебалось от 0,05 и 3,64 до 1,63 и 1937,24 кг/м² соответственно для подземных вод и кристаллизованной соли (таб.3.4). Из таблицы видно, что с 2006 до начала 2009 года площадь водной поверхности снизилась от 11,05 до 1,00 тыс км², осушенная поверхность увеличилась на 10,05 тыс км² с содержанием 4,88 и 43795,79 млн.т соли. На этом этапе также наблюдались колебания увеличения удельного солесодержания в пределах от 0,36 и 45,51 до 0,62 и 359,237 кг/м² соответственно для подземных вод и кристаллизованной соли (таб.3.4). Из космофотосъемки видно, что в конце 2009 и начале 2010 годов восточный бассейн Большого Арала практически полностью высох с образованием кристаллических соляных толщ до 48 см (табл.3.5). В 2010 и 2013 годах в зависимости от погодных условий и в связи с перетоком воды от дамбы Малого Арала и водо сборных сооружений водная поверхность восточного бассейна Большого Арала колеблется от 0,7 до 1,1 тыс км².

В отличие от восточного в западном бассейне Большого Арала все параметры изменяются по определенной функциональной зависимости друг

от друга, что объясняется его глубоководностью и связанности с восточным бассейном через Куландский перелив и подземные воды. Из табл.3.4. видно, что скорость образования осушенной поверхности снижается от 1 до 0,04 тыс. км² при сохранении глубины 26,36 м, площади водной поверхности 3,64 тыс. км², объема водной массы 95,95 км³ с содержанием в среднем 12595,38 млн т солей. При данной скорости усыхания бассейн просуществует не более 90 лет. В период с 2002 по 2012 год наблюдался отступ берегов с формированием 1,72 тыс.км² водной поверхности. Таблица 3.5 Изменения толщины кристаллизованных солей восточного бассейна Большого Арала

Таблица.3.5.

Порядковые номера соответствтуют номерам табл.3	Удельное количество кристаллизо ваных солей на единицу осушенной поверхности	Толщина кристаллов соляных масс по годам, см	Рост толщины кристаллов соляных масса в течение года, см
1	21,827	0,99	
2	109,078	4,96	5,95
4	175,316	7,97	13,92
5	70,460	3,20	17,12
6	283,216	12,87	29,99
7	45,551	2,07	32,06
8	359,237	16,33	48,39
9	7,974	0,36	48,75
10	-22,195	-1,01	47,74
11	3,970	0,18	47,92
12	4,046	0,18	48,00

Удельное солесодержание осушенный поверхности с содержанием 0,5963 млн.т соли колеблось в пределах 0,30-0,45 кг/м². В период 2002-2012 годов уровень и объем вода в море уменьшился с 31,51м и 168,579 км³ до 26,36 и 95,95 соответственно. Таким образом, на третьем этапе образовалось 13,67 тыс.км² осушенной поверхности с содержанием 5,64 и 4364,57 млн.т соли соответственно в виде раствора подземных вод и кристаллизованной массы. На третьем этапе пыльные бури ежегодно в среднем уносят 1,79 млн.т. солей подземных вод (при уносе 30%) и 4,36 млн.т. (при уносе1%) из кристаллизованных солей и $(3119,548-20 \cdot 46,75) \cdot 0,1/10 = 18,19$ млн.т. из солевых масс на втором этапа. Всего в среднем за год $1,79+4,364+18,190=24,344$ млн.т. выносятся из бассейна Аральского моря.

При расчете степени улетучивания после подъема на поверхность принимали унос для соли подземных вод 30% от общей массы солей, поскольку при высыхании на осушенной поверхности морского дна образуется рыхлая соляная пушонка, которая начинает улетучиваться со скоростью ветра (не более 1 м/с,) с учетом того, что в толще под рапой глубиной 1-7см соль практически не улетучивается, величина соле уности принята 1%.

Из вышеизложенного вытекает, что процесс осушения дна Аральского моря имеет три зоны по солелетучести, которые определяются областями поэтапных образований солей (рис.3.4).

В первой зоне солевой состав подземных вод перешел от сульфатно – хлоридных к хлоридно-сульфатным с преобладанием сульфатных и хлоридных солей соответственно и количество летучих солей практически оказалось сбалансированным. Общее солесодержание снизилось до не более 60 г/л, уровень воды на дне мене 1-1,5м. Это привело к коренному изменению в количестве видов, число которых составляло 655. В результате сокращения поступления воды уменьшилась площадь тугаев на действующих прирусловых протоках и каналах. В дельтовой части реки Амударьи можно выделить водно-болотные, тугайные, галофитные и пустынные типы сообществ. Водно-болотная растительность представлена в виде формации рогозы (*Typha*), тростника (*Phragmites australis*), роголистника (*Scattophyllum*) и частично в формации рдесты (*Potamogeton*), встречающейся в основном в зоне избыточного увлажнения.

1

2
62

3



1

Юго -восточный Арал. Дата съемки 07.05.2013г.



2

Северо - восточная соляная толща. Дата съемки 04.08.2013г.



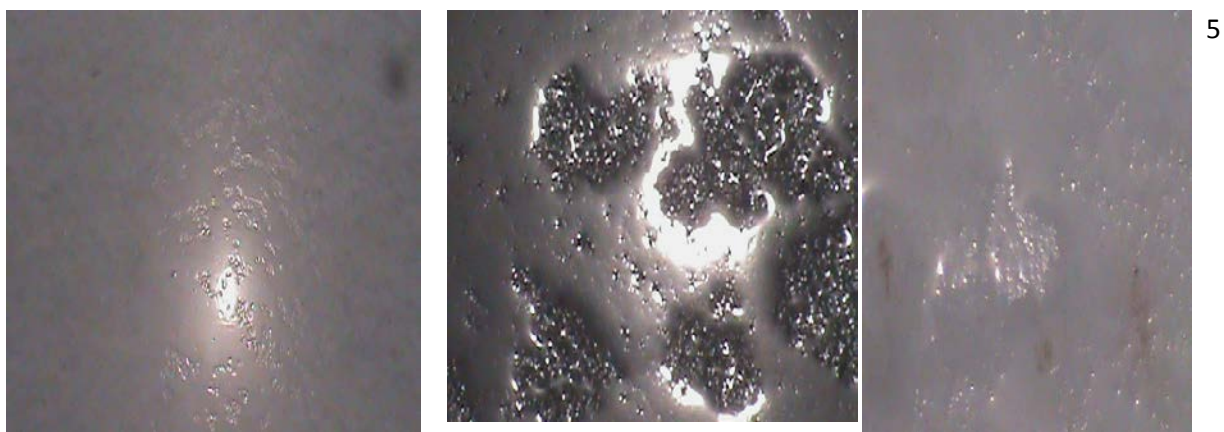
3

Северо - восточная соляная толща. Дата съемки 05.08.2013г.



4

Северо-восточный Арал. Дата съемки 05.08.2013г. Соляные кристаллы под водяным зеркалом.



5

Северо-восточный Арал. Дата съемки 05.08.2013г. Поверхность водного зеркала



6

Северо-восточный Арал. Дата съемки 06.08.2013. Новые соляные кристаллы.



7

Северо-восточный Арал. Дата съемки 05.08.2013г.



8

Восточный Арал. Дата съемки 07.08.2013г. Старые кристаллы(2-3года)

Рис .3.2 Настоящее состояние восточного Арала.

На территории дельты также имеют большое распространение солодковые сообщества, обусловленные благоприятным воздействием внешних факторов и эколого-биологическими особенностями вида. Она прорастает как в заливаемой пойме на самых разнообразных субстратах, а также залежах. В последние годы, в связи с заглублением грунтовых вод в процессе опустынивания общая площадь зарослей солодки в пойме Амударьи, пригодной для сенокосения, составляет не более 3,0 тыс.га (Бакхiev А.Б. 1995).

