PN-ACB 420
95442

Environment Policy and Technology Project

Contract No. CCN-0003-Q-00-3165

NEW INDEPENDENT STATES

FINAL PROJECT REPORT SUMMARY

"Evaluation of the Influence of Falling Aral Sea Levels on Precipitation in Adjoining Territories"
Applied Demonstration Project No. 5

By Vlasenko E.F., December 1996
Delivery Order 08, Task B

Prepared for:
Central Asia Mission
U.S.Agency for International Development

Prepared by:
Central Asia Regional EPT Office in Almaty, Kazakhstan
Environmental Policy and Technology Project
For the New Independent States of the former Soviet Union
A USAID Project Consortium Led by CH2M Hill

This is the English translation of the summary from an applied demonstration project report. The original full-length report is in Russian and follows the English report.

β

Acknowledgments

This work is the result of the united efforts of many people. Supplementary and essential project information was kindly presented by P. Kozhahmetov, head of Kazgidromet Water Agency, and O.Pilifosova, head of Climate Laboratory, KazNIIMOSK.

This project was supported by the United States Agency for International Development (USAID). We show our appreciation to Alexandra Terninko, program specialist, and also to Barbara Britton, regional water policy advisor, and to Dr. Greg Lassiter, operations coordinator, for accurate work coordination, payment in time, computer delivery, assistance and advice.

About the Authors

Dr. E. Vlasenko (Geography) - senior researcher and research leader, KazNIIMOSK, Applied Demonstration Project leader; responsible for assigning tasks, determining methods of research, distributing and coordinating of project work, conducting of independent and joint analysis of results and for the writing and editing of the resulting reports.

G. Bondar- senior researcher and leading weather forecaster, KazNIIMOSK. Consultant and the author of sections.

Dr. G. Chichasov- Professor of Geography, science deputy director, KazNIIMOSK. Consultant on Aral Sea problems.

T. Gorkunova- academic secretary, KazNIIMOSK. Consultant for foreign and native literature and information.

L. Voronina- chief weather forecaster weather agency, Kazgidromet. Studies synoptic processes, does information selection and conducts synoptic analysis.

S. Dolgikh- researcher, Climate Laboratory, KazNIIMOSK. Helped create the database for monthly precipitation, assisted in the calculation of precipitation statistics and built charts on the RS AT.

Dr. S. Mizina (Geography) - senior researcher, KazNIIMOSK. Provided RS AT work.

V. Sutyshev- junior researcher, KazNIIMOSK. Worked on the RS AT: collected, processed, and typed the information and reports.

A. Kuznetsova- 2-level engineer, KazNIIMOSK. Collected, photocopied and typed the information and reports.

Y. Cherkovskaya- Engineer, KazNIIMOSK. Collected, photocopied, and typed the information and reports.

Summary Report

Project Objectives and Scope

The objectives of this project were:

- To assess the influence that the drying of the Aral Sea has on precipitation over the Aral Sea, the Syr Darya River, and nine of the main grain-producing oblasts of Kazakstan: Torgai, Kostanai, North-Kazakstan, Kokshetau, Akmola, Karaganda, Pavlodar, Semipalatinsk and East-Kazakstan.

- To work out recommendations for the efficient use of the results in the practice, policy and management of water resources.

For this project the following data and information from the last 35 years (1961 - 1995) were used:

- Elevation of Aral Sea water level

- Monthly amount of precipitation from January to December at 22 stations: Torgai, Kostanai, Zhetygora, Petropavlovsk, Kokshetau, Akmola, Atbasar, Karaganda, Bayan-Aul, Pavlodar, Irtyshsk, Semipalatinsk, Kokpecty, Bachty, Ayaguz, Ust-Kamenogorsk, Zaisan, Aral Sea, Barsakelmes, Kazalinsk, Uyaly, Kyzyl-Orda

- Daily weather and thermobaric charts below 5 km elevation, for 1,453 cyclonic occurrences over the sea

Major Results and Findings

Statistical analysis revealed that approximately the same number of cyclones occur in winter and in summer. The distribution of precipitation over the territory of Kazakstan has been studied in this project only during the warm period of the year because of the shortening of the project term. The number of cyclones have been calculated by months and five-year periods. The number of cyclones that move deep out over the Aral Sea was also determined, but it is impossible to say anything definite about the differences in cyclone movement deepening of cyclones over the Aral Sea in the summer period, because these cyclones have not been studied in the winter period. All cyclonic formations have been investigated as they are one of the main elements of the whole atmospheric circulation and the precipitation supplier.

The Aral Sea, due to its geographical location, has an important role in precipitation redistribution not only within the coastal area, but far from its location. It was determined that in the summer period, the Aral Sea water level decline alters the development of global atmospheric processes over the territory of Kazakstan. The mechanism of this alteration lies

in the fact that because of the change of the sea volume and area in the Turansky lowland, a new additional extensive source of warmth has appeared. As a result, the occurrence of cyclones bringing precipitation decreased, especially since 1981. Their paths moved to the north and south of the Aral Sea area, as if to go around the place of warmth. But the cyclones that occur over the Aral Sea have greater speed than before, and move mainly from the southwest to the northeast which differs from the preceding processes. In early years, the cyclonic formations occurred over the sea, moving slowly, developing, and filling with moisture and evenly bringing precipitation to regions of the Republic, north, east and south of the sea location. The number of "dry" cyclones increased after 1981. Such atmospheric processes lead to an increase in the number of days with clear weather in the latitudinal Aral Sea zone and to an increase in the temperature of the air and water, an increase in wind speed, air dryness and evaporation, all of which makes the climate of the middle latitudes become drier.

The following findings serve as one evidence that the drying of the Aral Sea has an effect not only on precipitation changes over the sea and within 100 km of the coastal area as was mentioned in the preceding investigations, but also has an effect far away in the northern, north-eastern and eastern crop producing oblasts of the Republic. They are:

- The amount of precipitation over the Aral Sea and west Kazakstan has decreased. It is best manifested at the meteorological station of Uyaly, located on the south-eastern shore of the Aral Sea, where the trend of precipitation in April was zero.

- The precipitation in the eastern crop producing oblasts is about 30% of the average long-term value.

