

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВ И ПОДВИЖНЫХ ПЕСКОВ ОСУШЕННОГО ДНА АРАЛЬСКОГО МОРЯ

К.Д.Реймов – доктор философии технических наук, доцент

Нукусский государственный педагогический институт имени Ажинияза

А.Ш.Туремуратова – докторант лабораторий химии

Каракалпакский научно-исследовательский институт естественных наук

А.У.Эркаев – доктор технических наук, профессор

Ташкентский химико-технологический институт

А.М.Реймов – доктор технических наук, академик

Каракалпакское отделение Академии наук Республики Узбекистан

Б.Х.Кучаров – доктор технических наук, доцент

Ташкентский химико-технологический институт

Таянч сўзлар: Орол денгизи, тупрок, кум, натрий хлорид ва сульфатлар, ионли, элементлар ва фракционел таркиби, шўрлиги.

Ключевые слова: Аральское море, почва, песок, хлориды и сульфаты натрия, ионный, элементный и фракционный состав, засоленность.

Key words: Aral Sea, soil, sand, sodium chlorides and sulfates, ionic, elemental and fractional composition, salinity.

Введение. В прошлом экосистема Аральского моря включала сотни видов морской фауны и флоры. Присутствие крупного водоема оказывало смягчающее влияние на климат, что превращало Приаралье своего рода в оазис среди пустыни. Но, в начале 1960-х море начало стремительно отступать [1-4].

Аральское море, являющейся бессточным солёным озером, находится на границе Узбекистана и Казахстана. В 60-ые годы XX века уровень моря и объём воды в нём начал быстро снижаться по причине использования значительной части воды питающих рек Амударья и Сырдарья. Прежде четвертое в мире по величине озеро превратилось в безводную пустыню, сегодня высыхающее Аральское море ушло на 100 км от своей прежней береговой линии около города Муйнак в Узбекистане. Практически весь объём воды Аральского моря обеспечивался среднеазиатскими реками Амударья и Сырдарья. На протяжении всей своей истории иногда Амударья текла в сторону от Каспийского моря, что уменьшало размеры Аральского моря. Но после возвращения Амударьи Аральское море восстанавливалось в прежних границах. Сегодня значительное количество вод Амударьи и Сырдарьи затрачивается для полива посевов хлопка и риса, что резко сокращает поступление воды в море. Подземные источники, а также осадки дождя и снега дают морю значительно меньше, чем ее теряется при испарении [5, 6].

Ионный состав вод моря в течение исторического периода по всей водной массе был однородным и практически постоянным во времени. Содержащаяся в морской воде полная масса солей составляла более 10^{10} т. Содержание основных солей в воде Аральского моря для пятидесятих годов XX века приведено в табл. 1.1. По оценке Л.К. Блинова [7] относительное содержание отдельных солей было следующим, %: NaCl-56,07; KCl-2,05; $MgCl_2$ -0,82; $MgSO_4$ -25,87; $CaSO_4$ -14,98; $CaCO_3$ -0,21. Сульфатно-хлоридное соотношение молярных концентраций SO_4/Cl равнялось 0,68, что находится между значениями для океанских (0,10) и материковых вод (1,00) [8]. При этом массовое соотношение составляло 0,9. Воды Аральского моря согласно классификации Л.К. Блинова относились к модифицированному сульфатно-натриевому типу [7], который является промежуточным между хлоридно-натриевым типом океанских вод и бикарбонатно-кальциевым типом континентальных.

Аральском море теоретически имеется 12968,408 млн.т солей, т.е. ошибка прогноза не превышает $\pm 16\%$. Пыльные бури ежегодно уносят в среднем 62,39 млн.т солей из бассейна Аральского моря (пылеунос 30%).

Цель данной работы является исследование химического состава засоленных почв и песков высохшего дна Аральского моря.

Материалы и методы. При количественном химическом анализе были применены следующие общеизвестные методы аналитической химии: содержание хлорид-иона определяли объёмным перманганатометрическим методом [9]; магний и кальций определяли объёмным комплекснометрическим методом [10, 11]; натрий-методом пламенной фотометрии [12].