Также в этой зоне в последние годы резко сократилась площадь галофильной растительности, которая растет на солончаковых почвах: (ажрековые сообщества (*Ailuropus litoralis*), ерманджингиловые (*Tamarix hispida*) и др.). (Рис.3.2)

Вторая зона – это самая страшная сильно возбужденная солеочаговая зона, поскольку оставшихся $(3119,548-46,75*20-4,36*10 = 1747,1$ млн. т) солей достаточно на более 100 лет при ежегодно и среднем уносе пыльной бурей 15 солей из восточного бассейна Большого Арала. (рис.3.2.)

Гретья зона - более свободна от летучести солей. Несмотря на большую в 1,4 раза массу летучесть примерно в три раза меньше, чем во второй зоне. Это связано с тем, что одна часть соли находится в виде сплошного слоя кристаллов с толщиной 2-48см, а вторая часть, покрыта жидкой рапой глубиной 1-20см (рис.3.2 и 3. 3).

1



2



3



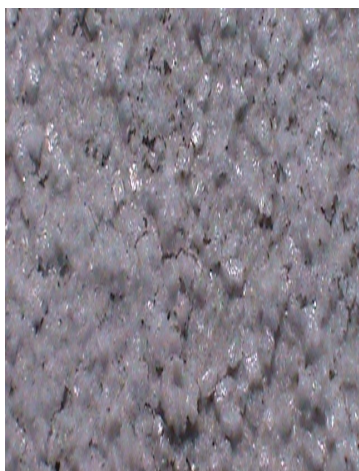
1

Юго-западные соляные морщины. Дата съемки 03.08.2013г(новые)



2

Юго-западные соляные морщины. Дата съемки 04.08.2013г(старые морщины)



3

Северо-западные береговые соляные кристаллы. Дата съемки 08.08.2013г.(2-5км от берега)

Рис .3.3. Настоящее состояние дна западного Арала

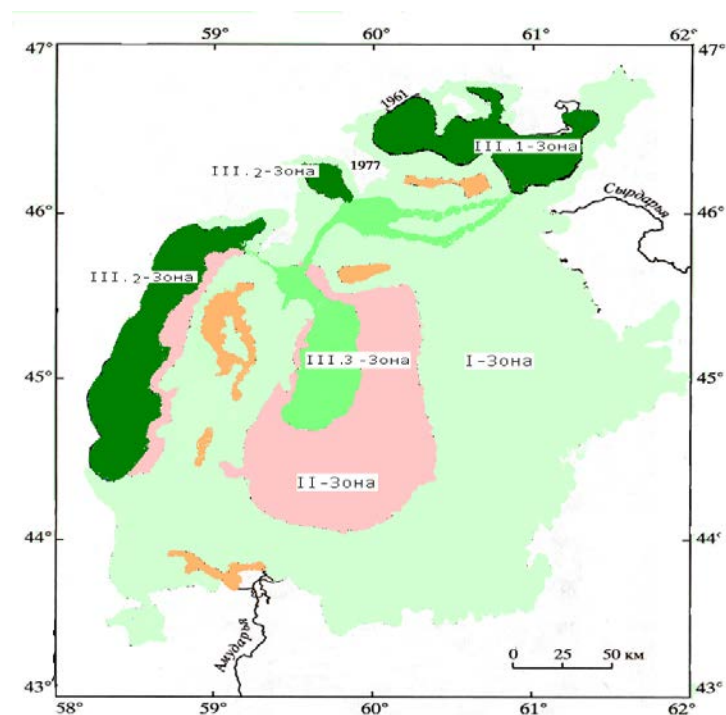


Рис.3.4. Границы зоны осушенной поверхности Аральского моря.

В 1908 году по Белову объем водного тела составлял 1050 км^3 при солености 10 г/л и содержании 10500 млн.т солей. В течение 1908-1985 годов из Амударьи поступило 3148 км^3 , а из Сырдарьи - $901,2 \text{ км}^3$ воды. В период 1986-2001 годов - $138,99$ и $66,16 \text{ км}^3$ соответственно. Значит, в период 1908-2001 годов поступило $3286,99$ и $967,36 \text{ км}^3$ воды соответственно из Амударьи и Сырдарьи. При солености $0,6 \text{ г/л}$ и $0,3 \text{ г/л}$ соответственно с водой Амударьи и Сырдарьи поступило $3148 \cdot 0,6 + 901,2 \cdot 0,3 = 2159,16 \text{ млн. т}$ солей. Таким образом, в Аральском море теоретически имеется $10500 + 2159,16 = 12659,16 \text{ млн.т}$ солей. Как показывают данные табл. 3.1, 3.2 и 3.3 суммарное содержание солей равно соответственно $11832,675$, $12359,086$ и $15022,71 \text{ млн. т}$. Среднее содержание солей составляет $12968,408 \text{ млн. т}$, т.е. ошибка прогноза не превышает $\pm 16\%$.

3.3. Изображение на диаграммах циклических и периодических физико – химических процессов, происходящих в рассолах Аральского моря.

Представление о годовых циклах изменения состава озерных рассолов ввел в науку Н. С. Курнаков в 1926 г. Он же предложил и способ изображения на диаграммах процессов, происходящих в рассолах соляного

водоема под влиянием климатических метеорологических факторов, испарения воды, размеров водосбора, применяемого режима питания и др.

Диаграммы, изображающие изменение состава рассолов или жидкой фазы и фазовый состав системы, климатические условия и время, названы циклохронограммами. Если в диаграмме отражены только ежегодные изменения состава рассола (интервал наблюдения – год), то она называется циклограммой.

Подобные наблюдения над изменением состава рассолов Сивашском, Эльтон, Анж-Булат, в дельте Волги, Кучук и др. В настоящее время они являются обязательными для всех водоемов, представляющих интерес для практики.

Методы расчета составов соляных озер

При анализе соляных рассолов первичное выражение их состава дается в весовых процентах ионов. Соотношение между количествами различных ионов или групп ионов может быть представлено весьма значительным числом коэффициентов, например Cl/SO_4 , Na/K и другими. Существует также различные формулы, например формула Курлова и другие, для наглядного представления состава рассолов в их ионном выражении. Значительно нагляднее состав соляной массы озер или месторождений может быть выражен в форме солей. Однако общепринятого способа выражения состава соляной массы в форме солей нет.

Наиболее рационально выражать солевой состав, руководствуясь в основном последовательностью выделения солей при испарении рассолов. Ион бикарбоната HCO_3 , связывают в первую очередь с кальцием. Если последнего оказывается меньше, HCO_3 , то избыток бикарбоната связывают с магнием в $Mg(HCO_3)_2$, и если иона магния нехватает, то образуется $NaHCO_3$.

Углекислый кальций ион имеется в избытке по отношению к иону HCO_3 , то связывают избыток иона кальция с ионом SO_4 . Если иона кальция

больше, чем SO_4 , то появляется свободный хлористый кальций, присущий второй группе соляных озер, так называемых «хлоркальциевых».

При избытке иона SO_4 , образуется MgSO_4 ; при нехватке иона магния появляется Na_2SO_4 . Если остается избыток иона магния по сравнению с SO_4 , то получается MgCl_2 . Калий всегда выражается в виде хлористого калия, а бром в виде MgBr_2 .

Годичные циклы. Изображение систем полностью характеризующих состояние рассола в естественном водоеме, без некоторой потери наглядности невозможно. Поэтому по предложению Н. С. Курнакова были введены ряд упрощений при построении диаграмм применительно к хлоридно – сульфатным рассолам.

Построение циклохронограммы ведут следующим образом. Пересечение двух взаимно перпендикулярных осей обозначают нулем. На полученных четырех осях откладывают четыре независимых параметра. Вправо от нуля по оси абсцисс откладывают число молей сульфата натрия, приходящихся на 1000 молей воды, влево число молей хлорида магния, вниз по оси ординат удвоенное число молей хлорида натрия, а вверх – температуру или время, измеряемое в сутках.

