

УДК 551.451.8:912(57)

ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ И ПОЛИВА НА ФОРМИРОВАНИЕ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ОПЫТНЫМ ПУТЕМ В ОБСОХШЕЙ ЧАСТИ АРАЛЬСКОГО МОРЯ

© 2004 г. Ж. В. Кузьмина¹, С.Е. Трешкин², Н.К. Мамутов²

¹Институт водных проблем Российской академии наук
119991 Москва, ул. Губкина, 3, Россия

²Институт биоэкологии Каракалпакского отделения Академии наук Узбекистана
742000 Нукус, пр. Бердаха, 41, Узбекистан

Институтом биоэкологии АН РУз и Университетом Бенгуриона (Израиль) при финансовой поддержке фонда USAID (США) с конца 2002 года начаты опытные работы по формированию растительного покрова на открытых солончаках обсохшего дна Аральского моря*. Задача состояла в выращивании устойчивых к засолению видов растений в условиях максимально приближенных к естественным. При этом по мере необходимости планировался полив засоленными сбросными водами (от одного до трех раз) в вегетационный период. В ходе работы пока испробовали четыре вида растений: *Haloxylon aphyllum*, *Ceratoides papposa*, *Kochia iranica* и *Climacoptera lanata*. Под посадки кустарников и однолетних трав были выбраны участки размером - 50x300 м² и 25x30 м² соответственно.

Сравнение с естественными условиями произрастания испытываемых видов растений проводилось на контрольных участках равной величины для посадок кустарников и трав соответственно.

Участок с посадками *Haloxylon aphyllum* и *Ceratoides papposa* находится в обсохшей части Аральского моря (43°48.8'с.ш.; 59°2.55'в.д.) и представлен остаточными солончаками. Участок с посевом однолетних трав расположен немного южнее (43°41.35'с.ш.; 59°3.96'в.д.) на землях совхоза "Арал" и представлен слабозасоленными отакыренными почвами. Посев осуществлялся 3-4 апреля 2003 г. семенами, собранными авторами осенью 2002 года в регионе проведения работ.

Перед проведением полевых работ были выполнены контрольные лабораторные измерения всхожести семян в четырехкратной последовательности для каждого вида растений. Таким образом средняя всхожесть для *Ceratoides papposa* составила 48%, для *Haloxylon aphyllum* - 40%, для *Climacoptera lanata* - 36%, для *Kochia iranica* - 47%. При этом основная часть семян проросла: для *Kochia iranica* и *Climacoptera lanata* в период с 7-го по 15-ый день от начала посадки, для *Haloxylon aphyllum* - с 7-го по 14-ый день, для *Ceratoides papposa* - с 8-го по 16-ый день.

Изменение климата и период проведения работ

Начало наших работ (2003 г.) по выращиванию галофитов на обсохшем дне Аральского моря совпало с нетипичными годами выпадения атмосферных осадков в Приаралье. В 2002 году наблюдалось удвоение суммарного годового количества осадков по сравнению с периодом времени, без активного антропогенного вмешательства в Приаралье, т. е. по сравнению с нормой для 1937-1965 годов (табл. 1). Как видно из таблицы 1 особенно существенное увеличение месячного количества осадков происходит в летний период. В июне 2002 года оно составило 10-кратное увеличение по сравнению с нормой (1965-2002 гг.), а в 2003 году - 6-кратное увеличение.

* This research was supported under Grand № TA – МОИ – 01 – CA21 – 035 funded by the U.S. – Israel Cooperative Development Research Program, Bureau for Economic growth, Agriculture, and Trade, U.S. Agency for International Development.

Близкая ситуация характерна также для апреля-мая и июля-августа 2002-2003 годов. Однако, здесь увеличение не столь значительное - от 1.5 до 4 раз.

Таблица 1. Сравнение сумм атмосферных осадков за последние два года (2002-2003) с нормами осадков для разных периодов времени: 1937-1965 - отсутствие Аральского кризиса; 1965-2002 - полный период существования Аральского кризиса; 1980-2002 период активной фазы развития Аральского кризиса. **Table 1.** A comparison of the sums of atmospheric precipitation for the last two years (2002-2003) with the precipitation norms for different time periods: 1937-1965 - absence of the Aral crisis; 1965-2002 - full period of existence of the Aral crisis; 1980-2002 periods of an active phase of development of the Aral crisis.

Годы и периоды Years and periods	Осадки, мм и % / Precipitations, mm and %													Год / Year
	Месяцы / Months													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
2002 (мм / mm)	15.3	53.4	18.3	33.8	42.7	55.1	4.6	11.9	0.7	0.7	0.4	2.9	239.8	
2003 (мм / mm)	5.9	17.8	35	21.3	72.2	31.2							183.4	
1937-1965 (мм / mm)	8.4	11.4	13.6	13.2	10.3	4.2	3.5	2.7	3.1	7.7	5.5	7.1	90.8	
1965-2002 (мм / mm)	12.2	10.4	19.8	19.4	16.6	5.5	2.5	2.9	3.5	8.7	11.3	12.6	125.3	
1980-2002 (мм / mm)	12.3	9.9	21.5	16.7	19.6	6.4	2.3	3.8	3.5	7.5	12.6	12.4	130.6	
2002(%) от/from 1965-2002	126	515	92	174	257	1003	186	405	20	8	4	23	191	
2003(%) от/from 1965-2002	48	172	177	110	434	568	n/D	n/D	n/D	n/D	n/D	n/D	146	
2002(%) от/from 1980-2002	125	539	85	203	218	867	202	315	20	9	3	23	184	
2003(%) от/from 1980-2002	48	180	163	128	369	491	n/D	n/D	n/D	n/D	n/D	n/D	140	
2002(%) от/from 1937-1965	182	467	134	255	415	1301	130	435	22	9	7	41	264	
2003(%) от/from 1937-1965	70	156	257	161	702	737	n/D	n/D	n/D	n/D	n/D	n/D	202	