Сканирующую электронную микроскопию – на сканирующем электронном микроскопе EVO MA-10 (Carl Zeiss, Германия), оборудованную микроаналитической системой для энергодисперсионного рентгеновского (EDX) микроанализа (Oxford Instruments, Великобритания), позволяющего детектировать все химические элементы периодической таблицы Д.И.Менделеева, начиная с бора. Разрешение микроскопа до 2,5 нм при ускоряющем 30 кВ (изображение во вторичных электронах), ускоряющем напряжении – от 1,0 до 30 кВ, увеличение – от $\times 10$ до $\times 500\,000$, ток пучка до 200 нА. Пробоподготовка исследуемых образцов проводилась на комплексе оборудования фирм Jeol (Japan) и Gatan (USA). Результаты получают при использовании ряда специальных программ, таких как, например: качественного и количественного элементного анализа – INCA Point & ID, картирования – Mapping и QuantMap, количественного распределения фаз и включений – Feature.

Термическую стабильность кристаллических образцов определяли с использованием одновременно термогравиметрически и дифференциально на термическом анализаторе DTG-60 от Shimadzu и фарфоровом тигле. Все размеры переносили в атмосферу инертного азота со скоростью потока аргона 80 мл/мин. Диапазон температур составляет 20-900°C, скорость нагрева составляет 10°C/мин. Количество пробы для одного измерения составляет 5-6 мг. Измерительная система калибруется (настраивается) с использованием стандартного набора веществ KNO_3 , In, Bi, Sn, Zn, CsCl.

Результаты и обсуждение. Ветрозащитный состав соляных почв и пескозакрепителей изготовленных на основе промышленных отходов, нетоксичен, безвреден и биоразлагаемы, используются для фиксации поверхности соляных почв и подвижных песков и защиты сельскохозяйственных угодий от ветровой эрозии, образуя после применения и высыхания 9-15 мм корку, устойчивую к ветру до 7-9 баллов, сохраняющую влагу и тепло.

В таблицах 1-3 приведены химические составы засоленных почв и подвижных песков Аральского моря.

Из таблицы 1 видно, что содержание солей в образцах не превышает 8% и является хлоридно-сульфатный, то есть средний засоленный. Основными составляющими солями является хлорида натрия.

Таблица 1. Ионный состав засоленных почв и подвижных песков полученных из высохшего дна Аральского моря и Каратерен

Обозна Чения пробы	Места отбора пробы	pH	Сухой остаток		Числитель: мг-екв на 100г.сух.грунта; знаменатель: % к абс. Сухому грунту											
			Эксперимен тальный %	Вычислен ный %	Анионы						Катионы					
					CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Σмг- ЭКВ Анио- нов	Ca ²⁻	Mg ²⁻	NH ₄ ⁺	K ⁺	Na ⁺	Σмг- ЭКВ катио- нов
A-1	Борши тау 22.02.2025	6,20	0,530	0,504	Нет	0,50	0,40	6,79	0,05	7,74	5,90	1,30	0,13		0,41	7,74
					-	0,031	0,014	0,326	0,003		0,118	0,016	0,002		0,009	
A-2	Борши тау 0-5см тобе кум 22.02.2025	7,00	0,290	0,277	Нет	0,90	0,10	3,39	0,05	4,44	3,00	1,00	0,23		0,21	4,44
					-	0,055	0,003	0,163	0,003		0,060	0,012	0,004		0,005	
A-3	Аральское Море 21.02.25	6,70	3,100	2,999	Нет	0,70	10,50	34,55	0,31	46,06	10,30	9,20	0,22		26,34	46,06
					-	0,043	0,372	1,658	0,019		0,206	0,112	0,004		0,606	
A-4	Аральское море 31.05.2022. N4404811 E05826146	6,70	5,400	5,141	Нет	0,70	67,50	16,51	0,95	85,66	13,80	4,80	0,33		66,73	85,66
					-	0,043	2,333	0,792	0,059		0,276	0,058	0,006		1,535	
A-5	0 точка 0-5 см. 31.05.22. N4430243 E05813863	5,70	11,400	11,220	Нет	1,80	92,50	86,07	0,44	180,81	16,50	35,00	129,31		0,1	180,81
					-	0,110	3,280	4,131	0,027		0,331	0,426	2,374		-	
A-6	Араль кум 17.12.2022. N4430501 E05812534	7,30	7,800	7,474	Нет	0,90	75,00	47,92	0,39	124,21	13,50	32,50	0,04		78,17	124,21
					-	0,055	2,659	2,300	0,024		0,270	0,395	0,001		1,798	