Выбор солей, характеризующих состояние системы, зависит от температуры района, где расположен соляной водоем. При повышенных среднегодовых температурах выбирают хлориды натрия и магния, сульфат магния, при пониженных среднегодовых температурах вбирают ранее описанный вариант.

Построение циклохронограмм для рассолов второго класса ведут аналогичным образом, однако порядок построения следующий: по оси абсцисс вправо от нуля откладывают содержание хлорида натрия, влево – хлорида магния, а вниз по оси ординат – хлорида кальция.

Следует заметить, что на диаграмме состав – температура физико – химические происходящие в рассоле природного соляного водоема, видны более отчетливо.

Циклограммы строят следующей образом: на диаграмму солевой системы, характеризующей наиболее точно состав рассола природного водоема, наносят последовательно (чаще всего с интервалом в месяц) состав рассола; фазовый состав системы описывается в тексте. Каждый год изменение состава рассола и фазовый состав системы описывается в виде отдельной циклограммы.

На таблицах 3.6, 3.7 и рис. 3.5, 3.6 показана циклохронограмма, показывающая изменение состава и температуры Аралское море в течение 2012 и 2013 годов. Как видно из рисунка, цикл изменения состава рассола замкнут зигзагообразно, следовательно, повышения концентрации солей в море происходит на 10г/л в течение года. Видимо происходит испарение воды из рассола .

Периодические процессы. Изменение метеорологических и климатических условий, весенне-летнее испарение рассолов, несбалансированное с поступлением воды, носят направленный

Изменения химического состава Аральского моря в годовых циклах

№	Наименование	Влага, %	Ионный состав, %						Минералогический состав, %						
			Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	KCl	CaSO ₄	Na ₂ SO ₄	NaCl	MgCl ₂	∑ _{соль} =11,533	H ₂ O
1	+25.12	-	2,48	0,12	0,08	0,84	5,77	1,94	0,109	0,272	2,58	5,242	3,33	11,533	88,47
2	+15.12	-	2,57	0,12	0,085	0,78	5,4	1,6	0,109	0,289	2,06	4,913	3,089	10,46	89,54
3	+5.12	-	2,6	0,13	0,078	0,73	5,8	1,7	0,118	0,265	2,24	5,804	2,89	11,32	88,68
4	-15.12	Кри	1,7	0,099	0,059	0,52	3,95	1,5	0,09	0,201	2,01	3,823	2,059	8,18	91,82
5	-10.12	Кри	1,75	0,09	0,045	0,57	4,0	1,3	0,08	0,153	1,76	3,672	2,28	7,866	92,14
6	-5.12	Кри	2,09	0,099	0,069	0,75	5,29	1,3	0,09	0,235	1,68	4,911	2,97	9,886	90,114
7	0.12	Оз.кри	4,8	0,24	0,13	1,59	10,169	3,67	0,218	0,442	4,97	8,654	6,29	20,574	79,43
8	+5.12	-	2,2	0,11	0,057	0,6	4,55	2,16	0,10	0,194	2,99	4,417	2,38	10,08	89,92
9	+15.12	-	2,56	0,138	0,074	0,85	5,68	2,4	0,126	0,252	3,28	5,017	3,37	12,05	87,96
10	+27.12	-	2,3	0,13	0,07	0,8	5,3	1,4	0,118	0,238	1,82	4,634	3,168	9,98	90,02
11	+25.13	-	2,76	0,13	0,078	0,93	6,4	2,16	0,118	0,265	2,92	5,821	3,68	12,804	87,196
12	+15.13	-	2,7	0,15	0,08	0,84	5,6	2,3	0,136	0,272	3,12	4,918	3,33	11,776	88,224
13	+5.13	-	2,7	0,15	0,07	0,89	5,79	1,9	0,136	0,238	2,56	4,984	3,53	11,448	88,552
14	-15.13	Кри	2,6	0,125	0,075	0,85	6,65	2,3	0,114	0,255	3,14	6,635	3,37	13,514	86,486
15	-10.13	Кри	2,2	0,1	0,07	0,76	4,87	1,96	0,091	0,238	2,65	4,168	3,009	10,156	89,844
16	-5.13	Кри	2,5	0,12	0,075	0,8	5,56	1,88	0,109	0,255	2,51	5,077	3,168	11,119	88,881
17	0.13	Оз.кри	4,2	0,22	0,12	1,27	7,98	3,2	0,20	0,408	4,31	6,625	5,03	16,573	83,43
18	+5.13	-	2,4	0,158	0,07	0,8	5,4	2,3	0,144	0,238	3,15	4,756	3,168	11,46	88,54
19	+15.13	-	2,25	0,13	0,07	0,79	5,4	1,97	0,118	0,238	2,66	4,848	3,13	10,994	89,01
20	+27.13	-	2,34	0,1	0,06	0,79	5,4	1,76	0,091	0,204	2,39	4,893	3,13	10,71	89,29

Таблица 3.7

Номер образцов соответствует номерами таб 3.5	Моль, %			Моль/1000моль H ₂ O			
	Na ₂ SO ₄	NaCl	MgCl ₂	Na ₂ SO ₄	NaCl	MgCl ₂	H ₂ O
1	0,018	0,044	0,035	3,66	8,94	7,11	4,92
2	0,015	0,041	0,033	3,02	8,25	6,64	4,97
3	0,016	0,049	0,030	3,25	9,94	6,09	4,93
4	0,014	0,032	0,022	2,75	6,27	4,31	5,10
5	0,012	0,031	0,024	2,34	6,05	4,69	5,12
6	0,012	0,041	0,031	2,40	8,18	6,19	5,01
7	0,035	0,073	0,066	7,94	16,55	14,97	4,41
8	0,021	0,037	0,025	4,21	7,41	5,01	4,99
9	0,023	0,042	0,035	4,70	8,59	7,16	4,89
10	0,013	0,039	0,033	2,60	7,80	6,60	5,00
11	0,021	0,049	0,039	4,34	10,12	8,06	4,84
12	0,022	0,041	0,035	4,49	8,38	7,14	4,90
13	0,018	0,042	0,037	3,66	8,54	7,52	4,92
14	0,022	0,056	0,035	4,57	11,64	7,28	4,81
15	0,019	0,035	0,032	3,81	7,01	6,41	4,99
16	0,018	0,043	0,033	3,64	8,70	6,68	4,94
17	0,030	0,056	0,053	6,47	12,07	11,42	4,64
18	0,022	0,040	0,033	4,47	8,13	6,71	4,92
19	0,019	0,041	0,033	3,84	8,28	6,67	4,95
20	0,017	0,041	0,033	3,43	8,27	6,65	4,96

Изменения химического состава Аральского моря в годовичных циклах

Изменения носят многолетний характер и вызывают изменение состояния водоема. Понижается уровень стояния рассола, уменьшается размер водоема, изменяется состав рассола, фазовый состав твердых отложений и их количество.

Из рис. 3.5 и 3.6 наблюдается интенсивная минерализация рассола, цикл не замкнут и состав рассола ежегодно смещается в область больших концентраций солей. По предложению Н. С. Курнакова и М. Г. Валяшко циклы, в которых отмечается изменение растворимости соли с изменением температуры, названы политермическими (оз. Кучук, залив Кара-Богаз-Гол). Если в бассейне летом происходит выделение соли (солей) за счет испарения, а зимой – охлаждения, такие циклы называют смешанными. Так, например, до летней садки галита, начавшейся в 2009 г., а затем и эпсомита, как Кара-Богаз-Гола для Аральской море тоже характерен политермический цикл рапы, - в зимнее время осаждаются мирабилит. Но вследствие непрерывной минерализации рассола цикл превратился в смешанный и физико – химические процессы заметно усложнились.

На рис. 3.5 и 3.6 показан цикл изменения состава рассола Аральского моря за 2012 и 2013 год, из которого видно, что соотношения $MgCl_2 / NaCl$ и $Na_2SO_4 / NaCl$ увеличивается от 0,72 и 0,80 до 0,78 и 0,88 соответственно, также минерализация рассола увеличилась даже за два года.