- There is a tendency for precipitation increases of up to 55% of the average long-term value in the northern and northeastern oblasts, due to the occurrence of the cyclones in these regions.

Thus, the drying of the Aral Sea can be linked not only to the water intake from the Amu Darya and Syr Darya rivers, but to the climate changes in Kazakstan. Certainly, the main cause of the drying of the Aral Sea belongs to the reduction of the water flow from the rivers. In 1961 the rivers brought 56 km3/year into the sea and 9 km3/year was the share of precipitation which fell into the sea. This precipitation share is now 14% of the total moisture source for the sea which is why the precipitation change shouldn't be ignored, especially when the river flows into the sea have decreased to 4 km3/ year. The drying of the Aral Sea results in changes in the development of the atmospheric processes over the Sea, and it in turn results in climatic changes, specifically the changes in distribution of precipitation over the wide area of the Republic. The strengthening of control measures against the desertification of the Aral Sea latitudinal zone, is required.

Conclusions

Based on the findings and results above, the following practical conclusions can be suggested:

- In the coming years the agricultural economy of the country will be as vulnerable as before and the risk of drought will persist at the same level as the last two decades. If the total amount of precipitation is retained at the same level in the northern, central and eastern regions and the climate in these regions grows mild, agricultural management is expected to change. It is necessary to expand the areas under cultivation and to provide education on winter crop sowing.

- The role of snow in agriculture will change. As a result of the climate growing milder, spring crop sowing should be done earlier. Thus, snow will be used for dampening soil as well as surface drainage.

- The vulnerability of agriculture will increase at the border of the zones of Central Kazakstan, namely the Zheskazgan, Karaganda and Torgai regions, which could become more arid zones.

- The reduction of the amount of precipitation in the Aral Sea zone will persist and evaporation will increase. Therefore, even if the Aral Sea were to be completely filled today, the process of evaporation would continue even more intensely for some years before the process of the total circulation would become stable and as it was originally. That is why, at present, the rehabilitation of the Aral Sea is most likely unrealistic.

Practical Application

The information obtained about the changes in the northern, northeastern and eastern oblasts, and the Aral Sea region can be used for the program RIMDESS to design pricing policy, water preservation, and distribution of water use in different economy sectors, such as municipal services, industry, agriculture, hydraulic power engineering and river transport.

The project findings and conclusions can best be used by the enterprises, amalgamations, companies and organizations engaged in agricultural production as this sector is the most affected by the changes of climate and weather conditions. As a result, the implementation of new technologies and methods of agricultural management may be required. The agricultural sector of Kazakstan has always been vulnerable and the question now arises as to whether it will become more vulnerable, which could lead to a decrease in agricultural production.

Political Recommendations:

The following recommendations are given:

- The results, obtained under this project, should be used in the RIMDESS Program in order to assess the political scenario of the water resources management and in the "Program on Concrete Actions for Improvement of the

Aral Sea Basin Environmental Situation in the Coming 3-5 Years, With the Consideration of the Social and Economic Development of the Region." This program was adopted in accordance with the fulfillment of the Nukus Declaration worked out by the Central Asia States and international organizations, and deals with the problems of sustainable development of the Aral Sea Basin.

- It is necessary to inform the administrative agencies and population about the changes of climate and their effect in different regions of the country. Two to three articles can be prepared on the basis of this project.

- As a result of the climatic changes, an urgent necessity has emerged to establish both local and national public committees to investigate and give explanation for the new situations in ecologically unhealthy zones.

- Controlled population migration is needed. For example, it is necessary to move part of the population from the Aral Sea zone to the environmentally healthier regions with almost the same climate characteristics, e.g. to Torgai, Akmola and other regions.

Potential Impacts

The project's potential impacts are as follows:

- The results of the project concur with the findings of the probability forecast about the temperature and precipitation changes in Kazakstan up to 2010, including global, man-made influences. It was worked out in the climate department of the Kazakh Research Institute (КазНИИМОСК) in 1995. The tendencies obtained under the project reveal the physical mechanism contributing to the climatic warming in Kazakstan and during the time of global warming. This information can be useful not only to research institutions dealing with the Aral Sea problems, but for all institutions and enterprises affecting or affected by the problems of the Aral Sea.

- The obtained findings can have an influence on the answering of controversial questions, which arise during assessment of the direction of change in the water balance of the Sea and river flow.

- The project results were presented at the Third International Conference CIS-USA "Water is a Critical Resource: Problems of Conservation, Use and Management," held in Tashkent September 22-29, 1996.

- A research article has been prepared on the the results of the project work, to be published in a research magazine.

- Taking into consideration the great importance of the Aral Sea's interaction

with the environment, it is necessary to carry on with the research investigation of the development tendencies of the atmospheric processes during the winter period, as it was determined during the project work that these processes have also changed. The increase in the amount of cyclones in the winter period can contribute to the rise of winter temperatures and to the increase of the precipitation amount. This, in its turn, will replenish Syr Darya waters, because thaw waters are the main water source. The proposed method is a good start for future investigations in case the territory under study is expanded and provided additional information is gathered and used.

Regional Cooperation

There were useful exchanges of opinions and information at the seminars and discussions during the project work. The work results were submitted and discussed at the joint seminar devoted to the Aral Sea problems, held in the Central Asia Hydro-meteorological Institute in September, 1996, where the hydrology and weather forecast departments took part as well. This issue was discussed, also, at the ADP executors' meeting, organized by USAID in October, 1996.