Таблица 2. Фракционный состав (%) исходный засоленных почв и подвижных песков.

Диаметр фракции, мм	Обозначения пробы					
	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-6
0,2	16,6	40,6	38,8	34	26,5	27,8
0,1	80,6	44,8	46,8	48,3	55,5	61,5
0	2,8	14,6	14,4	17,66	18	10,6
Σ	100	100	100	100	100	100

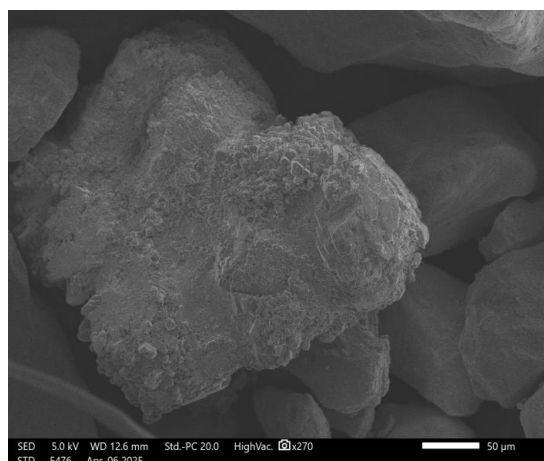
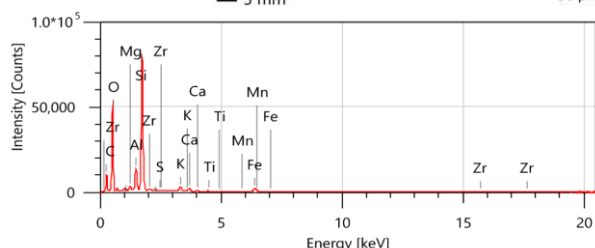
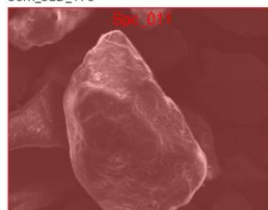
Таблица 3. Элементный состав образцов засоленных почв и подвижных песков обозначения пробы соответствуют номерами таблицы 1

Обозначения пробы	Содержание, масс %												
	O	Na	Mg	Al	Si	S	Cl	K	Ca	Ti	Mn	Fe	Zr
A - 1	47,17	0,54	0,63	2,91	18,58	0,14	-	0,97	0,67	0,09	0,14	2,53	0,74
A - 2	49,38	0,68	1,31	4,48	17,66	0,15	-	1,38	4,89	0,26	-	3,90	0,71
A - 3	47,85	7,07	1,77	1,69	14,51	2,10	4,95	0,71	5,57	-	-	1,17	1,03
A - 4	40,30	9,13	1,89	2,90	8,10	0,94	11,58	1,00	6,31	0,16	-	2,51	-
A - 5	48,99	5,34	2,52	0,93	9,58	4,07	3,63	0,57	8,25	0,37	-	1,06	-