Развитие процессов такого рода обычно приводит к образованию соляных засух, которые в течение какого-то периода (иногда довольно продолжительного) покрывают поверхность смесью межкристального рассола которые являются сырьем для получения сульфата натрия.

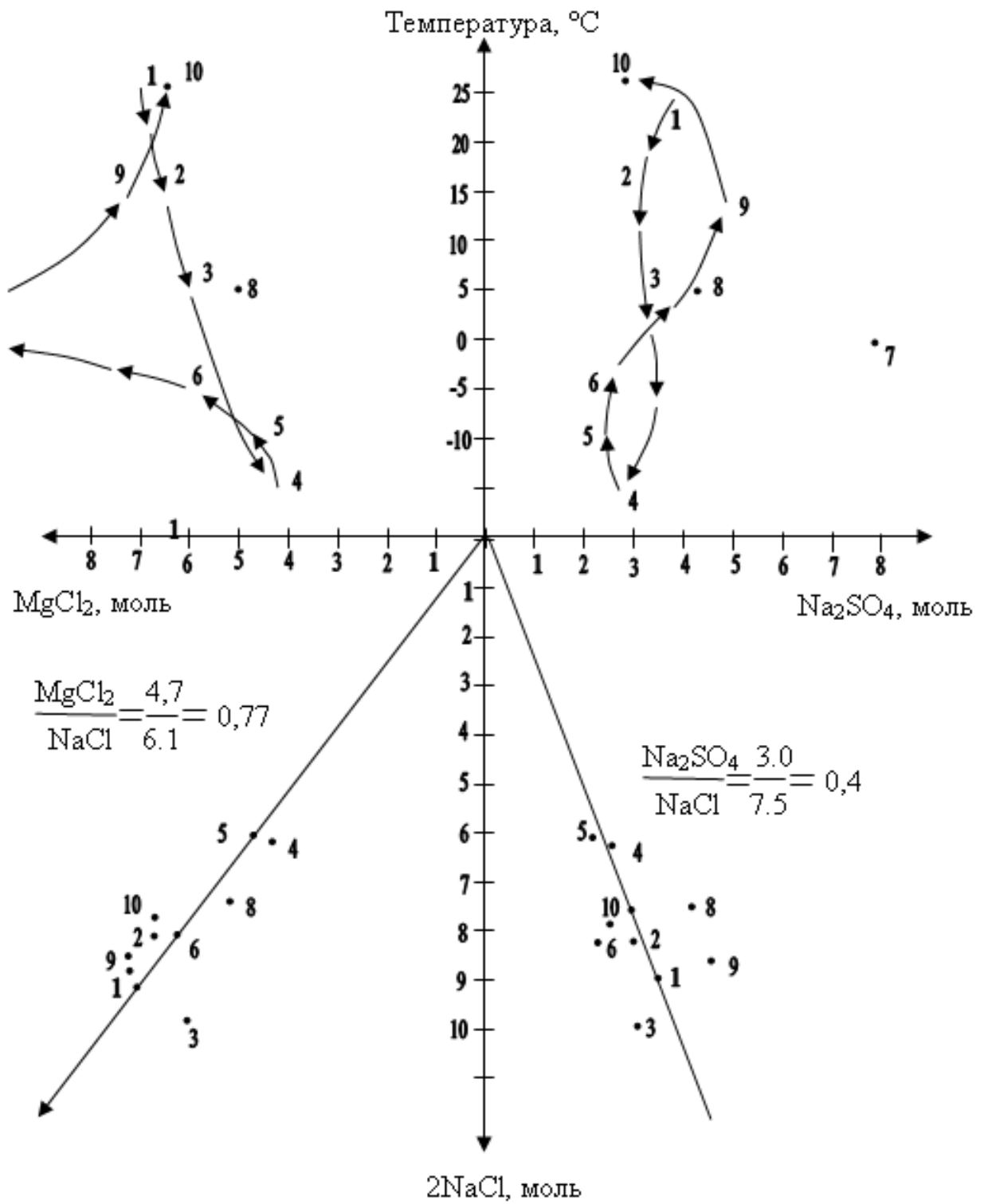


Рис.3.5. Циклохронограмма изменения состава и температуры Аральского моря в течение 2012 года.

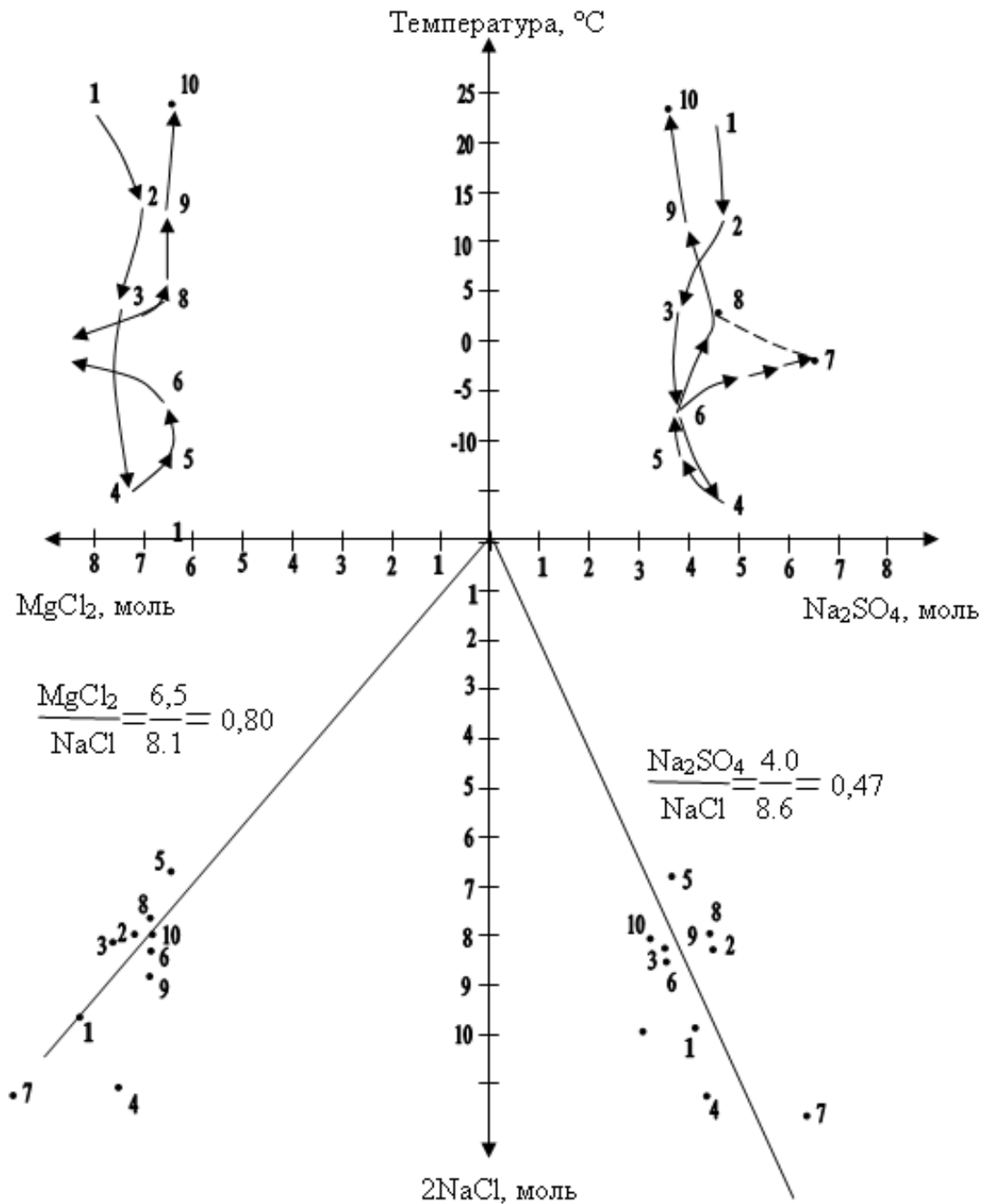


Рис.3.6. Циклохронограмма изменения состава и температуры Аральского моря в течение 2013 года.