Проект по природоохранной политике и технологии

Контракт No. CCN – 0003 – Q – 00 – 3165

НОВЫЕ
НЕЗАВИСИМЫЕ ГОСУДАРСТВА

ОТЧЁТ

Оценка влияния падения уровня Аральского моря на увлажнение примыкающих территорий
Прикладной демонстрационный проект № 5

Е.Ф. Власенко, декабрь 1996 г.
Delivery Order 08, Task B

Подготовлен для
Миссии в Центральной Азии
Агентства США по международному развитию

Подготовлен:
Региональным офисом в Центральной Азии проекта ППТ
г. Алматы, Казахстан
Проект по природоохранной политике и технологии
для независимых государств бывшего Советского Союза
Консорциум ЮСАИДа под руководством компании CH2M HILL

6

Содержание

Раздел		Страница
Слова признательности		**iii**
Об авторах		**iii**
Перечень акронимов и сокращений		**v**
Краткий отчёт		**vi**
Полный отчёт		**1–1**
1	**Введение**	**1–1**
	Предыстория	1–1
	Цели	1–1
	Объём работ	1–2
	Методика	1–4
	Вопросы особой важности	1–5
2	**Результаты и выводы**	**2–1**
3	**Рекомендации**	**3–1**
	Рекомендации по использованию результатов Проекта	3–1
	Рекомендации по политике	3–2
	Потенциальное влияние Проекта	3–2

Список таблиц

Номер		Страница
1	Число циклонических образований, прошедших над акваторией Аральского моря с 1961 по 1995гг.	2–2
2	Число циклонов, прошедщих и углубившихся над Аральским морем по пятилетиям	2–4
3	Коэффициенты линейных трендов месячных и годовых сумм осадков	2–12
4	Коэффициенты линейных трендов индекса К за тёплый период года	2–13

Список рисунков

Номер		Страница
1	Влияние высыхания моря на выпадение осадков	1–3
2	Падение уровня Аральского моря и его линейный и параболический тренды	2–5
3	Временной ход числа циклонических образований в тёплые месяцы над Аральским морем и его линейный и кубический тренды	2–5
4	Временной ход числа циклонических образований в холодныеые месяцы над Аральским морем и его линейный и кубический тренды	2–5
5	Преобладание гребня тепла на синоптических высотных картах	2–6
6	Многолетний ход и тренд числа суток с формами атмосферной циркуляции (В+С)	2–8
7	Многолетний ход и тренд числа суток с формами атмосферной циркуляции (З+Зон)	2–8
8	Траектории перемещения циклонических образованийс апреля по май в неурожайный 1963 г.	2–9
9	Траектории перемещения циклонических образованийс апреля по май в неурожайный 1991 г.	2–9
10	Траектории перемещения циклонических образованийс апреля по май в урожайный 1966 г.	2–11
11	Траектории перемещения циклонических образованийс апреля по май в урожайный 1992 г.	2–11

8

Слова признательности

Эта работа — результат объединенных усилий многих людей. Дополнительная необходимая информация, используемая в работе, была любезно предоставлена П.Ж. Кожахметовым, начальником Бюро Погоды Казгидромета, и О.В. Пилифосовой, заведующей лабораторией климата КазНИИМОСК.

Эта работа была поддержана Агентством США по международному развитию. Мы выражаем свою признательность Александре Тернинко, Специалисту программы, так же Барбаре Бриттон, Координатору по вопросам региональной политики и Грегори Ласситору, Координатору работ, за четкую координацию работ, своевременную оплату, поставку компьютера, помощь и советы.

Об авторах

Е.Ф. Власенко — руководитель проекта, ведущий научный сотрудник КазНИИМОСК, кандидат географических наук, имеет звание старшего научного сотрудника. Ставит задачу, определяет пути и методы исследования, распределяет работу каждому соисполнителю, координирует ее, проводит самостоятельный и совместный с соисполнителями анализ полученных результатов, редактирует и пишет отчеты.

Г.М. Бондарь — старший научный сотрудник КазНИИМОСК. Ведущий синоптик. Консультант и автор разделов.

Г.Н. Чичасов — доктор географических наук, профессор, заместитель директора по научной работе КазНИИМОСК. Консультант по проблемам Арала.

Т.Г. Горкунова — ученый секретарь КазНИИМОСК. Консультант по иностранной и отечественной литературе, информации.

Л.А. Воронина — главный синоптик Бюро погоды Казгидромета. Исследует синоптические процессы, делает выборки и проводит синоптический анализ.

С.А. Долгих — научный сотрудник лаборатории климата КазНИИМОСК. Принимала участие в создании базы данных по месячным осадкам, расчета статистик осадков и построении графиков на PC AT.

С.В. Мизина — научный сотрудник КазНИИМОСК, кандидат географических наук. Обеспечивает работу на PC AT.

9

В.Р. Сутюшев – младший научный сотрудник КазНИИМОСК. Работает на PC AT, набирает, обрабатывает и печатает информацию и тексты отчетов.

А.П. Кузнецова – инженер II категории КазНИИМОСК. Набирает, ксерокопирует и печатает информацию и тексты отчетов.

Ю.И. Черковская – инженер КазНИИМОСК. Набирает, ксерокопирует и печатает информацию и тексты отчетов.

10

Перечень акронимов и сокращений

В восточная форма циркуляции

З западная форма циркуляции атмосферы

Зон зональная форма циркуляции

С смешанная форма циркуляции

Казгидромет Главное управление по гидрометеорологии республики Казахстан

КазНИИМОСК Казахский научно – исследовательский институт мониторинга окружающей среды и климата

ППТ Проект по природоохранной политике и технологии

СНГ Содружество Независимых Государств

США Соединённые Штаты Америки

ADP Прикладной демонстрационный проект

RIMDESS Система управления и контроля за речным бассейном для принятия технико – экономических решений

USAID Агентство США по международному развитию

Краткий отчёт

Цели и объемы Проекта

Цели Проекта:

- Оценить влияние высыхания Аральского моря и на выпадение осадков над ним, рекой Сырдарьей и девятью основными зерносеющими областями Республики Казахстан: Торгайской, Костанайской, Северо—Казахстанской, Кокшетауской, Акмолинской, Карагандинской, Павлодарской, Семипалатинской и Восточно—Казахстанской.

- Составить рекомендации по оптимальному использованию результатов на практике, в политике и управлении водными ресурсами.

Для исследования Проекта использовалась информация, собранная за 35 лет (1961—1995 гг.):

- О высоте уровня Аральского моря;

- о месячном количестве осадков с января по декабрь на 22 станциях: Торгай, Костанай, Джетыгора, Петропавловск, Кокшетау, Акмола, Атбасар, Караганда, Баян—Аул, Павлодар, Иртышск, Семипалатинск, Кокпекты, Бахты, Аягуз, Усть—Каменогорск, Зайсан, Аральское море, Барсакельмес, Казалинск, Уялы, Кзыл—Орда;

- ежедневные карты погоды и термобарические карты до высоты 5 км для 1453 случаев циклонических образований, прошедших над морем.