Smp_124



Sem_SED_178



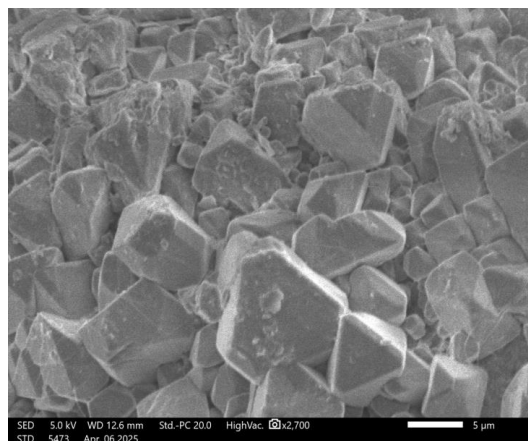
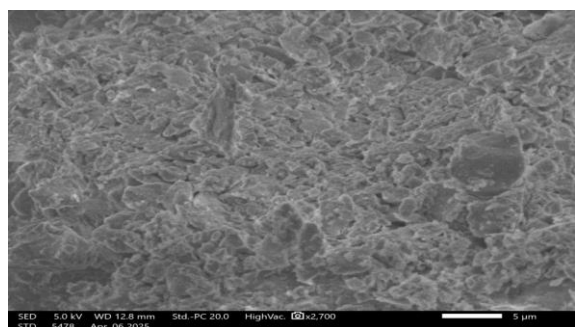
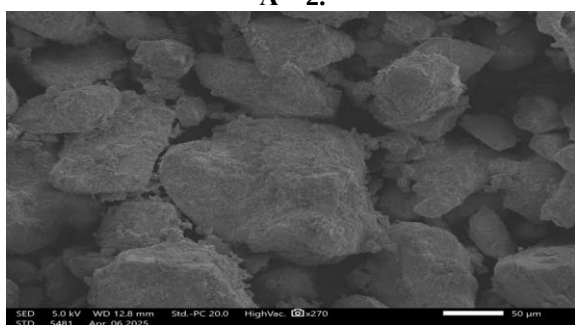
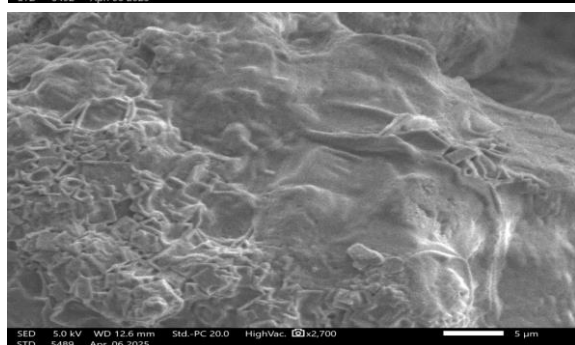
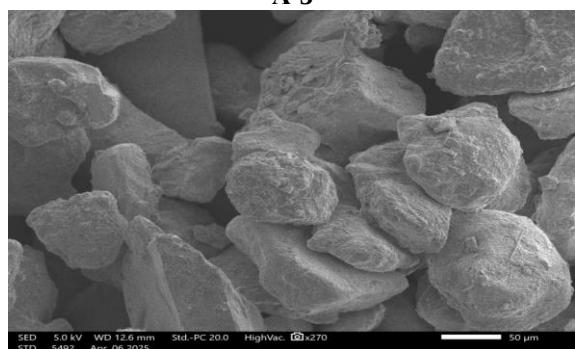


Рисунок 1. Микрофотографии и элементный состав образца А – 1.