Зависимость режима соляных водоемов от климатических колебаний изучена А. В. Шнитниковым. Впервые периодические изменения в состоянии

озер были отмечены русским академиком И. Т. Гmeliным, а в конце XIX в. – Э.А.Брикнером.

Как установлено в настоящее время, периоды колебания климата, гидрологические и другие явления природы связаны с изменением солнечной активности: ее увеличение усиливает атмосферную циркуляцию. В районах преобладания циклонов количество осадков увеличивается; там, где господствуют антициклоны, - убывает. Исследования иловых отложений позволяют установить климатические колебания на протяжении многих сотен и тысяч лет.

3.4. Минералогический состав солевых отложений дна Аральского моря

В результате изучения проб отложения Аральского региона рентгенофазовым анализом (Дрон - 2) в них были установлены следующие комплексы парагенных минералов.

Хемогенные (породообразующие) минералы представлены преимущественно карбонатами кальция и магния (кальцит, доломит), сульфатами кальция (гипс) и сульфатами натрия (мирабилит)-. Остальные встречаются в акцессории.

Карбонаты кальция и магния донных осадков Аральского моря отличаются многообразием морфологических и генетических форм. В настоящее время воды Арала, несмотря на продолжающееся снижение его уровня, находятся на стадии карбонатного осолонения. Причем морская вода пересыщена по карбонату. По нашим данным: карбонатного вещества здесь содержится от единиц до 70—80%. Распределение карбонатов и поверхностном (до 1 м) слое осадков нами выделяется еще одно поле относительно высокой карбонатности — Восточно - Аральская карбонатная зона. По данным указанных авторов, карбонатное вещество поступает в море преимущественно во взвешенном и растворенном состоянии из рек (Амударьи и Сырдарьи).

Меньшее количество поступает в водоем за счет размыва берегов и эоловым путем. Наибольшая карбонатность, по данным химических анализов, отмечается для тонкозернистых осадков центральных участков Большого моря и западно-аральской глубоководной зоны. Здесь эти породы являются по существу мергелями.

Гипс ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Среди донных осадков Аральского моря исключительно хемогенный. Кристаллы гипса различной величины — от сотых долей миллиметра до 2—3 см. Они образуют либо отдельные включения в породах, либо самостоятельные прослои мощностью до 35 см (точки 10, 13 и 14), в той или иной мере загрязненные иловым материалом и залегающие выше солей.

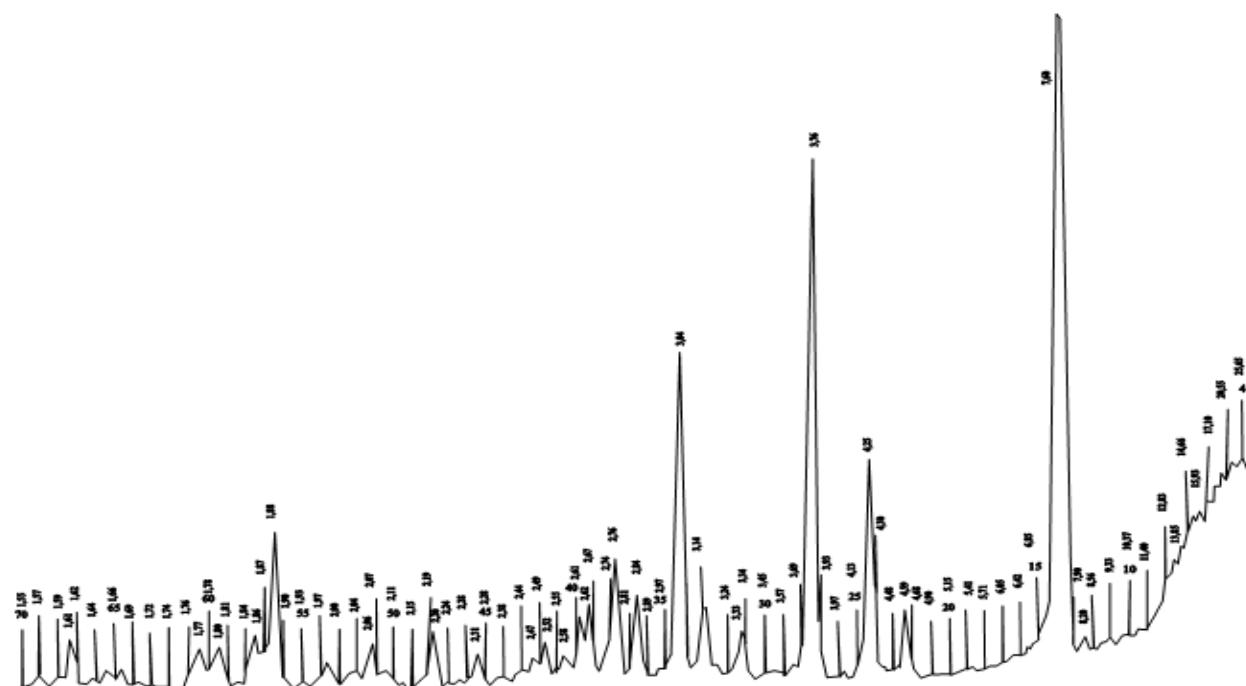
Несомненно, каждая из форм этого минерала свидетельствует об особенностях его накопления, т. е. генезисе осадков. Так, диагенетические гипсовые розы из дельтовых отложений восточного мелководья Арала резко отличны от хемогенных тонкокристаллических гипсовых отложений глубоководных зон. Имеются сведения о том, что чечевице-подобные кристаллы формируются чаще всего за счет диагенетического преобразования сульфата кальция, как, например, в грунтах Голодной степи тогда как удлиненно-призматические кристаллы при их свободном росте путем выпадения сульфата кальция из воды.

Таблица 3.8

**Минералы, встреченные в донных, береговых и дельтовых осадках
Арала**

Номер пробы	Минерал	Кристаллохимическая формула.
	Селенит волокнистый, разновид гипса	$\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$
10	Гипс	$\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$
	Сильвин	KCl
	Селитра (нитро натрит)	$\text{Na}[\text{NO}_3]$
	Эпсомит	$\text{Mg}[\text{SO}_4] \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
	Хлорит	$(\text{Mg}, \text{Fe})_{6-n} (\text{Al}, \text{Fe}^{3+})_n (\text{OH}) \cdot \text{AlnSi}_{n-4}\text{O}_{10}$
	Астраханит (бледит)	$\text{Na}_2\text{Mg}[\text{SO}_4]_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
	Галит	NaCl
	Нашатырь (саламонит)	NH_4Cl
	Бишофит	$\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

	Тахигидрит	$\text{CaMg}_2\text{Cl}_6 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$
13	Сильвин	KCl
	Нашатырь (саломанит)	NH_4Cl
	Сульфгалит	$\text{Na}_6[\text{F/Cl}(\text{SO}_4)_2]$
	Фтористый галит	NaF/Cl
	Бемит	$\text{AlO}(\text{OH})$
	Бишофит	$\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
	Серпентин	$\text{Mg}[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_8$
	Селенит (волокон. Разнов. гипса)	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
14	Гипс	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
	Сильвин	KCl
	Эпсомит	$\text{Mg}[\text{SO}_4] \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
	Сульфогалит	$\text{Na}_6[\text{F/Cl}_2(\text{SO}_4)_2]$
	Галит	NaCl
	Фтористый галит	Na[F/Cl]
	Серпентин	$\text{Mg}[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_8$
	Хлорит	$(\text{Mg,Fe})_{6-n}(\text{Al,Fe}^{3+})_n(\text{OH}) \cdot \text{Al}_n\text{Si}_{n-4}\text{O}_{10}$
	Ктенасит	$(\text{Cu,Zn})_3 \cdot [(\text{OH})_4/\text{SO}_4] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
	Астраханит (бледит)	$\text{NaMg}[\text{SO}_4]_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
	Гиббсит (гидраргилит)	$\text{Al}(\text{OH})_3$
	Нашатырь (саломанит)	NH_4Cl
	Ангидрит	CaSO_4
	Бишофит	$\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
	Карналлит	$\text{KMgCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
	Митчерлихт	$\text{K}_2[\text{CuCl}_4(\text{H}_2\text{O})_2]$
	Бисмохлит	BiOCl
	Матлоксит	PbFCl