Основные результаты и выводы

Статистический анализ показал, что над Аральским морем проходит примерно одинаковое число циклонов, как зимой, так и летом. Но распределение осадков по территории Казахстана, связанное с данными циклонами, изучались в этом Проекте только для теплой половины года. Это было связано с сокращением срока выполнения Проекта. Рассчитано количество циклонов по месяцам и по пятилетиям. Определено количество углубившихся циклонов, но сказать что—либо определенное о различиях в углублении циклонов над Аралом летом нельзя из—за неизученности процессов зимой. Изучению подвергались все циклонические образования,

17

так как они являются одним из основных элементов общей циркуляции атмосферы и носителями осадков.

Аральское море из—за своего местоположения играет существенную роль в перераспределении осадков не только вблизи моря, но и далеко за его пределами. Удалось установить, что падение уровня Аральского моря вызывает деформацию развития глобальных атмосферных процессов летом над территорией республики. Механизм этой деформации заключается в том, что за счет изменения объема и площади моря в Туранской низменности создается дополнительный обширный источник тепла. В результате над морем, особенно начиная с 1981 года, стало проходить все меньше циклонов, которые несут осадки. Траектории их сместились к северу и югу от акватории моря, как бы огибая остров тепла. Те же циклоны, которые все—таки проходят над морем, имеют гораздо большую скорость, чем раньше, и перемещаются в основном с юго—запада на северо—восток. Это отличается от прежних процессов тем, что раньше циклонические образования проходили над морем медленно развиваясь, наполняясь влагой и перенося осадки раномерно по различным районам республики: северным, восточным и южным — считая от моря. После 1981 года увеличилось число "сухих" циклонов. Такое развитие атмосферных процессов приводит к тому, что в широтной зоне Арала увеличивается число суток с ясной погодой, повышается температура воздуха и воды, увеличивается скорость ветра, сухость воздуха и испарение. То есть климат средних широт иссушается.

Это является доказательством того, что иссушение Арала оказывает влияние на изменение увлажнения не только над морем и в 100—километровой прибрежной зоне, как об этом говорилось в более ранних исследованиях, но и далеко за его пределами: в северных, северо—восточных и восточных зерносеющих областях республики:

- Количество осадков над самим морем и в Восточном Казахстане уменьшилось. Так, например, на станции Уялы (юго—восток Арала) тренд количества осадков в апреле достиг нуля.

- Такая же тенденция отмечается и в восточных зерносеющих областях, где уменьшение осадков достигло 33% от среднего многолетнего значения.

- В северных и северо—восточных областях тенденция осадков увеличилась до 55% от среднего многолетнего значения, так как циклоны в основном стали проходить по этим районам.

Таким образом, усыхание моря связано не только с забором воды из рек Сырдарьи и Амударьи, но и с изменением климата в Казахстане. Конечно, главную роль в иссушении моря играет уменьшение стока рек, так как за счет них в 1961 году в море впадало 56 км^3/год, а за счет осадков 9 км^3/год.

13

Но эти осадки составляют 14% от общего источника влаги для моря, поэтому их изменением нельзя пренебрегать, особенно если учесть, что приток воды от рек снизился до 4 км^3/год. Само иссушение Аральского моря приводит к изменению развития атмосферных процессов над ним, что приводит к изменению климата, и, в частности, изменению распределения осадков над большой территорией республики. Необходимо усиливать меры по борьбе с усиливающимся опустыниванием широтной зоны, в которой находится Аральское море.

Заключение

Из выше изложенного можно сделать следующие практические выводы:

- Ближайшее десятилетие сельское хозяйство страны будет столь же уязвимо, как и прежде, а степень риска засухи сохранится на уровне последних двух десятилетий. В связи с сохранением сумм осадков на прежнем уровне в северных, центральных и северо—восточных областях и смягчением в этих районах климата необходимо изменить здесь методы ведения хозяйства: расширить площади под садоводство и огородничество, распространить опыт сева озимых культур.

- Изменится роль снежного покрова для сельского хозяйства. В связи со смягчением климата сев яровых следует проводить в более ранние сроки. Снег будет расходоваться не только на поверхностный сток, но и на увлажнение почвы.

- Увеличится уязвимость сельского хозяйства на границе зон Центрального Казахстана: Жезказганской, Карагандинской и Торгайской областей, где аридность может усилиться.

- В зоне Аральского моря количество осадков будет уменьшаться, а испарение увеличиваться. Поэтому, если сейчас даже полностью заполнить море, то еще несколько лет оно будет продолжать испаряться, но гораздо быстрее, чем прежде, пока процессы общей циркуляции не вернутся в свое первоначальное положение и процесс не стабилизируется. Следовательно, в настоящее время восстановление Аральского моря скорее всего нереально.

Применение результатов на практике

Информацию о изменении количества осадков в северных и северо—восточных областях, в районе Аральского моря можно использовать в программе RIMDESS для моделирования ценообразования, сохранения воды

14

и распределения водопользователей в различных секторах экономики: коммунального хозяйства, промышленного и сельскохозяйственного потребления, гидроэнергетики и речного транспорта.

Применение выводов, полученных в работе, наилучшим образом могут быть использованы предприятиями, объединениями, фирмами и организациями, связанными с сельскохозяйственным производством, так как именно оно быстрее и сильнее всего реагирует на изменения климата и условий погоды. В результате может возникнуть необходимость применения новых технологий и методов ведения сельского хозяйства. Сельское хозяйство Казахстана всегда было уязвимо. В настоящее время вопрос состоит в том, не станет ли оно более уязвимым и не уменьшится ли его продуктивность.

Политические рекомендации

Рекомендовано:

- Полученные результаты можно применить в программе RIMDESS для оценки политических сценариев управлении водными ресурсами, а также в "Программе конкретных действий по улучшению экологической обстановки в бассейне Аральского моря в ближайшие 3—5 лет с учетом социально—экономического развития региона", которая была принята в соответствии с выполнением Нукусской декларации государств Центральной Азии и международных организаций по проблемам устойчивого развития бассейна Аральского моря.