Чтобы оценить характер этих климатических изменений нами были построены климаграммы для различных временных периодов: без активного антропогенного вмешательства человека (1925-1971 гг.) и в период активного развития Аральского кризиса (1972-1990 гг.). Для сравнения были выбраны несколько метеостанций, более всего приближенных к нашим участкам работ. Поскольку метеостанция в Муйнаке (43°48'с.ш.; 59°02'в.д.) закрыта с начала 90-х годов, анализу были подвержены климатические данные четырех станций в населенных пунктах: Чимбай (42°57'с.ш.; 59°47'в.д.), Тахтакупыр (43°02'с.ш.; 60°17'в.д.), Кунград (43°06'с.ш.; 58°54'в.д.), Нукус (42°50'с.ш.; 59°29'в.д.). При этом, наиболее близкими физико-географическими условиями с участками наших работ близ Муйнака обладают две станции: Чимбай (42°57'с.ш.; 59°47'в.д.) и Тахтакупыр (43°02'с.ш.; 60°17'в.д.). Сравнивались средние климатические характеристики: суммарное количество атмосферных осадков, средняя температура воздуха и относительная влажность воздуха в процентах. При этом существенного изменения в средних многолетних климатических характеристиках для населенных пунктов Чимбая и Нукуса за периоды 1925(18)-1971 гг. и 1972-1990 гг. не выявилось. Для метеостанций Чимбай и Нукус можно заметить лишь незначительное повышение атмосферных осадков в марте, слабое общее снижение среднемесячной температуры в период активного развития Аральского кризиса, а также общее незначительное увеличение влажности воздуха (табл. 1). Кроме того, для Чимбая отмечается повышение среднемесячных температур в зимний период за 1972-1990 годы по сравнению с 1925-1971 годами.

Климаграммы за десятилетний период активного антропогенного обсыхания Арала 1980-1990 гг. для Чимбая, Кунграда и Нукуса также, практически, идентичны с

построенными нами среднемноголетними климаграммами для двух разных временных периодов 1925-1971 гг. и 1972-1990 гг.

Известно, что в динамике почвенного и растительного покровов ведущую роль играют атмосферные осадки. А поскольку в климаграммах до 90-х годов XX столетия не выявлено существенных различий для разных периодов антропогенного преобразования решено было оценить наличие линейных трендов и их значимости в многолетней динамике выпадения атмосферных осадков для различных временных периодов. По метеостанции Чимбай (табл. 2) анализировалась многолетняя динамика годовых сумм осадков и их сумм для различных сезонов года разной временной длительности:

- в период естественной динамики процессов, т. е. до начала антропогенного преобразования в Приаралье - 1937-1961 гг.;
- в период естественной динамики и начальной фазы развития кризиса 1937-1970 гг.;
- в период начальной и активной фазы развития Аральского кризиса 1962-2002г. и 1971-2002 гг.;
- в период активной фазы развития Аральского кризиса - 1980-2002 гг.;
- в период естественной динамики, начальной и активной фаз развития Аральского кризиса 1937-1990 гг.;
- за весь период инструментальных наблюдений 1937-2002 гг.

Из анализа многолетних данных осадков для метеостанций Чимбай видно, что значимые (достоверные) тренды определены только для периодов 1937-1990 гг. и 1937-2002 гг. Выявляется существенное увеличение годовых сумм осадков ($r=0.35$; 0.36 при 99% значимости, табл. 2), а также увеличение осадков весной и осенью ($r=0.28-0.3$ при 90% значимости). Кроме того, значимое уменьшение выпадения осадков зимой выявлено за 1937-1961 гг. для периода естественных климатических процессов ($r=0.34$ при 90% значимости). В остальные периоды из-за невысоких значений коэффициентов корреляции и кратких временных отрезков (малых выборок) рассматриваемые данные не являются математически значимыми.

Однако, по сменам направлений динамических тенденций можно выявлять периоды повышенных и пониженных значений атмосферных осадков в их многолетней динамике (табл. 2, рис. 1).

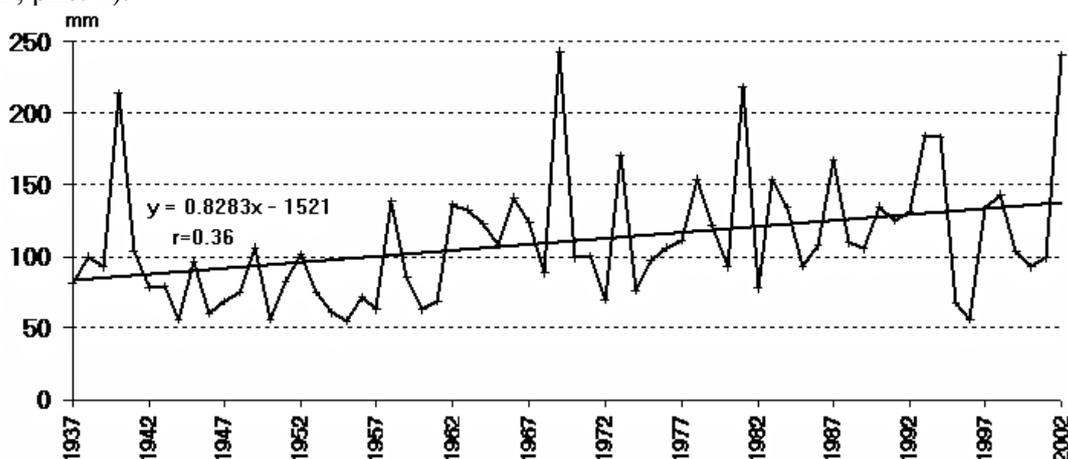


Рис. 1. Тренд увеличения годовых сумм атмосферных осадков в Южном Приаралье (метеостанция Чимбай, 1937-2002 гг.). **Fig. 1.** A trend of increase of the annual sums of atmospheric precipitation in Southern Aral region (Station Chimbay, years 1937-2002.).

Таким образом, за весь период инструментальных наблюдений по метеостанции Чимбай выделяются два периода. Это период пониженных значений сумм атмосферных осадков с 1937 по 1961 г. и период увеличения значений годовых сумм осадков с 1962 г. по настоящее время (табл. 2, рис. 1). При этом для периода малого выпадения осадков

(1937-1961) характерна была тенденция снижения сумм годовых ($r=0.3$), весенних ($r=0.22$), осенних ($r=0.24$) и зимних ($r=0.34$) осадков. А для периода повышенного выпадения осадков (1962-2002 гг.) отмечается незначительное увеличение сумм летних, весенних и годовых осадков (табл. 2). При этом для более короткого периода активной фазы развития Аральского кризиса (1980-2002 гг.) характерно, в целом, отсутствие какой-либо тенденции для сумм годовых и весенних осадков, увеличение сумм осадков летом и осенью, и уменьшение зимой. В то время как для 2002 и 2003 годов, при многократном увеличении как летних, так и зимне-весенних сумм осадков, наблюдалось аналогичное снижение их осенью.