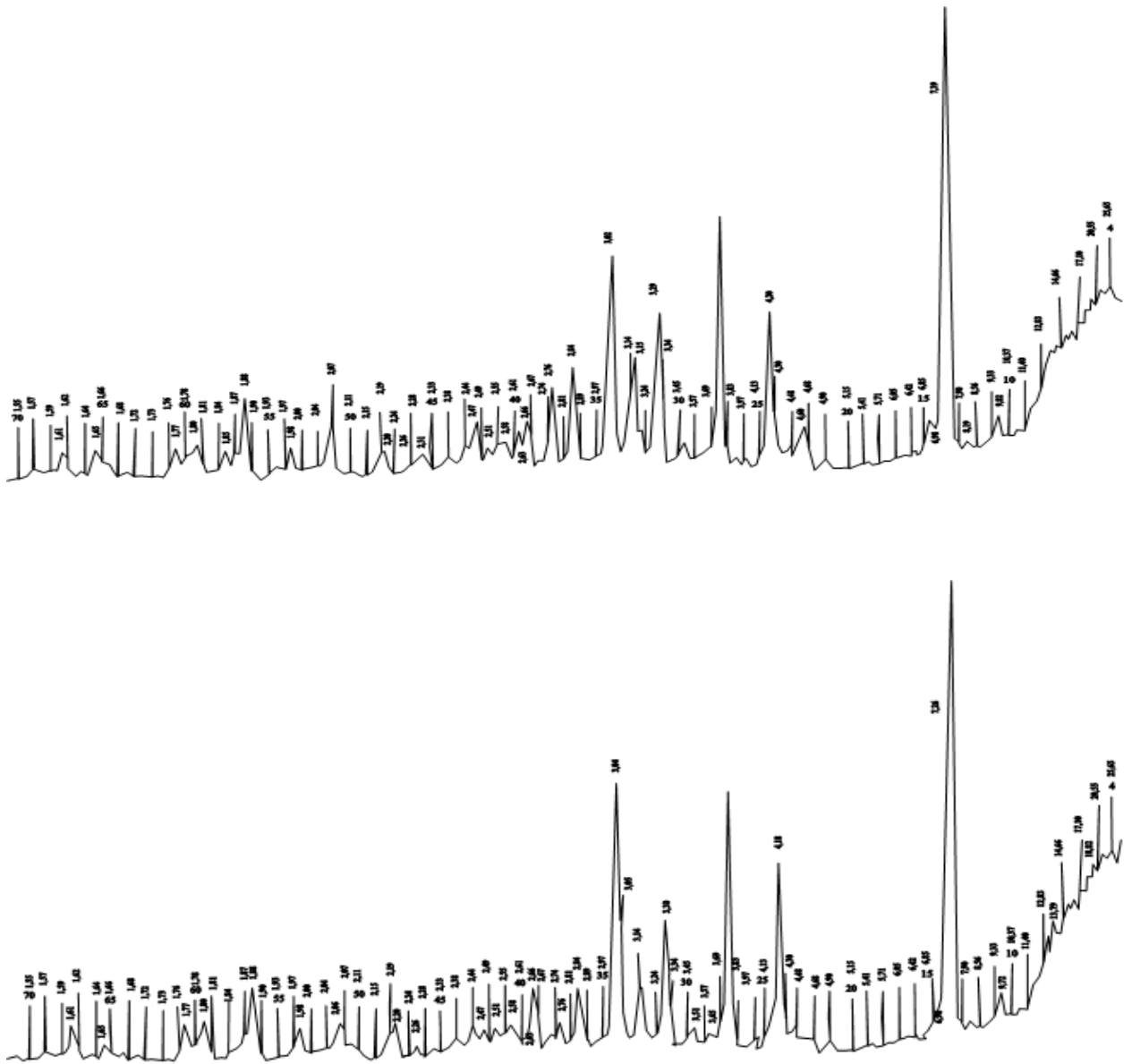


Рис-3.7.Рентгенограмма донных осадков Аральского моря

На рис. 3.7 приведены дифрактограммы некоторых проб из донных осадков Аральского моря. Гидрослюда присутствует в большинстве проб в значительном количестве (пики с отметкой около 10A°). Особенно четко вырисовываются пики в образцах 10, 14. На кривых 13(юго-западный участок Большого моря) они малозаметны представлена преимущественно гидрослюдой, очень плохо окристаллизованной. Монтмориллонит, каолинит присутствуют здесь в небольшом количестве. Местоположение проб с наибольшим количеством

гидрослюды вблизи **Амударьи** и **Сырдарьи** свидетельствует об их аллювиальном привносе.

Пики с отметкой 7 \AA имеются почти на всех кривых и указывают на наличие (иногда в значительном количестве) каолинита, особенно **вблизи северных** и северо-западных берегов Арала. Какую-либо закономерность в изменении состава глинистых минералов по дифрактограммам определить трудно.

Кроме вышперчисленных минералов в незначительном количестве: в обр №10 литчерликинит $\text{K}_2[\text{CuCl}_4(\text{H}_2\text{O})_2]$, атахало $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{Cl}$, нотунит PbCl_2 , каломсль HgCl_2 , керарчирит (хлороргприт) AgCl ; в обр № 3 бисмоклит BiOCl .

Таблица 3.9

Элементы примеси по данным спектрального анализа (в%).

Маар образца	Si	Al	Ca	Na	Fe	Mg	P	Ti	Ba	Mn	Cr	Cu	Mo
9 -1	>3	2.0	>3	≥ 3	0.2	≥ 3	-	0.04	-	0.01	-	0.0003	0.0002
10	>3	3.0	≥ 3	1.1	0.3	≥ 3	-	0.06	-	0.02	-	0.0003	-
10 -Г	>3	2.0	>3	»3	0.2	3.0	-	0.04		0.01	-	0.0005	0.0002
13	»3	>3	>3	3.0	0.4	>3	0.1	0.1	0.01	0.05	0.003	0.001	-
14	»3	≥ 3	>3	3.0	0.4	3.0	0.1	0.1		0.05	0.003	0.001	-

Примечание » высокие содержания >3% - больше трех процентов \geq больше трех процентов или равно 3%.

По минеральному составу глинистые илы толщи голоценовых осадков аналогичны илам поверхностного слоя. Наблюдается приуроченность повышенных количеств гидрослюды к дельтам рек, монтмориллонита — к северным берегам моря, откуда они выносятся из размываемых монтмориллонитовых глин палеогена.

В береговых и дельтовых осадках минералы глин встречаются в таком же наборе, как и в донных, однако соотношение наиболее распространенных минералов здесь несколько иное. Судя по данным дифрактометрического и

электронно-микроскопического анализа в береговых осадках северных участков моря, где коренные породы почти сплошь представлены полеогеновыми глинами, наиболее распространен монтмориллонит . В дельтовых осадках Амударьи преобладает гидрослюда. Остальные минералы глин (каолинит, палыгорскит) то в большем, то в меньшем количестве встречаются почти всюду.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Настоящая работа посвящена изучению физико – химических свойств и минералогического состава солевых отложений на основе исследований разрезов донных отложений Аральского моря (Узбекистан) и взаимосвязи распределении солей в подземных водах, осушенной поверхности и морской воде с климатическим и сезонными факторами.