- Необходимо шире информировать административные органы и население об изменении климатических условий и их взаимовлиянии в разных регионах страны. По Проекту могут быть подготовлены 2—3 популярные статьи.

- В связи с изменением климата возникла острая необходимость в создании общественных национальных и региональных комитетов по изучению и разъяснению новых ситуаций в экологически неблагоприятных районах.

- Необходимо административное регулирование миграции населения. Так, например, надо осуществить переселение части населения из районов Аральского моря в более благоприятные в экологическом плане районы, например, в Торгайскую, Акмолинскую и другие области, туда, где климатические условия теперь мало отличаются от тех, которые были ранее в районах Приаралья.

15

Потенциальное влияние

Потенциальное воздействие Проекта:

- Результаты выполненного Проекта совпадают с выводами вероятностного прогноза изменения температуры и осадков в Казахстане до 2010 года с учетом глобального антропогенного воздействия, которая разработана в отделе климата КазНИИМОСК в 1995 году. Полученные в Проекте закономерности раскрывают физический механизм, который способствует потеплению климата в Казахстане на фоне общего глобального потепления. Эта информация может оказаться полезной не только для хозяйственных, но и для научных учреждений, занимающихся проблемами Арала.

- Полученные выводы могут оказать влияние при решении спорных вопросов, возникающих при оценке направленности изменения водного баланса моря и стока рек.

- Результаты проекта были доложены на Третьей международной конференции СНГ—США "Вода — критический ресурс: проблема сохранения, использования и управления", которая состоялась 22—29 сентября 1996 года в г.Ташкенте.

- По результатам исследования подготовлена научная статья для опубликования в научном журнале.

- Учитывая огромное значение моря во взаимодействии его с окружающей средой необходимо продолжить научное исследование тенденций развития атмосферных процессов зимой, так как в ходе работ над Проектом было установлено, что эти процессы также изменились. Увеличение числа циклонов зимой могут способствовать повышению зимней температуры воздуха и увеличению количества осадков. Это, в свою очередь, может пополнить воды Сырдарьи, для которой талые воды являются главным источником воды. Предложенный метод является хорошим заделом для дальнейших исследований при расширении района исследования и использования дополнительной информации.

Региональное сотрудничество

При выполнении Проекта были полезные обмены мнений и информацией в дискуссиях и семинарах. Так, результаты работы были доложены и обсуждены на объединенном семинаре отделов гидрологии, прогнозов погоды и климата по проблемам Арала в Среднеазиатском научно—

16

исследовательском гидрометеорологическом институте в сентябре 1996 г. и на совещании исполнителей ADP, проведенным USAID в октябре 1996 г.

17

ПОЛНЫЙ ОТЧЁТ

Раздел 1
Введение

1.1 Предыстория

Уменьшение воды в Арале было замечено еще более 100 лет назад. Утесы на западных берегах обнажились, на мелководных южных и восточных берегах большие пространства суши вышли из под воды. Так, например, за 36 лет (1858—1894) на юге Арала полностью высох залив Айбугир. Указывали на три возможные причины: 1) уменьшение количества воды в двух реках, впадающих в Арал—Амударьи и Сырдарьи; 2) уменьшение количества дождя и снега, выпадающих на поверхность озера и его ближайшие окрестности; 3) более высокой температурой, меньшей влажностью воздуха и более сильными ветрами, то есть явлений, усиливающих испарение. Однако тогда еще не могли высказаться определенно, какая из причин важнее. Несмотря на существование в настоящее время различных гипотез падения уровня, современный анализ водного баланса показал, что основными причинами являются изменения речного стока, испарения и осадков. Однако, еще 100лет назад отмечалось, что на огромном пространстве в средних широтах азиатского материка — от Арала до озера Ханка — происходит общее иссушение климата.

Таким образом высыханию Арала способствует не только человек, забирая воду из рек, но и изменение климата. Кроме того, само исчезновение моря также может сказаться на климате большого географического региона, на территори которого находится Казахстан. Прежде всего это повлияет на изменение температуры воздуха и распределение осадков. Хотя эти изменения уже замечены за последние 100 лет по сильной деградации ледников, которые питают реки Сырдарью и Амударью. Кроме того, за счет повышения температуры воздуха и воды увеличивается испарение как с моря, так и с рек.

Здесь рассматривались данные с 1961 г., когда началось наиболее интенсивное падение уровня Аральского моря. Если в 1961г. суммарный речной сток воды в моря составлял 56 км^3/год, а за счет осадков море получало 9 км^3/год, т.е. 14%. В настоящее время, когда от рек воды поступает только 4км^3/год, ролью осадков нельзя пренебрегать, тем более, что выпадают они не только над Аралом.

1.2. Цели

- Цель 1 — оценить влияние высыхания моря на выпадение осадков над морем, рекой Сырдарьей и девятью основными зерносеющими областями Республики Казахстан: Торгайской, Костанайской, Северо—Казахстанской, Кокшетауской,

Акмолинской, Карагандинской, Павлодарской, Семипалатинской и Восточно—Казахстанской (рис. 1).

- Цель 2 — составить рекомендации по оптимальному использованию результатов в практике, политике и управлении водными ресурсами.

1.3. Объем работ

Проект выполнялся с мая по октябрь 1996 года в лаборатории прогнозов погоды и информатики Казахского научно—исследовательского института мониторинга окружающей среды и климата (КазНИИМОСК).

Основные цели работы состояли в определении того какая связь существует между уровнем падения моря и числом циклонов, проходящих над ним и могущих давать дополнительные осадки над 9 прилегающими областями: Торгайской, Костанайской, Северо—Казахстанской, Кокшетауской, Акмолинской, Карагандинской, Павлодарской, Семипалатинской и Восточно—Казахстанской.

Для этого, во—первых, были проанализированы ежедневные синоптические карты за 35 лет (с 1961 по 1995 годы) и составлены таблицы дат прохождения циклонических образований над морем. В общем было выбрано 1453 таких случаев.