Таблица 2. Направления линейных трендов многолетней динамики атмосферных осадков в годовом и сезонном распределении для различных временных периодов (метеостанция Чимбай): r - коэффициенты корреляции фактических данных годовых и сезонных сумм атмосферных осадков с их линейными трендами, λ - значимость коэффициентов корреляции. **Table 2.** Directions of rectilinear trends of long-term changes of atmospheric precipitation in annual and seasonal distribution for various time periods (Station Chimbay): r - correlation coefficients of the fact sheet of the annual and seasonal sums of precipitation with their rectilinear trends, λ - significance of correlation coefficients.

Годы / Years	Показатель / Parameter	Осадки, мм/ Precipitations, mm				
		Год / Year	Лето / Summer	Весна / Spring	Осень / Autumn	Зима / Winter
1937-1961	r	0.3	0.07	0.22	0.24	0.34
	λ	нет/not	нет/not	нет/not	нет/not	0.1
	Период / Years	25	25	25	25	25
	Тенденция / Tendency	-	+	-	-	-
1937-1970	r	0.27	0.16	0.2	0.22	0.11
	λ	нет/not	нет/not	нет/not	нет/not	нет/not
	Период / Years	34	34	34	34	34
	Тенденция	+	+	+	+	+
1937-1990	r	0.35	0.14	0.25	0.2	0.27
	λ	0.01	нет/not	0.1	<0.1	0.05
	Период / Years	0.34 54	54	54	54	54
	Тенденция / Tendency	+	+	+	+	+
1937-2002	r	0.36	0.12	0.30	0.22	0.15
	λ	0.01	нет/not	0.05	0.1	нет/not
	Период / Years	66	66	66	66	66
	Тенденция / Tendency	+	+	+	+	+
1962-2002	r	0.05	0.13	0.04	0.01	0.06
	λ	нет/not	нет/not	нет/not	нет/not	нет/not
	Период / Years	41	41	41	41	41
	Тенденция / Tendency	+	+	+	+	-
1971-2002	r	0.17	0.10	0.07	0.08	0.02
	λ	нет/not	нет/not	нет/not	нет/not	нет/not
	Период / Years	32	32	32	32	32
	Тенденция / Tendency	+	+	+	+	-
1980-2002	r	0.03	0.27	0.01	0.08	0.11
	λ	нет/not	нет/not	нет/not	нет/not	нет/not
	Период / Years	23	23	23	23	23
	Тенденция / Tendency	+	+	-	+	-

Таким образом, характеристики атмосферных осадков последних двух лет (2002 г. и 2003 г.) сильно отличаются от всех исследуемых периодов и пока не будет наблюдений за последующие десятилетия, их можно с полным правом считать аномальными для региона Южного Приаралья.

Анализ распределения солей и их динамика

Почвы, под посадками кустарников на обсохшем дне Аральского моря анализировались на основе семи шурфов. большей частью, они представлены остаточными отакыренными солончаками глубокозасоленными тяжелосуглинистыми на АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2004, том 10, № 21

песчаных морских отложениях со средневзвешенным засолением от 1.34 до 1.78% по сухому остатку, хлоридно-сульфатного (по анионам) кальциево-натриевого (по катионам) типа засоления (рис. 2а). По данным Каракалпакводхоз грунтовые воды залегают в данном районе в среднем на глубине более 7 м. Так что рассматриваемые почвы относятся к автоморфному ряду.

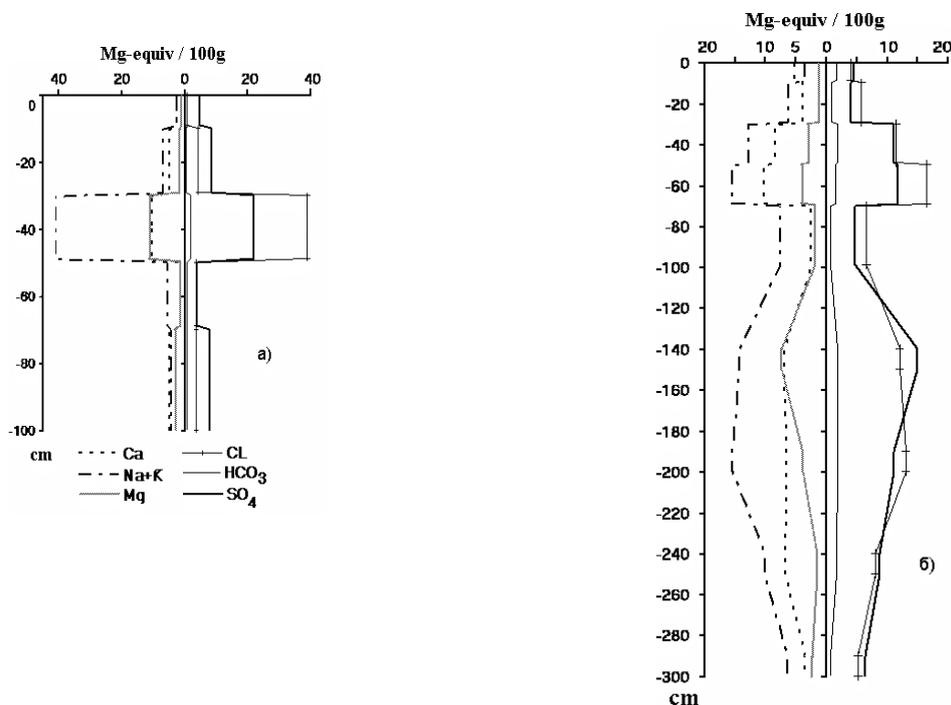


Рис. 2. Сравнительное распределение солей в почвенном профиле на участке кустарников с поливом в разные сезоны 2003 года: а) - весна (до посадки культур), б) - осень (растения полугодичного возраста). **Fig. 2.** Comparative distribution of salts in a soil profile on a site with a bushes with a water in different seasons 2003: а) – spring (before landing cultures), б) – autumn (semi-annual plant).

Контрольный участок посадок кустарников без полива показывает естественную сезонную динамику солей в почве, которая в данном случае целиком зависит от климатических факторов. А поскольку, как было рассмотрено ранее, 2002 и 2003 годы являются аномально высокими по количеству атмосферных осадков, нами выявлено естественное рассоление солончаков. Уменьшение концентрации солей отмечалось для всех почвенных горизонтов. При этом структура самого почвенного профиля (солевой рисунок) и тип засоления практически, не изменились. Наибольшему рассолению подверглись верхние почвенные горизонты. Для горизонта 0-10 см засоление снизилось в 4 раза (с 2% до 0.58%), для горизонта 10-30 см - в 2 раза (с 2.97% до 1.33%), для горизонта 30-50 см - в 1.5 раза (с 2.38% до 1.6%), для горизонта 50-70 см - в 1.8 раза (с 1.23% до 0.72%), и минимально - для горизонта 70-100 см (с 0.58% до 0.51%).