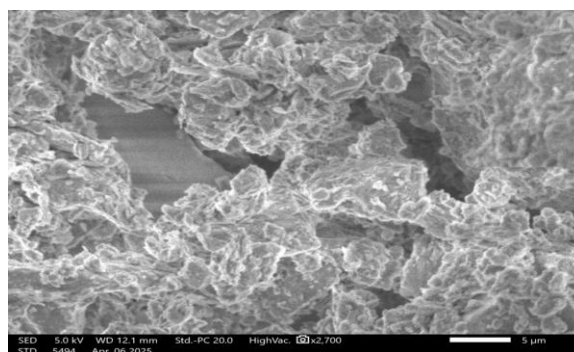
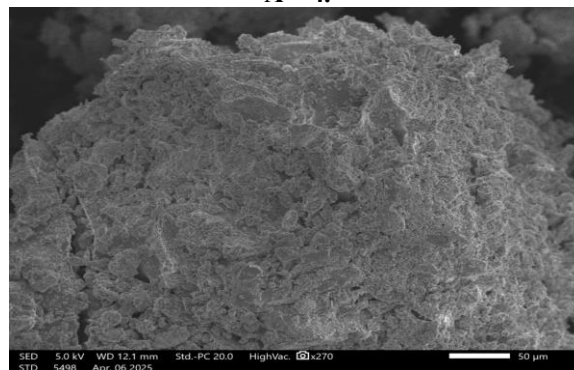
Номер образца соответствуют номерами таблицы 1.
А – 2.



А-3



А – 4.



А – 5.

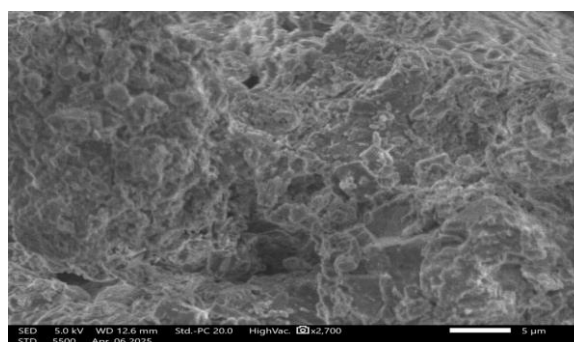
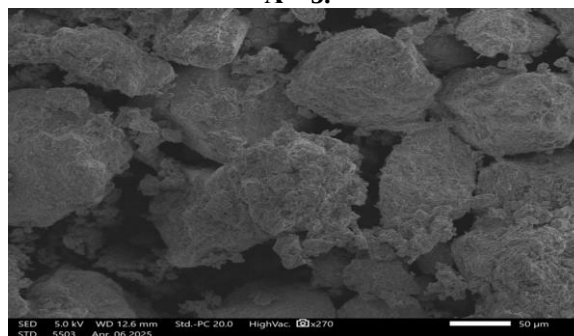


Рисунок 2. Микрофотографии и элементный состав образцов. Номера образцов соответствуют номерами таблицы 1.

Из таблицы 1 видно, что растворимой соли в песках Борши тау не превышает 0,290-0,530 %, а в соляных почвах полученных на берегах западной глубоководной части Большого Аральского моря (ЗГВЧБМ) достигает от 3,100 до 11,40 % основным солями является хлорид и сульфат натрия.

Из таблицы 2 следует, что пробы основном более 44,8 – 80,6% массы составляет - 0,2 + 0,1% фракции, а фракция - 0,1 в диапазоне 2,8 - 18,0%. Это фракция в почвах составляет более 10,6 %.

В таблице 3 и на рисунках 1-2 приведены элементный состав и микрофотографии засоленных почв (ЗП) и подвижных песков (ПП) по СЭМ анализу.

Из таблицы 3 видно, что в подвижных песках (проб. А-1 и А-2) содержания Si и Fe 1,22 - 2,29% и 1,2 - 1,5% больше, чем засоленных почвах и составляет 18,58; 14,51 и 2,53; 1,17 % соответственно.

Для засоленных почв характерны повешенное содержание Ca, Na и Mg 1,1-1,5 раза больше чем подвижных песков и их содержание колеблется в пределах 5,57-8,25; 5,35-9,13 и 1,77-2,52 % соответственно, а также повышенное содержание хлора и сульфата.

Из микрофотографии образцов (рис. 1 и 2) видно, что пробы А-1 и А-2 содержат значительной количество обломки оксида SiO₂ со средним диаметрами 2-8 мм. А пробах засоленных почв практически не содержат кристаллов определенного сингония, но имеются частицы с размерами менее 2 мм. Однако вес пробы имеются агломераты с размерами более 20-50 мм. В период 2022 - 2025 годы необходимо отметить, что в полученных пробах растворами соли хлоридов и сульфатов натрия составляло 5,14-11,22% соответственно средний не превышался 6,7%.