Во—вторых, была проведена каталогизация циклонов в зависимости от атмосферных процессов, развивающихся над более обширными территориями, включающими северные моря, Атлантический океан, Средиземное, Черное и Каспийское моря в соответствии с классификацией А.Л.Каца. Этот этап был необходим для выявления связи между циклоническими образованиями, проходящими над Аральским морем, и общей циркуляцией атмосферы.

В—третьих, была проведена классификация циклонов, углубившихся над Аральским морем, для выяснения: как падение уровня моря сказывается на регенерации циклонов и изменении условий выпадения осадков, которые связаны с этими циклонами.

В—четвертых, были исследованы особенности изменения распределения осадков на 17 метеостанциях: Торгай, Костанай, Джетыгора, Петропавловск, Кокшетау, Акмола, Атбасар, Караганда, Баян—Аул, Павлодар, Иртышск, Семипалатинск, Кокпекты, Бахты, Аягуз, Усть—Каменогорск и Зайсан. Цель этого этапа состояла в идентификации осадков, выпадающих над прилегающими территориями за счет влияния Аральского моря и определения тенденций в изменении количества осадков в зависимости от падения уровня моря.

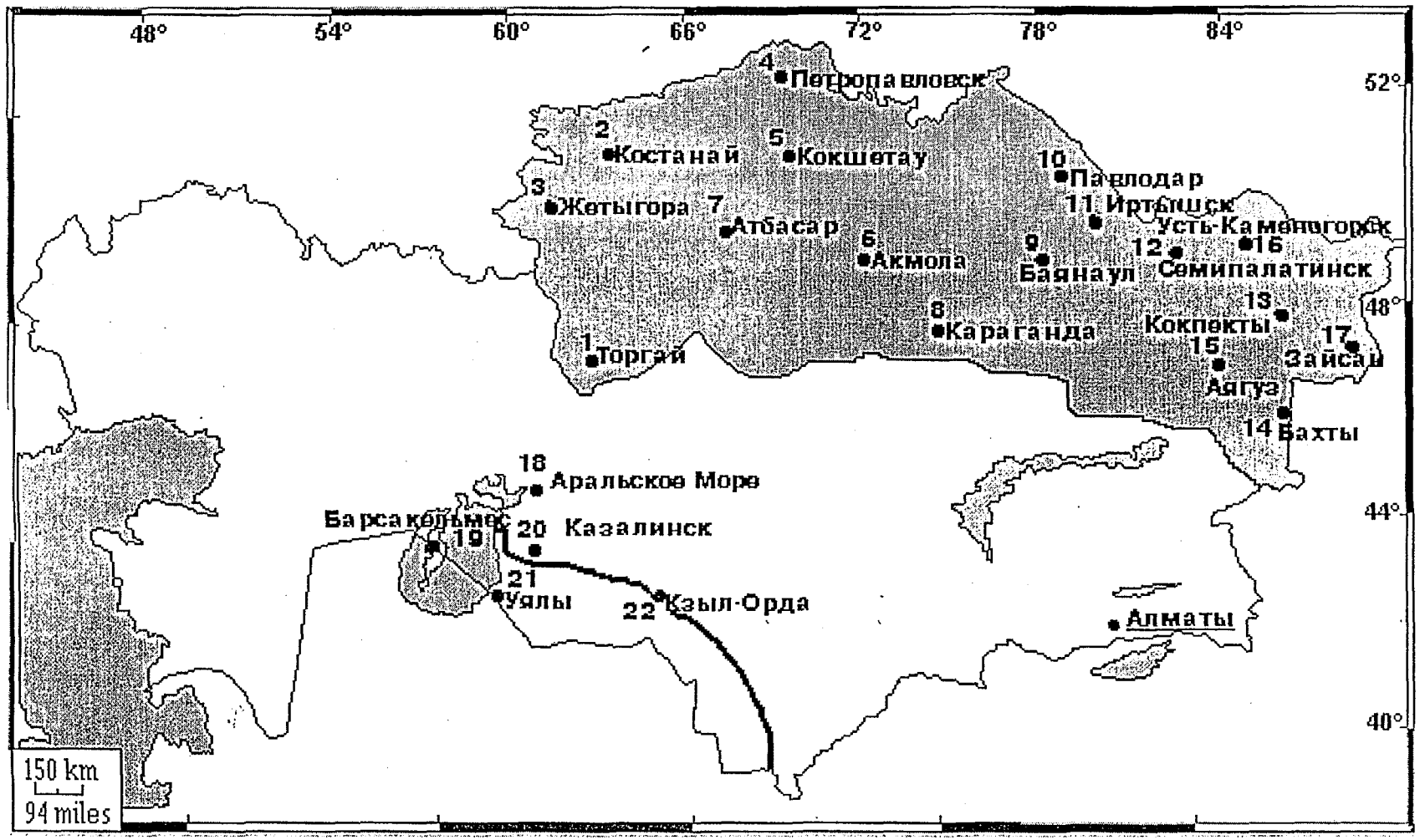

48°
54°
60°
66°
72°
78°
84°
52°
48°
44°
40°
4 Петропавловск
2 Костанай
5 Кокшетау
10 Павлодар
3 Жетыгора
7 Атбасар
11 Иртышск
Усть-Каменогорск
6 Акмола
9 Баянаул
12
16 Семипалатинск
13
8 Караганда
Кокпекты
17
1 Торгай
15
Зайсан
Аягуз
14 Бахты
18 Аральское Море
Барсакельмес
19
20 Казалинск
21 Уялы
22 Кзыл-Орда
Алматы
150 km
94 miles

Рис.1

1.4 Методика

Рабочая гипотеза, положенная в основу нашего исследования, состоит в следующем. Аральское море из – за своего местоположения играет существенную роль в перераспределении осадков по территории Казахстана. Это можно объяснить следующими причинами:

- вдоль западных (реже восточных) склонов Уральских гор перемещается холодный воздух арктического происхождения, который обеспечивает преобладание западных ветров на западном побережье Аральского моря;

- положение гор Кавказа и Иранского нагорья, между которыми выносится теплый тропический воздух из районов Ближнего Востока, обеспечивает преобладание юго – восточных ветров на восточном побережье моря;

- вогнутость местности Аральского моря способствует усилению циклонической циркуляции в атмосфере над морем;

- значительное испарение с поверхности моря по сравнению с окружающей территорией создает условия для образования кучевых облаков и выпадения осадков. Так, в среднем за год (1981 – 1985 гг.) с поверхности Арала испарялся примерно метровый слой воды, то есть 45,9 км^3;

- при прохождении холодного фронта в этом районе происходит взрывное образование или регенерация (углубление) циклонов, которые в значительной мере и определяют распределение увлажнения по Казахстану и, возможно, по Западной Сибири.