Для Каракалпакии 2003 год был необычайно дождливым, последний “весенний” ливень над посадками прошел в середине июня, а первые сильные осенние дожди начались уже 5 сентября. По этому полив участков осуществлялся лишь дважды: один раз - при посадке растений, в начале апреля и второй раз – 6 августа 2003 года.

На опытном участке посадок кустарников с поливом засоленной водой отмечался несколько иной характер миграции солей, чем в естественных условиях. При этом структура профиля (солевой рисунок) изменился мало. Поскольку полив производился засоленной водой (2.26 %) хлоридно-сульфатного натриево-кальциевого типа засоления, в верхней части почвенного профиля (0-10 см) отмечалось увеличение засоления с 0.43% до 0.66% по сухому остатку (рис. 2а, б). Из сильно засоленного

горизонта 30-50 см соли мигрировали (с 3.86% до 1.55%) в нижележащий горизонт на глубину 50-70 см. Поэтому там (50-70 см) наблюдалось 3-кратное увеличение содержание солей (с 0.53% до 1.85%). На глубине 70-100 см засоление снизилось минимально - с 0.8% до 0.74% по сухому остатку. Тип минерализации в первом метре поменялся с хлоридно-сульфатного на сульфатно-хлоридный.

Почвы на участках под посевами однолетних видов (совхоз “Арал”) были представлены слабосформированными отакыренными легкосуглинистыми на песчаных морских отложениях (рис. 3а), слабозасоленными (промытыми) с поверхности (0.35%) и средnezасоленными с глубины 3 метров (0.78%), хлоридно-сульфатного кальциево-натриевого типа засоления.

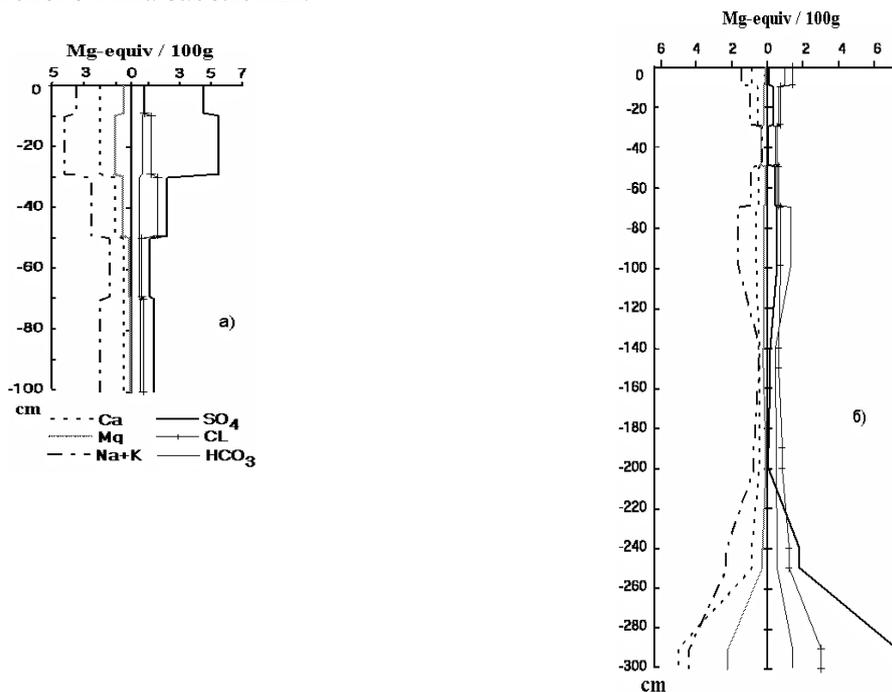


Рис. 3. Сравнительное распределение солей в почвенном профиле на участке однолетних трав с поливом в разные сезоны 2003 года: а) - весна (до посадки культур), б) - осень (растения полугодичного возраста). **Fig. 3.** Comparative distribution of salts in a soil profile on a site with a bushes with a water in different seasons 2003 : а) – spring (before landing cultures), б) – autumn (semi-annual plant).

Анализировались пять почвенных шурфов. Засоление контрольного участка под посадками однолетних трав в естественных условиях (без полива) так же снизилось осенью 2003 года по сравнению с весной 2003 года как и на солончаках под посадками кустарников. Исключение составил верхний горизонт почвы (0-10 см), где содержание солей незначительно повысилось. Таким образом, засоление на контрольном участке изменилось следующим образом: для горизонта 0-10 см - с 0.22% (весной) до 0.55% (осенью), для горизонта 10-30 см – с 0.23% до 0.18%, для горизонта 30-50 см – с 0.2% до 0.19%, для горизонта 50-70 см - с 0.22% до 0.16%, для горизонта 70-100 см - 0.36% до 0.15%. Здесь, в отличие от контрольного участка на солончаке, мы видим не чистый процесс рассоления почвы, но также подтягивание некоторого количества солей к поверхности. Этот процесс целиком связан с жизнедеятельностью растительности, которая на данном участке достигала высокой жизненности (4-5 баллов) и большого общего проективного покрытия (до 80-90%). В то время как на солончаках жизненность растений не превышала 1-2 баллов, а проективное покрытие составляло там 0-10%. Известно, что высокое засоление почв угнетает развитие растительности (Базилевич, Родин, 1971; Novikova et al., 1998; 2001). Поэтому при увеличении выпадения атмосферных осадков на

открытых пространствах происходит существенное (в 2-4 раза) рассоление почв до глубины 70 см. В то время, как на слабозасоленных почвах, повышение атмосферного увлажнения способствует возникновению буйного травяного покрова, который полностью перехватывает влагу, не давая ей просачиваться. Растительные сообщества, не только галофитные, накапливают в биомассе значительное содержание солей получая их из почвы (Аширова, 1976; Бейдеман и др., 1962, Базилевич, Родин, 1971). Поэтому на слабозасоленных почвах при увеличении атмосферного увлажнения наблюдается активизация солончакового процесса. После достижения критических для произрастания растений значений засоления почв, растительность отомрет. А при наличии повышенного атмосферного увлажнения снова начнется процесс рассоления. Подобная схема хорошо подтверждает цикличность природных процессов.