1. Анализ литературных источников показывает, что на изменение уровня воды в Аральском море влияют четыре фактора;

- изменения естественного климата;
- ритмическая деятельность солнца;
- разлом, разделяющий две тектонические зоны – восточную, Арало – Кызылкумскую, западную, Устюртскую;
- антропогенные факторы.

Эти факторы комплексно влияют на судьбу Аральского моря, но за последние полвека усилился антропогенный фактор, который ускорил усыхание на несколько сотен лет раньше .

2. В первой зоне солевой состав подземных вод перешел от сульфатно –хлоридных к хлоридно-сульфатным с преобладанием сульфатных и хлоридных солей соответственно и количество летучих солей практически оказалось сбалансированным. Общее солесодержание снизилось до не более 60 г/л, уровень воды на дне мене 1-1,5м.

-Вторая зона – это самая страшная сильно возбужденная солеочаговая зона, поскольку оставшихся $(3119,548-46,75*20-4,36*10 = 1747,1$ млн. т) солей достаточно на более 100 лет при ежегодно и среднем уносе пыльной бурей 15 солей из восточного бассейна Большого Арала.

-Третья зона - более свободна от летучести солей. Несмотря на большую в 1,4 раза массу летучесть примерно в три раза меньше, чем во второй зоне. Это связано с тем, что одна часть соли находится в виде сплошного слоя кристаллов с толщиной 2-48см, а вторая часть, покрыта жидкой рапой глубиной 1-20см.

3. В результате изучения проб отложения Аральского региона рентгенофазовый анализот (Дрон - 2) в них были установлены следующие комплексы парагенных минералов.

Хемогенные (породообразующие) минералы представлены преимущественно карбонатами кальция и магния (кальцит, доломит), сульфатами кальция (гипс) и сульфатами натрия (мирабилит)-. Остальные встречаются в акцессории.

4. На основании проведенных экспериментальных исследований в диссертации решены актуальные научно-технические задачи по созданию химического и минералогического состава солевых отложений Арльского моря .

Исходя из вышеизложенного вытекает, что одновременно с изысканием пути улучшения состояния Аральского моря, необходимо принять меры по предотвращению пылеуноса, что уже сейчас наносит большой экологический и экономический ущерб не только Приаральскому региону, но и Евразии. По нашему мнению, в первую очередь необходимо провести следующие мероприятия:

- закреплять солевую пушонки на территории второй зоны с применением различных солезакрепителей;
- построить коллектора по направлению от юга к северу, чтобы грунтовые подземные воды текли от второй зоны к третьей;
- на территории с заниженной соленостью осуществить посадку соле и жароустойчивых растений;
- организовать переток рапы из третье зоны в западный бассейн Большого Арала.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авербух А.Г. Изучение состава и свойств горных пород при сейсморазведке. М.: Недра, 1982. - 232 с.
2. Абрамова Т.А. К позднеголоценовой истории Аральского моря // Вест. МГУ. 1979. Сер. 5. № 3. - С. 19-26.
3. Алексеев А.С., Добринский В.И., Никитин М.Г. Результаты вибросейсмических исследований в Черном море // Методика и техника сейсмоакустических и вибросейсмических исследований на акваториях. 1988. - С. 94106.
4. Андреева М.А. Озера Среднего и Южного Урала. Ч.: Южно-Уральское книжное изд-во, 1973. - 273 с.
5. Андрианов Б.В. История воздействия сельского хозяйства на природу Аральского региона // Изв. АН . 1991. Сер. № 4. - С. 47-61.
6. Бабаев А.Г., Кирста Б.Т. Некоторые аспекты омоложения экологической ситуации в Приаралье // Изв. АН . 1991. Сер. № 4. - С. 89-95.
7. Бабенко К.М., Исмагилов Д.Ф., Огиенко Е.В. и др. Результаты первых сейсмических исследований КМПВ на Аральском море.// П ДАН 1980Т. 255,- №2,- С. 410-412.
8. Безродных Ю.П., Делия С.В., Лисин В.П. Применение сейсмоакустических и сейсмических методов для изучения газоносности грунтов Северного Каспия // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 2001. №5. - С. 476-480.
9. Безродных Ю.П., Лисин В.П., Федоров В.И., Кутузов А.Н. Опыт применения сейсмоакустики и компенсирования её с другими методами при инженерных изысканиях и обследовании подводных трубопроводов // Разведка и охрана недр. 2002. №1. - С. 2-5.
10. Беспалый В.Г. Климатические ритмы и их отражение в рельефе и осадках -М.: Наука, 1978.- 186 с.

11. Богданова Н.М., Костюнченко В.П. Процессы соленакопления на осушившемся дне Аральского моря и их связь с геоморфологическими и литологическими условиями // Известия АН . 1977. Сер.геогр. №3. С. 4456
12. Бортник В.Н., Кукса В.И., Цыцарин А.Г. Современное состояние и возможное будущее Аральского моря // Изв. АН . 1991.Сер.№ 4. - С. 62-69.
13. Андреев С.И., Андреев Н.И. Эволюционные преобразования двустворчатых моллюсков Аральского моря в условиях экологического кризиса. Омск: Изд-во ОмГП 2003. 382с.
14. Амиргалиев Н.А. Арало-Сырдарьинский бассейн (гидрохимия, проблемы водной токсикологии). Алматы, Бастау, 2007. 224с.
15. Аладин Н.В., Плотников И.С.Современная фауна остаточных водоемов, образовавшихся на месте бывшего Аральского моря // Тр. Зоол. ин-та РАН. 2008. Том 312, № ½. С.145-154.
16. Аладин Н.В., Котов С.В. Естественное состояние экосистемы Аральского моря и ее изменение при антропогенном воздействии // Тр. Зоол. ин-та АН. 1989. Т. 199. С. 4-24.
17. Аладин Н.В., Критический характер биологического действия каспийской воды соленостью 7-11 г/кг и аральской воды соленостью 8-13 г/кг // Тр. Зоол. ин-та АН, 1989. Т. 196. С. 12-21.
18. Глазовский Н.Ф. Аральский кризис. Причины возникновения и пути выхода. М.: Наука, 1990.-230 с.
19. Голубцов В.В., Морозова О.А. Прогноз изменений уровня Аральского моря на ближайшие десятилетия // Вопросы колебаний климата и водных ресурсов. 1972. № 44. - С. 105-123.
20. Горелов Э.М. Колебание уровня озер в юго-восточном Приуралье в историческом прошлом // Тр. Лабор.Озероведения.т. XV, М.-Л., Изд. АН , 1963.
21. Городецкая М.Е. О террасах Аральского моря // Геоморфология. 1978. № 1,-С. 46-55.

22. Данилина Г.С., Журавлев А.С., Мирандов В.Л. Опыт литолого-стратиграфического расчленения рыхлых морских отложений сейсмоакустическими методами. // Разведочная геофизика 1977. №79. - С. 93-101.
23. Мирабдуллаев И.М., Жолдасова И.М., Казахбаев С. и др. современное состояние экосистемы Западной части Аральского моря // Проблемы сохранения и рационального использования биологических ресурсов водоемов Узбекистана. Ташкент. 2001. С. 74-78.
24. Мирабдуллаев И.М. Развитие артемии в Аральском море // Биоразнообразии артемии в странах СНГ: современное состояние ее запасов и их использование: Сб. докл. Междунар. научно-исслед. семинара. Тюмень. 2004. С. 51-55.
25. Маев Е.Г. и др., 1983. Новые данные по голоценовой истории Аральского моря В сб. Палеогеография Каспийского и Аральского морей в кайнозое. Ч. 2. Изд-во МГУ. С.133-144.
26. Кравцова В.И., Лурье И.К., Марков Д.В. Картографирование изменений береговой линии Аральского моря по космическим снимкам // Геодезия и картография. 2001. № 4. С. 32-39.
27. Кравцова В.И., Лурье И.К., Мудря Т.М. Космический мониторинг усыхания Арала // Геодезия и картография. 2002. № 10. С. 46-52.
28. Кравцова В.И., Мудря Т.М. Сезонные изменения береговой зоны Аральского моря по материалам космической съемки. Вести. Моск. ун-та, сер. 5 геогр., 2004. № 5. С. 46-53.
29. Кесь А.С. Палеография Аральского моря в позднем плейстоцене // Палеогеография Каспийского и Аральского морей в кайнозое. 1983. 4.2. - С. 97-106.
30. Кесь А.С., Андрианов Б.В., Итина М.А. Динамика гидродинамической сети и изменения уровня Аральского моря // Колебание увлажненности Арало-Каспийского региона в голоцене. 1980. - С. 185-197.
31. Климанов В.А., Никифорова Л.Д. Изменение климата на северо-востоке Европы за последние 2000 лет. // Доклады АН . 1982. Т.267. № 1.-С. 164-167.