Таким образом, атмосферная циркуляция может сыграть решающую роль в изменении испарения и количества осадков. Уменьшение площади и объема Аральского моря изменило теплоемкость местности, что привело к возникновению дополнительных источников тепла, которые в свою очередь служат причиной аномальных движений атмосферы, которыми можно объяснить наблюдаемые изменения климата над Казахстаном.

Исследование проводилось синоптическими и статистическими методами. Информация бралась с синоптических карт Казахского Бюро погоды, Синоптических бюллетеней Российского Гидрометцентра, баз данных лабораторий климата, прогнозов погоды и информатики КазНИИМОСК.

1.5. Вопросы особой важности

Дополнительно к районам исследования был проведен анализ тенденций изменения осадков за счет прохождения циклонов над Аралом на метеостанциях, расположенных непосредственно рядом с морем: Уялы, Казалинск, Барса—Кельмес, Кзыл—Орда и Аральское море.

Из—за большого количества информации влияние моря на выпадение осадков рассматривалось только для теплого полугодия (с апреля по сентябрь). Для холодного полугодия надо проводить дополнительные исследования, так как зимой развитие атмосферных процессов совсем другое. Но этот вопрос актуален, так как зимние осадки могут влиять на формирование ледников и талых вод, т.е. на сток рек, а в конечном счете на уровень моря.

Раздел 2
Результаты и выводы

Статистический анализ показал, что 51% циклонов проходит над Аралом в теплое время года — с апреля по октябрь (табл. 1). В 1974 году отмечался максимум (82% от всех случаев), а в 1994 — минимум (52%) (табл. 1). При этом наибольшее число циклонов приходилось на апрель (147) и январь (141), а наименьшее — на сентябрь (92) и октябрь (98) (см. табл. 1). Суммарное число циклонических образований по пятилетиям было максимальным с 1981 по 1985 годы и минимальным с 1971 по 1975 (см. табл. 2). Из 1453 циклонов, прошедших над Аралом, углубились только 61 (4,2%) (табл.2). При этом максимум углубившихся циклонов по пятилетиям отмечался с 1981 по 1985 гг., а по месяцам — в апреле, августе и ноябре.

На рис.2 приведены временной ход падения уровня моря (кривая y), а также его линейный тренд (y') и параболический (y") тренды. Особенно резкое падение уровня моря приходилось на период с 1981 по 1993 годы. На рис. 3, 4 показан временной ход числа циклонических образований над Аральским морем за теплый (с апреля по октябрь) и холодный (с ноября по март) периоды года. Прямолинейный тренд (y) показывает медленное убывание циклонов летом (рис.3) и возрастание зимой (рис.4). Более интересен кубический тренд (кривая y'''), согласно которому, отмечается резкое снижение числа циклонов над морем как летом (с 1983), так и зимой (с 1988). Максимум (40) циклонов отмечался в 1980, а минимум (16) в 1993 году (табл. 1). Эта часть ряда похожа на ход убывания уровня Аральского моря (рис. 2). Для 80—ых годов характерно было значительное превышение испарившейся воды над суммой приходных составляющих водного баланса моря, что способствовало циклогенезу при прочих равных условиях. Но уже с конца 80—ых годов, в связи со значительным уменьшением поверхности моря и изменением термических условий Приаралья, изменились и особенности циркуляции над морем — число проходящих циклонических образований резко пошло на убыль. Связь падения уровня моря с убыванием циклонических образований с 1983 по 1993 год подтверждается также наличием значимых коэффициентов корреляции между ними. На синоптических высотных картах в теплое время года над этим районом преобладает гребень тепла, который не благоприятствует прохождению циклонов и циклогенезу и препятствует естественному переносу влаги в северные, центральные и восточные области Казахстана (рис.5).

Уменьшение прохождения циклонических образований над Аралом может быть связано не только с падением уровня моря, но и с общими, глобальными перестройками в крупномасштабной атмосферной циркуляции. Изменения атмосферной циркуляции исследовались при помощи форм циркуляции за каждый день. Существует несколько классификаций крупномасштабных атмосферных процессов. Для решения поставленных в этом Проекте задач была использована классификация,

Таблица 1

Число циклонических образований, прошедших над акваторией Аральского моря с 1961 по 1995 гг.

N месяца	Год																		
	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979
1	3	5	4	7	4	4	3	5	2	3	1	3	5	5	3	5	3	5	3
2	2	3	4	7	2	1	6	2	1	6	1	1	0	0	1	1	3	2	4
3	3	6	5	5	3	4	5	2	2	3	4	3	2	2	3	1	2	1	2
4	8	4	1	6	7	4	5	2	9	3	4	5	5	4	1	5	3	7	6
5	2	5	5	4	2	2	7	3	3	6	3	9	5	4	2	3	5	3	3
6	1	4	5	5	2	8	5	3	1	3	1	2	6	4	3	5	4	4	4
7	6	3	7	4	5	3	3	4	2	4	3	1	0	6	3	2	2	1	4
8	4	3	2	3	2	4	2	2	3	6	0	1	6	4	3	4	4	1	3
9	2	3	-	1	2	2	4	0	2	4	2	3	3	3	6	2	1	2	2
10	3	4	4	1	2	2	0	1	3	1	2	3	1	2	1	4	4	5	4
11	6	5	2	1	3	2	7	3	2	0	3	0	6	3	2	2	1	2	2
12	3	4	5	1	3	1	3	2	2	3	7	3	3	1	3	0	3	6	3
$\sum_{1}^{12}$	43	49	44	45	37	37	50	29	32	42	31	34	42	38	31	34	35	39	40
$\sum_{4}^{10}$	26	32	29	29	25	29	31	19	25	30	19	27	28	31	22	26	25	24	28
$\left(\sum_{4}^{10} / \sum_{1}^{12}\right) \bullet 100\ \%$	60	65	66	64	68	78	62	66	78	71	61	79	67	82	71	76	71	62	70