На участке слабозасоленных почв под однолетними травами при поливе также отмечалось снижение засоления в первых 70 см почвенного профиля (рис. 3а, б), также как и на участках солончаков под кустарниками при поливе. При этом засоление здесь для первых 50 см снижалось в 3-4 раза: для горизонта 0-10 см - с 0.42% (весной) до 0.16% (осенью), для горизонта 10-30 см - с 0.5% до 0.12%, для горизонта 30-50 см - с 0.28% до 0.07%, для горизонта 50-70 см - с 0.15% до 0.1%. В горизонте 70-100 см изменений не произошло (0.18%).

Результаты посадки кустарников и однолетних трав в 2003 году

На территории совхоза "Арал" Муйнакского района, на слабозасоленных почвах, помимо двух однолетних солеустойчивых вида (*Kochia iranica* и *Climacoptera lanata*) высевался также и полукустарник *Ceratoides papposa*. Поэтому все результаты для участка однолетних трав оцениваются сразу для трех видов растений.

Необходимо также отметить, что результаты на слабозасоленных почвах совхоза "Арал" были существенно лучше, чем на сильнозасоленных солончаках обсохшего дня моря. Особенно хороших всходов, обилия и высоты достигала *Kochia iranica* (табл. 3).

Таблица 3. Высота и количество экземпляров трех видов растений осенью 2003 г. на участках с поливом и без полива для модельных площадок размером 1x0.5 м². **Table 3.** Altitude and quantity of copies of three plant species in the autumn of 2003 on sites with a water and without a water for model platforms by the size 1 x 0.5 m².

№ участка / No of Key Sites	Вид растения / Plant species	Условия выращивания / Conditions of cultivation	Высота растений, см / Height of plants, cm			Измеренное кол-во экз. / Measured of plant specimens	Общее кол-во экземпляров / Sum of plant specimens
			Миним. / MIN	Среднее / Average	Максим. / MAX		
17	<i>Kochia iranica</i>	полив / with a water	2	35.0	80	30	121
16	<i>Kochia iranica</i>	полив / with a water	10	31.7	106	31	161
15	<i>Kochia iranica</i>	полив / with a water	12	59.6	115	30	290
Сред. / Aver. 15-17	<i>Kochia iranica</i>	полив / with a water	8.0	42.1	100.3	30	191
14	<i>Kochia iranica</i>	без полива / without a water	97	116.6	140	9	120
13	<i>Kochia iranica</i>	без полива / without a water	33	67.3	121	15	115
Сред. / Aver. 13-14	<i>Kochia iranica</i>	без полива / without a water	65.0	91.9	130.5	12	118
12	<i>Climacoptera lanata</i>	полив / with a water	4	14.5	30	19	19
11	<i>Climacoptera lanata</i>	полив / with a water	13	18.4	26	13	13
10	<i>Climacoptera lanata</i>	полив / with a water	13	28.8	60	29	29
Сред. / Aver. 10-12	<i>Climacoptera lanata</i>	полив / with a water	10.0	20.6	38.7	20	20
9	<i>Climacoptera lanata</i>	без полива / without a water	6	24.4	43	18	18
8	<i>Climacoptera lanata</i>	без полива / without a water	2	9.2	27	38	38
7	<i>Climacoptera lanata</i>	без полива / without a water	2	9.5	22	66	66
Сред. / Aver. 7-9	<i>Climacoptera lanata</i>	без полива / without a water	3.3	14.4	30.7	41	41
6	<i>Ceratoides papposa</i>	полив / with a water	1	16.9	40	15	13
5	<i>Ceratoides papposa</i>	полив / with a water	4	10.7	17	14	14
4	<i>Ceratoides papposa</i>	полив / with a water	3	8.9	15	17	17
Сред. / Aver. 4-6	<i>Ceratoides papposa</i>	полив / with a water	2.7	12.2	24.0	15	15
3	<i>Ceratoides papposa</i>	без полива / without a water	1	4.4	9	43	47
2	<i>Ceratoides papposa</i>	без полива / without a water	5	22.1	57	15	15
1	<i>Ceratoides papposa</i>	без полива / without a water	12	29.3	74	11	10
Сред. / Aver. 1-3	<i>Ceratoides papposa</i>	без полива / without a water	6.0	18.6	46.7	23	24

Измерение высоты и количества экземпляров растений на участках посадки

однолетних трав проводились в трехкратной последовательности для каждого вида на площади размером 0.5x1 м² отдельно для территорий с разными условиями выращивания (с поливом и без него). Результаты измерений для участка однолетних трав приводятся в таблице 3. Анализ данных показал, что средняя высота *Kochia iranica* без полива (в естественных условиях) была выше (91.9 см), чем на участке с поливом (42.1 см). Абсолютная минимальная (2 см) и средняя минимальная (8 см) высоты, а также абсолютная максимальная (115 см) и средняя максимальная высота (100.3 см) по всем участкам для *Kochia iranica* также была меньше при поливе, чем в естественных условиях (без полива). Наибольшая густота стояния растений *Kochia iranica* также отмечалась для контрольных участков.

Подобные же результаты характерны и для полукустарника *Ceratoides papposa*. Его высота и густота стояния растений также была выше на контрольных участках, чем при поливе (табл. 3).

И только для летне-осеннего однолетника *Climacoptera lanata* результаты контроля были хуже, чем результаты с поливом (табл. 3). Здесь высота растений (средняя, максимальная и минимальная) была выше на участках с поливом (табл. 3). При этом, несмотря на низкую высоту *Climacoptera lanata* (табл. 3), количество ее экземпляров было большим на контрольном участке (без полива). Однолетник *Climacoptera lanata* при поливе дает большую жизненность (4-5 баллов) и высоту растений при меньшем количестве экземпляров по сравнению с контролем (рис. 4, табл. 3).