На таблице 4 и рисунке 3 приведены результаты термического анализа исходных засоленных почв и подвижных песков.

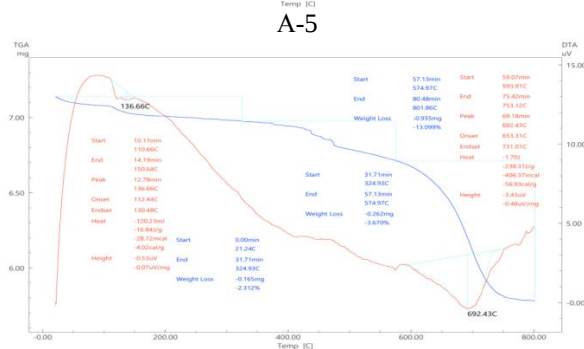
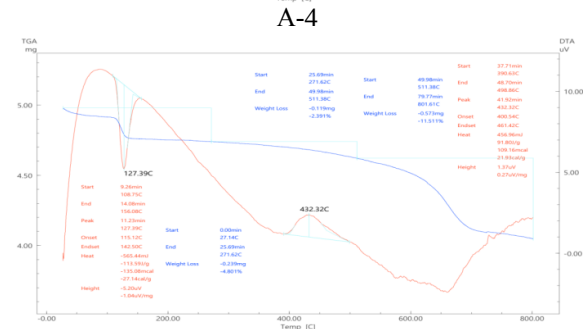
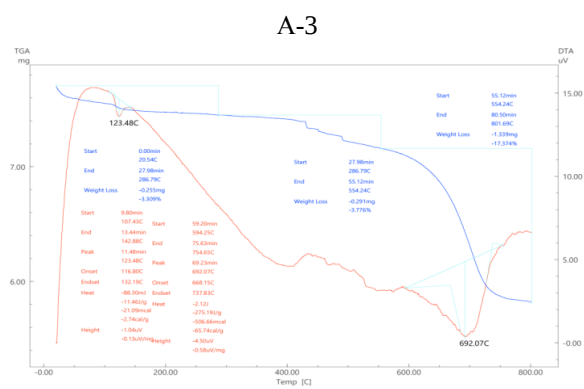
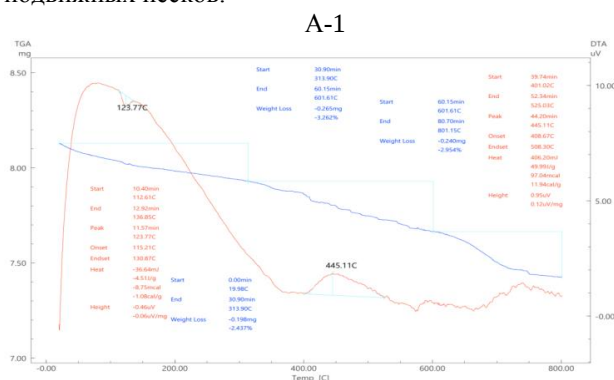


Рисунок 3 Термограмма исходных засоленных Почв и подвижных песков. Номер проб Соответствует номерами таблицы 1.

Таблица 4. Характеристика термоэффектов исходных засоленных почв и подвижных песков