32. Климанов В.А., Хотинский Н.А. Палеоклиматы Голоцена Европейской территории . М.: Институт географии АН . 1988г. - С. 46-87.
33. Коган К.В. и др. Опыт применения ВЧ сейсмоакустики в черноморской впадине // Методика и техника сейсмоакустических и вибросейсмических исследований на акваториях. 1988. - С. 26-35.
34. Козлов В.И., Козлов В.В. Этнодемографические проблемы бассейна Аральского моря // Изв. АН . 1991. № 4. - С. 96-102.
35. Колебания увлажненности Арало-Каспийского региона в голоцене / отв.ред. Б.В. Андрианов и др. М.: Наука, 1980. - 236 с.
36. Купцов В.М. и др. Радиоуглеродное датирование донных осадков Аральского моря // Известия АН. . 1982. № 1. - С. 103-108.
37. Курочкина Л.Я. Вухрер В.В., Макулбекова Г.Б., Димеева Л.А. Состояние растительности осушенного дна и побережья Аральского моря // Известия АН . 1991. № 4. с. 76-81.
38. Курочкина Л.Я., Ишанкулов М.Ш., Корниенко В.А. О границах воздействия уровня Аральского моря на окружающую среду // Проблемы освоения пустынь. 1979. № 2. - С. 25-33.
39. Левин А.С., Мирандов В.П. Сейсмоакустические методы в морских и инженерно-геологических изысканиях. М.: Транспорт, 1977.
40. Лисицын А.П. Лавинная седиментация и перерывы в осадконакоплении в морях и океанах. М.: Наука, 1998.
41. Якушев Е.В. Лукашев Ю.Ф., Часовников В.К., Чжу В. П. Современное представление о вертикальной гидрохимической структуре редокс-зоны Черного моря // Комплексные исследования северо-восточной части Черного моря. М., Наука, 2002. С. 119-132.
42. Чуб В.Е. Изменение климата и его влияние на природно-ресурсный потенциал республики Узбекистан. Ташкент: Среднеазиатский научно-исслед. гидрометеор ин-тим. В.А.Бугаева, 2000. 252с.

43. Золотарев В.В., Орлов М.Л., Федотов Д.Б. Гидролокационная съемка мелководных акваторий дальневосточных портов // Разведка и охрана недр. -2002. №1. С. 22-23.
44. Золотокрылин А.Н., Токаренко А.А. О вариациях климата в Приаралье за последние 40 лет // Изв. АН . 1991. № 4. - С. 69-73.
45. Золотокрылин А.Н. Климатическое опустынивание. М.: Наука, 2003.- 246 с.
46. Исмагилов Д.Ф., Козлов В.Н., Шарипов М.Ш. Методика, технология и некоторые результаты сейсморазведки МОГТ в зоне предельного мелководья Северного Каспия // Нефтегазовая геология и геофизика. 1992. № 2.
47. История озер Севан, Иссык-Куль, Балхаш, Зайсан и Арал / ред. Д.В.Севастьянов. Д.: Наука, 1991. - 302 с.
48. Казанин Г.С., Клещин С.М. Рациональный сейсмоакустический комплекс для геологической съемки шельфа // Разведка и охрана недр. 2002.№1 - С. 16-20.
49. Калинин А.В., Владов М.Л., Старовойтов А.В., Шалаева Н.В. Высокоразрешающие волновые методы в современной геофизике // Разведка и охрана недр. 2002. №1. - С. 23-27.
50. Калинин А.В., Калинин В.В., Пивоваров Б.Л. Сейсмоакустические исследования на акваториях. М.: Недра, 1983. - 204 с.
51. Кесь А.С. Естественная история Аральского моря и Приаралья // Известия АН . 1991.№ 4. - С. 36-46.
52. Блинов Л.К. Гидрохимия Аральского моря. Л., Гидрометеиздат, 1956. 152с.
53. Кузнецов Н.Т. О некоторых аспектах проблемы Аральского моря и Приаралья // Изв. АН . 1986. № 3. - С.56-62.
54. Кузнецов Н.Т., Николаева Р.В., Рябова И.Д. Современное состояние проблемы Аральского моря. М., 1980. - 45 с.
55. Маев Е.Г. Происхождение котловины и рельеф дна Аральского моря // Вестник МГУ. 2000. № 2. - С. 59-64.

56. Михайлов В.Н. Почему обмелело Аральское море // Науки о Земле. 1999.
57. Мурзаев Э.М. Краткий обзор исследований Арала и Приаралья // Известия АН . 1991. №4. -С.22-35.
58. Пилипенко А.И. Верхнепалеозойские отложения юго-запада Аральского моря по данным сейсморазведки // Геология нефти и газа. 1990. №4.
59. Пинхасов Б.И. Палеогеография Арало-Каспийского региона в позднем кайнозое. // Геология и минеральные ресурсы. 2003. №4. - С.7-12.
60. Коллектив Литнералы Узбекистана. Т. I, II, Ташкент, Изд – во “ФАН”, 1975 г.
61. Рубанов И.В. Современный континентальной галогенез (наприлире водосборного бассейна Аралского моря. Оиссертация доктора гюл – милл наук. Ташкент. 1988.
62. Минералы Узбекистана тол – IV. Изз – во «ФАН» Узбекской.
Кузнецов Н.Т. Географо-экологические аспекты гидрологических функций Аральского моря // Известия АН. 1991. № 4. - С. 82-88.
63. Лисицын А.П. Процессы терригенной седиментации в морях и океанах. - М.:Наука, 1991.
64. Рафиков А.А. Тетюхин Г.Ф. Снижение уровня Аральского моря и изменение природных условий низовьев Амударьи. Ташкент, 1981. -199 с.
65. Рубанов И.В. Геологические и исторические свидетели колебаний уровня Арала // Колебания увлажненности Арало-Каспийского региона в голоцене. М.: Наука, 1980. - С. 204-209.
66. Трунин А.С. Петрова Д.Г. Визуально – политермический метод/ Куйбышевский политехн. Иис-т. – Куйбышев. 1977.-94с..
67. Руководство к практическим занятиям по технологии неорганических веществ// Позин М.Е., Копылев Б.А., Гуморкина Е.С., Белченко Г.В. –Л.: Химия. 1963. -380с.
68. Ковба Л.М., Трунов В.К. Ренгенофазовый анализ. М.: Изд-во МГУ. 1969. - 160с.

69. Гиллер Я.Л. Таблицы межплоскостных расстояний. Т.2., М.: Недра, 1966.-330с.
70. Накамото К. ИК-спектры и спектры КР неорганических и координационных соединений. М.: Мир, 1991.-536с.
71. Практическое руководство по термографии / Берг Л.Г., Бурмистрова Н.П., Озерова М.И., Пуринов Г.Г. –Казань: Изд-во Казанского университета, 1976.-222с.
72. Берг Л.Г. Введение в термографию. –М.: Наука. 1969.-395с.