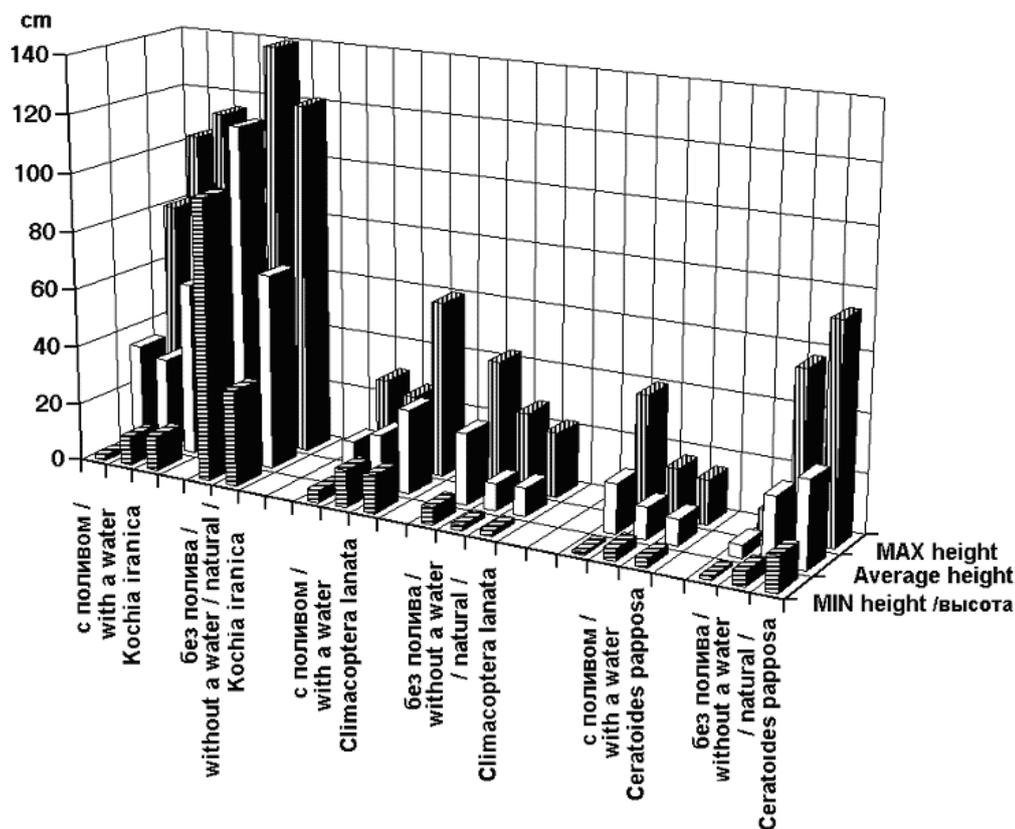


Рис. 4. Сравнительное распределение средней, максимальной и минимальной высоты растений в конце вегетационного периода для трех видов (*Kochia iranica*, *Climacoptera lanata*, *Ceratoides papposa*) при поливе и без него. **Fig. 4.** Comparative distribution of mean, maximum and minimum altitude of plants in the autumn for three plant species (*Kochia iranica*, *Climacoptera lanata*, *Ceratoides papposa*) a with water and without a water.

за погодных условий зимне-весенне-летнего периода 2003 г. имели худшую всхожесть и сохранность, чем посадки однолетних трав. Поздний сев 2003 года (1-4 апреля) определялся сильными морозами зимой, которые стояли вплоть до конца февраля. Кроме того, весна 2003 года в Приаралье, как и в Европейской части России, была очень холодной, поздней и дождливой. Дожди, как и в весенний период 2002 г., превышали норму в зимние и весенние месяцы в 2-6 раз. (табл. 1). Между тем, известно, что превышение допустимой нормы влажности почвы многократно снижает всхожесть семян (Филимонов, 1961). А поскольку саксаул *Haloxylon aphyllum* является типичным пустынным видом растения, аномально высокие значения сумм атмосферных осадков за 2002 и 2003 г. существенно снизили всхожесть и приживаемость растений в неблагоприятных условиях сильного засоления почв (табл. 4, 5).

Таблица 4. Высота и количество экземпляров саксаула (*Haloxylon aphyllum*) полугодичного возраста осенью 2003 года для трех рядов двух участков (с поливом и без полива) размерами 350 x 10 м². **Table 4.** Altitude and quantity of specimens *Haloxylon aphyllum* semi-annual age in autumn of a 2003 for three series of two sites (with a water and without a water) by the sizes 350 x 10 m².

Показатель / Parameter	№ участка / No of Key Sites			Среднее участков 2-4 / Average 2-4 Sites
	4	3	2	
Haloxylon aphyllum с поливом / with a water (350 x 10 m²)				
Высота мин. / height MIN	2	3	3	2.7
Высота сред. / height Average	7.3	7.9	8	7.7
Высота макс. / height MAX	15	13	12	13.3
Кол-во экз. / Quantity of plants	19	18	12	49
Haloxylon aphyllum без полива / without a water (350 x 10 m²)				
Высота мин. / height MIN	3	3	3	3.0
Высота сред. / height Average	8.0	8.2	8.9	8.4
Высота макс. / height MAX	13	14	16	14.3
Кол-во экз. / Quantity of plants	43	42	41	126

Таблица 5. Жизнеспособность саксаула *Haloxylon aphyllum* полугодичного возраста для трех рядов двух участков (с поливом и без полива) размером 350x10 м² осенью 2003 г. **Table 5.** Viability *Haloxylon aphyllum* of semi-annual age for three series of two sites (with a water and without a water) by the sizes 350 x 10 m² in the autumn of 2003.

Показатель / Parameter	№ участка / No of Key Sites			Среднее участков 2-4 / Average 2-4 Sites
	2	3	4	
Haloxylon aphyllum с поливом / with a water (350 x 10 m²)				
Кол-во экз. / Quantity of plants	12	18	19	49
Живые экз. / Alive plants	6	11	12	29
Сухие экз. / Dry plants	6	7	7	20
% Живых экз. / % Alive plants	50	61	63	59
Haloxylon aphyllum без полива / without a water (350 x 10 m²)				
Кол-во экз. / Quantity of plants	41	42	43	126
Живые экз. / Alive plants	7	5	6	18
Сухие экз. / Dry plants	34	37	37	108
% Живых экз. / % Alive plants	17	12	14	14

Анализ измерений посадок кустарников на солончаках позволил установить, что в целом для саксаула *Haloxylon aphyllum* высота растений и количество экземпляров в конце вегетационного периода 2003 года была выше на контрольных участках, т.е. на участках без полива (табл. 4). Однако жизнеспособность полугодичного *Haloxylon aphyllum* была выше на участках с поливом (табл. 5). Так, на участке величиной 350x10 м² при поливе сохранилось 59% выросших растений, в то время как в естественных условиях (без полива) на участке такой же величины из большого количества выросших растений (126 экз.) сохранилось лишь 14% (табл. 5). Такая же ситуация характерна и для подсчетов на меньших площадках 50x10 м², где при поливе сохранность молодых

растений достигает 46%, в то время как в контроле - только 9% .

В процессе работ было установлено, что первый полив во время посадки угнетающе действует на прорастание семян саксаула *Haloxylon aphyllum* в солончаковых почвах Южного Приаралья. В контрольном участке появляется в 2.5-3 раза большее количество всходов *Haloxylon aphyllum*. Однако, потом, в период знойного лета полив засоленной водой способствует сохранению в 4-5 раз большей доли растений от появившихся.