Таблица 4. Характеристика термоэффектов исходных засоленных почв и подвижных песков														
Характер термо эффект		Начало эффекта		Конец эффекта		Рек эффекта		Удельная теплота, Дж/г	Потеря массы, %					
		τ	T °C	τ	T °C	τ	T °C		Начало		Конец		%	
									τ	T °C	τ	T °C		
А-1-проба														
1	Эндо	10,40	112,61	12,92	136,85	11,57	123,77	-4,51	0,00	19,98	30,90	313,90	-2,437	
2	Экзо	39,74	401,02	52,34	525,03	44,20	445,11	49,99	30,90	313,90	60,15	601,61	-3,262	
3									60,15	601,61	80,70	801,15	-2,954	
А-2-проба														
1	Эндо	62,67	628,48	72,32	722,50	68,05	680,83	-53,43	0,00	20,98	29,74	304,35	-1,784	
2									29,74	304,35	55,77	560,78	-1,542	
3									55,77	560,78	80,55	801,78	-4,516	
А-3-проба														
1	Эндо	9,80	107,43	13,44	142,88	11,48	123,48	-11,46	0,00	20,54	27,98	286,79	-3,309	
2	Эндо	59,20	594,25	75,63	754,65	69,23	692,07	-2,12	27,98	286,79	55,12	554,24	-3,776	
3									55,12	554,24	80,50	801,69	-17,374	
А-4-проба														
1	Эндо	9,26	108,75	14,08	156,08	11,23	127,39	-113,59	0,00	27,14	25,69	271,62	-4,801	
2	Экзо	37,71	390,63	48,70	498,86	41,92	432,32	91,80	25,69	271,62	49,98	511,38	-2,391	
3									49,98	511,38	79,77	801,61	-11,511	
А-5-проба														
1	Эндо	10,11	110,66	14,19	150,64	12,78	136,66	-16,84	0,00	21,24	31,71	324,93	-2,312	
2	Эндо	59,07	593,91	75,42	753,12	69,18	692,43	-1,70	31,71	324,93	57,13	574,97	-3,670	
3	Эндо								57,13	574,97	80,48	801,86	-13,099	

Из рисунка 3 видно, что во все пробах кроме второй (А-2) наблюдается два термоэффекта. На первой (А-1) и четвертой пробы (А-4) наблюдается эндо и экзо эффекте при 123,77; 127,39; 445,11; 432,32⁰С соответственно. А на пробах А-3 и А-5 наблюдается только эндоэффекты.

Расход тепла на эндоэффектах составляет – 4,51 и – 113,59 Дж/г с потерей массы 2,44 % и 4,81 % от общей массы соответственно для проб А-1 и А-4. Эти тепла расходуются на расщепление свободной воды и кристаллогидратов алюмосиликатов.

На эндо эффектах гридент потеря массы к температуре низкая 0,011%/⁰С но выделяющая тепла в втором эффекте значительно больше чем первом эндоэффекте (на первом пробы) почти 10 раза больше (А-1). На четвертой пробе экзоэффект меньше чем эндоэффект. Но по сравнению первой пробы почти 2 раза больше. Это объясняется кристаллической перестройки минералов составляют из Si, Al и Fe поскольку из таблицы 3 видно, что их содержание и соотношение в пробах А-1 и А-4 близки чем других пробах. На пробах А-1 содержа-

ние Si, Al, Fe значительно больше, чем на пробе А-2, и общие потери в интервалах температуры 20 – 800⁰С в пробах А-1 и А-2 не превышает 8,65 и 7,84 %, соответственно. Когда для других пробах А-3, А-4 и А-5 этот показатель достигает 24,46; 18,70 и 19,08%.

Закключение. Таким образом, изучены химические составы засоленных почв и подвижных песков Аральского моря и песках Борши тау. Установлено что, содержание солей в образцах не превышает 8% и является хлоридно-сульфатный, то есть средний засоленный. Основными составляющими солями является хлорида натрия. Исследование показали, что в подвижных песках (проб. А-1 и А-2) содержания Si и Fe 1,22-2,29% и 1,2 – 1,5% больше, чем засоленных почвах и составляет 18,58; 14,51 и 2,53; 1,17 % соответственно.

Для засоленных почв характерны повешенное содержание Са, Na и Mg 1,1-1,5 раза больше чем подвижных песков и их содержание колеблется в пределах 5,57-8,25; 5,35-9,13 и 1,77-2,52 % соответственно, а также повышенное содержание хлора и сульфата.

Литература

1. Рубанов И.В., Ишниязов Д.П., Баскакова М.А., Чистяков П.А. Геология Аральского моря. –Ташкент: «Фан», 1987.
2. Курбанбаев Е., Артыков О., Курбанбаев С. Аральское море и водохозяйственная политика в республиках Центральной Азии. –Нукус: «Каракалпакстан», 2011.
3. Большое Аральское море в начале XXI века: физика, биология, химия. /П.О.Завьялов, Е.Г.Арашкевич, И.Бастиди и др.; институт океанологии им. П.П.Ширшова РАН. – Москва: «Наука», 2012.
4. Эркаев А.У., Реймов К.Д., Тоиров З.К., Каипбергенев А.Т., Туремуратова А.Ш. Современное экологическое состояние и солевые отложения Аральского моря. // Узб.хим.журн. 2014. № 4, -С. 4-20.
5. Андреев С.И., Андреев Н.И. Эволюционные преобразования двустворчатых моллюсков Аральского моря в условиях экологического кризиса. – Омск: ОМГП, 2003.
6. 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.
7. Блинов Л.К. Гидрохимия Аральского моря. – Л.: Гидрометеиздат, 1956.
8. Данилов В.П., Буйневич Н.А. Процессы минералообразования в заливе Кара-богаз гол и соляных озерах. // Журнал неорганической химии. 1996 г. Вып.: 11, Том 41.
9. Удобрения минеральные. Методы анализа. ГОСТ 20851.1-75.ГОСТ 20851.4-75. – Москва: Изд-во стандартов, 1977.
10. Шварценбах Г.А., Флашка Г.Д. Комплексон метрическое титрование. – Москва: «Химия», 1970.
11. ГОСТ 22688 - 77. Удобрения минеральные. Методы определения кальция и магния. – Москва: Издательство стандартов, 1986.
12. Полуэктов Н.С. Методы анализа по фотометрии пламени. – Москва: «Химия», 1967.

РЕЗЮМЕ. Ушбу мақолада Орол денгизининг куриган тубидан шорланган тупроклар ва кумларнинг физик-кимёвий хоссаларни ўрганиш маълумотлари келтирилган. Аниқланишича, намуналардаги туз микдори 8%дан ошмайди ва хлорид-сульфат, яъни ўртача шўрди. Тузларнинг асосий компоненти натрий хлориддир. Шўрланган тупроклар (SS) ва ҳаракатланувчи кумларнинг (LS) элементар таркиби ва микрографик хам SEM таҳлили ёрдамида ўрганилди. Кўчма кумларда (А-1 ва А-2 намуналари) Si ва Fe таркибидаги 1.22-2.29% ва 1.2-1.5% шўрланган тупрокларга юқори ва 18.58ни ташкил этиш аниқланди; 14,51; ва 2.53; мос равишда 1,17%.

РЕЗЮМЕ. В данной статьи приведены данные изучения физико-химических свойств засоленных почв и песков высохшего дна Аральского моря. Установлено, что содержание солей в образцах не превышает 8% и является хлоридно-сульфатный, то есть средний засоленный. Основными составляющими солями является хлорида натрия. Так же изучены элементный состав и микрофотографии засоленных почв (ЗП) и подвижных песков (ПП) по СЭМ анализу. При этом установлено, что в подвижных песках (проб. А-1 и А-2) содержания Si и Fe 1,22 - 2,29% и 1,2-1,5% больше, чем засоленных почвах и составляет 18,58; 14,51 и 2,53; 1,17 % соответственно.

SUMMARY. This article presents data from a study of the physicochemical properties of saline soils and sands from the dried bed of the Aral Sea. It was found that the salt content in the samples does not exceed 8% and is chloride-sulfate, meaning moderately saline. The main component of the salts is sodium chloride. The elemental composition and micrographs of saline soils (SS) and mobile sands (LS) were also studied using SEM analysis. It was found that in mobile sands (samples A-1 and A-2), the Si and Fe contents of 1.22-2.29% and 1.2-1.5% are higher than in saline soils and amount to 18.58; 14.51; and 2.53; 1.17%, respectively.