Результаты опытов показали, что *Ceratoides papposa* не пригоден для формирования устойчивого растительного покрова на солончаках, т.к. полностью отсутствовала его всхожесть и приживаемость. Для прорастания *Ceratoides papposa* необходим более легкий субстрат (песок или легкий суглинок) хотя бы с поверхности. Однако, на остаточных отакырренных солончаках Южного Приаралья он встречается не так уж часто, поскольку обсохшая часть Аральского моря недавно вышла из-под влияния морских вод и большей частью сложена глинистыми грунтами. Поэтому сообщества *Ceratoides papposa* имеет в Южном Приаралье крайне локальное распространение (Novikova et al., 1998; 2001).

Результаты наблюдений показали, что в условиях Южного Приаралья математическое распределение высоты растений полугодического возраста не зависит от систематической принадлежности вида, от его жизненной формы (кустарники или однолетние травы), от характера почв (солончаки или слабозасоленные) и от условий выращивания (с поливом или без полива). Высота экземпляров растений описывается полиномиальным распределением шестого порядка с очень высокими коэффициентами корреляции (0.98-1) фактических данных и значений функции.

Выводы

- Анализ средних многолетних метеорологических характеристик показал, что период до развития Аральского кризиса (1918-1971) и период развития Аральского кризиса (1971-1990) имеют слабые годовые и сезонные различия влажности и температуры воздуха, а так же сумм атмосферных осадков.
- За весь период инструментальных наблюдений (1937-2002 гг.) для метеостанции Чимбай выявлен значимый тренд (0.99-0.95%) в увеличении сумм годовых ($r=0.36$), весенних ($r=0.3$) и осенних ($r=0.22$) осадков.
- Смены динамических тенденций сезонного и годового многолетнего распределения атмосферных осадков в различные периоды времени выявили два периода: повышенного (1962-2002) и пониженного (1937-1961) выпадения атмосферных осадков для Южного Приаралья.
- Установлено, что от всех исследуемых периодов с начала инструментальных наблюдений, 2002-2003 годы сильно отличаются увеличением сумм атмосферных осадков. Значительно (в 2 - 10 раз) повышено месячное количество осадков в весенний и летний периоды.
- Анализ динамики солей в почвах обсохшей части Аральского моря показал, что при поливе даже засоленными водами происходит рассоление как солончаков, так и слабозасоленных почв. Структура солевого профиля (солевой рисунок) при этом слабо изменяется.
- В естественных условиях в годы с большим количеством зимне-весенне-летних осадков происходит сильное рассоление автоморфных солончаков в первом метровом слое почвы. Наибольшее рассоление испытывают верхние 30 см почвы. При этом структура солевого профиля совершенно не изменяется.
- В то же время слабозасоленные почвы при увеличенных количествах атмосферных осадков (в естественных условиях) наряду с некоторым снижением засоления в первом метровом слое, наоборот повышают солесодержание верхних горизонтов. Такие различия в динамике солей на солончаках и слабозасоленных почвах целиком

связаны с функционированием растительности.

- Результаты наблюдений показали, что в условиях Южного Приаралья математическое распределение высоты растений полугодического возраста не зависит от систематической принадлежности вида, от его жизненной формы (кустарники или однолетние травы), от характера почв (солончаки или слабозасоленные) и от условий выращивания (с поливом или без полива). Высота экземпляров растений описывается полиномиальным распределением шестого порядка с очень высокими коэффициентами корреляции (0.98-1) фактических данных и значений функции.
- В условиях аномально высоких значений атмосферных осадков на слабозасоленных почвах Южного Приаралья наиболее благоприятными можно считать естественные условия (без полива) выращивания однолетника *Kochia iranica* и полукустарника *Ceratoides papposa*. В то время как для выращивания однолетника *Climacoptera lanata* полив можно считать эффективным.
- Для выращивания саксаула *Haloxylon aphyllum* на солончаках обсохшего дна Аальского моря полив засоленной водой можно признать эффективным, т.к. он позволяет сохранить больший процент растений из проросших (в 4-5 раз) по сравнению с естественными условиями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аширова А.А. Растительность долины и дельты Амударьи и ее хозяйственное использование. Ашхабад: Ылым. Кн. 2, 1976. 324 с.
2. Бейдеман И.Н., Беспалова З.Г., Рахманина А.Т. Эколого-геоботанические и агрометеорологические исследования в Куро-Араксинской низменности Закавказья (Естествен. и антропогенные смены растительности сообществ, водный режим и корневые системы). М.-Л.: АН СССР, 1962.
3. Базилович Н.И., Родин Л.Е. Продуктивность и круговорот элементов в естественных и культурных фитоценозах (по материалам СССР) // Биологическая продуктивность и круговорот хим. элементов в растительных сообществах. Л.: Наука, 1971. - С. 5 - 32.
4. Филимонов М.А. Семена кормовых растений и их биологические свойства. М.: Сельхозиздат, 1961, 264 с.
5. Novikova N.M., Kust G.S., Kuzmina J.V., et al. Contemporary plant and soil cover changes in the Amu-Dar'ya and Syr-Dar'ya river deltas, Ecological research and monitoring of the Aral sea deltas, UNESCO-Paris, 1998. 55-80.
6. Novikova N.M., Kuz'mina J.V., Dikareva T.V., Trofimova T.U. Preservation of the Tugai Bio-Complex Diversity Within the Amu-Dar'ya and Syr-Dar'ya River Deltas in Aridization Conditions. Ecological Research and Monitoring of the Aral Sea Deltas: a basis for restoration. Book-2, Paris, UNESCO, 2001, 155-188.

THE EFFECT OF CLIMATE CHANGING AND WATERING UPON THE VEGETATION COVER FORMATION IN EXPERIMENT SITES WITHIN THE DRIED BOTTOM OF THE ARAL SEA

J.V. Kouzmina¹, S.Y. Trechkin², N.K. Mamutov²

¹Water Problems Institute Russian Academy of Sciences
19991 Moscow, ul. Gubkina, 3

²Institute of Bioecology Karakalpak Branch Uzbek Academy of Sciences
742000 Nukus, Berdaha str., 41

Our study aimed at cultivating the halophytes on the dried bottom of the Aral Sea started in 2003 and coincided with the period that cannot be considered as typical in terms of annual precipitation in the Pre-Aral region. In 2002 the sum of annual precipitation was doubled as compared to that within 1937-1965, i.e. before the intensive human intervention into the given area (Table 1). As seen from the Table 1, the monthly atmospheric precipitation became especially high in the summer. In June 2002 it revealed a 10-multiple increase in comparison with the 1965-2002 period; in 2003 the sum of monthly atmospheric precipitation increased by 6 times. The same situation was also observed in April-May and June-August

2002-2003, but the precipitation increase wasn't considerable averaging 1.5 to 4.

It is common knowledge, that the precipitation plays a leading role in the dynamics of the soil and vegetation cover. Since the climagrams for the 1990s revealed no significant differences in the human-transformed periods so it was decided to evaluate linear trends in the precipitation dynamics of several years for different periods of time. The data of Chimbay meteorological station (Table 2) were analyzed to show the dynamics of atmospheric precipitation sums for several years and those for different seasonal periods in time.

Based upon a comprehensive analysis of data concerning the precipitation amount in Chimbay it seemed reasonable to distinguish considerable (reliable) trends only for the periods 1937-1990 and 1937-2002 (Table 2). The annual atmospheric precipitations showed an increase ($r=0.35-0.36$) as well as in spring and autumn ($r=0.28-0.3$). In the period of natural climatic processes (1937-1961) the amount of atmospheric precipitations was significantly decreased in winter ($r=0.34$). In the other periods the data were found to be not mathematically valuable due to low coefficients of correlation and a very short period of time.

However, the change in dynamic tendencies made it possible to identify the periods of increasing and decreasing the amount of atmospheric precipitations in the dynamics for several years (Table 2, Fig.1). Thus, as a result of experimental observations in Chimbay meteorological station one should distinguish two periods: the period of decreasing the sums of precipitation from 1937 to 1961 and the period of their increasing since 1962 to the present time (Table 2, Fig 1). It is worthy of note that the period of low precipitation (1937-1961) is characterized by a tendency towards decreasing the sums of annual precipitation ($r=0.3$) and those taken place in spring ($r=0.22$), in autumn ($r=0.24$) and in winter ($r=0.34$). In the period of increasing the precipitation (1962-2002) the sum of summer, spring and annual precipitation became somewhat increased (Table 2). Within the short period of intensive stage in the Aral crisis development (1980-2002) there was no trend in the sum of annual and spring precipitation, and was increasing the sum of atmospheric precipitations in summer and autumn and in decreasing the winter precipitation.

7 soil profiles were analyzed to study the soils under shrub plantations on the dried bottom of the Aral Sea. They are mainly represented by heavy-loamy saline residual takyr-like solonchaks on sandy marine sediments (weighted mean of salinization - 1.34-1.78% in dry residue), the salinization is of chloride-sulfate (anions) and carbonate-sodium (cations) type. (Fig.2a). In 2003 it was extremely wet in Karakalpakia, the last "spring" storm rain was in the mid-June and the first autumn rains started already on 5 September. By this reason, the watering of test sites was applied twice: during the planting in the beginning of April and on 6 August 2003. The saline water was used for watering (2.12-2.26%) of chloride-sulfate sodium-carbonate salinization type.

The soils on sites under annual grass species ("Aral" collective farm) are represented by weakly developed slightly-loamy takyr-like ones on sandy marine sediments (Fig. 3a); they are weakly saline at the surface (0.35%) and moderately saline at a depth of 3 m (0.78%), being characterized by carbonate-sodium type of salinization. For their studying 5 soil profiles were analyzed.

At the territory of the "Aral" collective farm (Muinak district) apart from two annual salt-tolerant species (*Kochia iranica* and *Climacoptera lanata*) the dwarf shrub *Ceratoides papposa* have been planted, and the results obtained on the site under annual grasses were estimated for three plant species. One should indicate that the results obtained on weakly saline soils in the "Aral" collective farm were found to be better than those received on strongly saline solonchaks in the dried bottom of the Aral Sea. *Kochia iranica* was the most suitable for these conditions showing a good germinating power, abundance and height (Table 3). Because of weather conditions in the winter-spring-summer period the shrubs planted on solonchaks in the dried bottom of the Aral Sea showed a worse germination rate as compared to annual grass species.

Conclusions

A comprehensive analysis of average meteorological characteristics for several years showed that the period before the development of Aral crisis (1918-1971) and the period of its intensive development (1971-1990) reveal a weakly expressed annual and seasonal difference in moisture and air temperature as well as in the sums of precipitation.

A significant trend (0.99-0.95%) towards increasing the sums of annual ($r=0.36$), spring ($r=0.3$) and

autumn ($r=0.22$) precipitation has been identified for the period of observations in Chimbay meteorological station (1937-2002).

Changes in dynamic tendencies to the seasonal and annual distribution of atmospheric precipitations within the different periods of time made it possible to distinguish two periods: increasing (1962-2002) and decreasing (1937-1961) precipitation in the Southern Pre-Aral region.

It is worthy of note that 2002 and 2003 were found to be anomalous years in terms of increasing the precipitation. The monthly amount of atmospheric precipitations showed an essential increase (by 2-10 times) in the spring and summer periods.

Based upon the analysis aimed at studying the dynamics of salts in soils on the dried bottom of the Aral Sea it may be safely concluded that even the saline watering leads to desalination both of solonchaks and of weakly saline soils. The salt profile form (salt pattern) is slightly changed.

Under natural conditions in the years characterized by a higher amount of winter-spring-summer precipitation the automorphic solonchaks are mainly dissolved within the 1m layer, it being known that the upper soil portion (0- 30cm) is subject to dissolution to a considerable extent. Moreover, the salt profile form doesn't utterly change.

At the same time, due to the increased amount of atmospheric precipitation in weakly saline soils under natural conditions the salinization is somewhat decreased within the 1m layer but, on the contrary, the salts are accumulated in upper horizons. Such differences in the dynamics of salts between solonchaks and weakly saline soils may be explained by functioning of the vegetation.

Polynomial distribution of the sixths order permits to show how are distributed the half-yearly aged plants in their height independently on plant species and conditions for their cultivation.

Under conditions of anomalous higher precipitation the annual *Kochia iranica* and dwarf shrub *Ceratoides papposa* were found to be the most suitable for growing on weakly saline soils without watering, whereas the watering is required for annual *Climacoptera lanata*.

The saline watering is believed to be efficient for cultivating *Haloxylon aphyllum* on solonchaks in the dried bottom of the Aral Sea. The plants remain valid in a higher percentage (by 4-5 times) as compared to natural conditions (without watering). However, the watering technique must be quite another (in a distance from beds for planting).