25

Продолжение таблицы 1

N месяца	Год																$\sum_{1}^{35}$
	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	
1	2	3	3	5	2	9	5	8	3	4	5	4	6	1	4	4	141
2	1	3	3	7	4	7	4	4	4	3	2	0	4	2	5	2	102
3	3	6	5	4	4	7	7	3	2	2	5	3	3	4	1	2	119
4	3	4	6	3	3	3	2	5	2	3	4	8	5	1	4	2	147
5	6	5	3	4	2	7	4	7	4	4	0	3	5	3	3	2	138
6	8	7	1	5	4	3	1	2	9	2	4	2	4	4	6	2	134
7	5	7	3	7	3	5	2	3	4	4	3	3	1	2	1	4	120
8	2	3	3	6	6	7	3	4	3	3	5	0	3	0	3	2	110
9	4	4	3	4	5	2	3	4	3	2	2	4	3	1	1	3	92
10	9	1	5	2	5	2	6	2	2	4	0	2	3	1	3	4	98
11	5	4	4	4	4	2	2	3	6	6	5	12	4	5	6	2	126
12	4	6	1	4	1	4	9	6	8	3	5	3	3	4	5	4	126
$\sum_{1}^{12}$	52	53	40	55	43	58	48	51	50	40	40	44	44	28	42	33	1453
$\sum_{4}^{10}$	40	37	29	35	32	36	28	30	29	24	23	25	27	16	22	21	741
$\left(\sum_{4}^{10} \Big/ \sum_{1}^{12}\right)\bullet 100\,\%$	77	70	72	64	78	62	58	59	58	60	58	57	61	57	52	64	51

Таблица 2

Число циклонов, прошедших (пр.) и углубившихся (уг.) над Аральским морем по пятилетиям

Период	Месяц												Σпр.	Σуг.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1961-65	23	18	22	26	18	17	25	14	8	14	19	16	218	3
1966-70	17	16	16	23	21	20	16	17	12	7	14	11	190	5
1971-75	17	3	14	19	23	16	13	14	17	9	14	17	176	8
1976-80	18	11	9	24	20	25	14	14	11	26	12	16	200	8
1981-85	16	17	26	19	21	20	25	25	18	15	18	16	249	14
1986-90	25	17	19	16	19	18	16	18	14	14	22	31	229	13
1991-95	19	13	13	20	16	15	11	8	12	13	29	19	191	10
Σпр.	141	102	119	147	138	134	120	110	92	98	126	126	1453	
Σуг.	4	3	3	8	3	4	4,5	8,5	7	5	8	7		61

27

Падение уровня Аральского моря (y) и его линейный (y') и параболический (y'') тренды

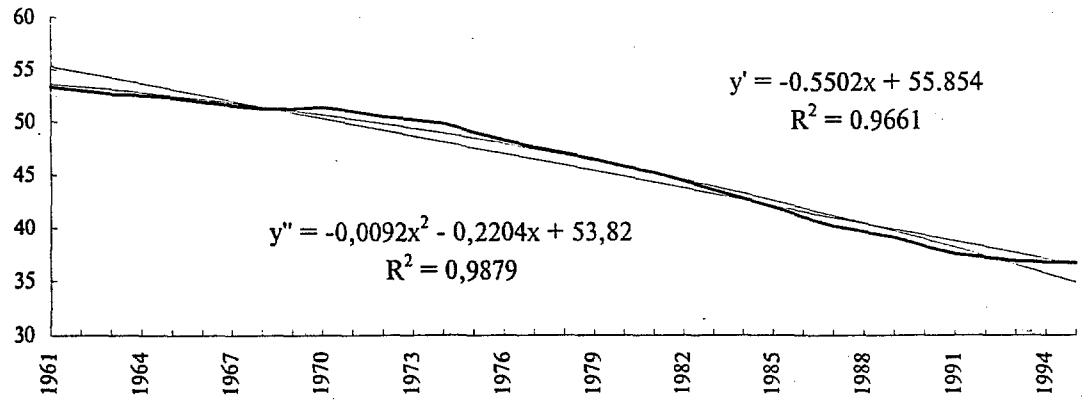


Рис. 2

Временной ход числа циклонических образований (y) в теплые месяцы (с апреля по октябрь) над Аральским морем и его линейный (y') и кубический (y''') тренды

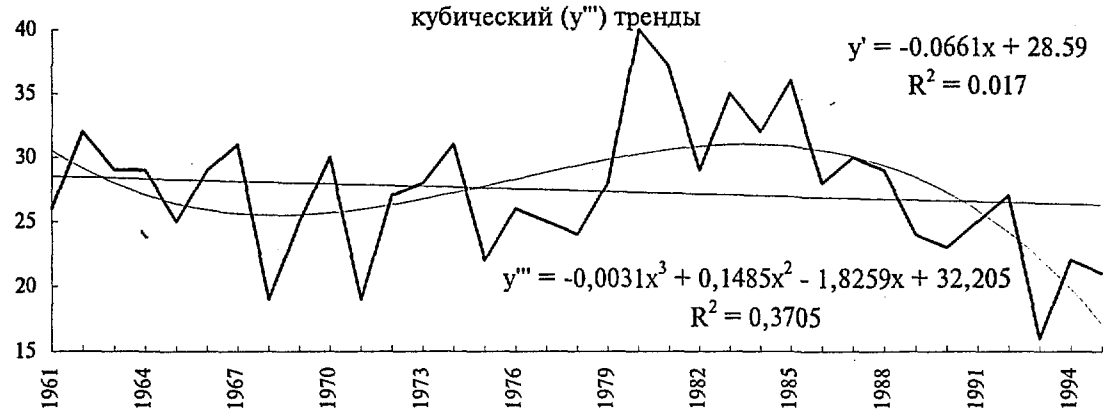


Рис. 3

Временной ход числа циклонических образований (y) в холодные месяцы (с ноября по март) над Аральским морем и его линейный (y') и кубический (y''') тренды

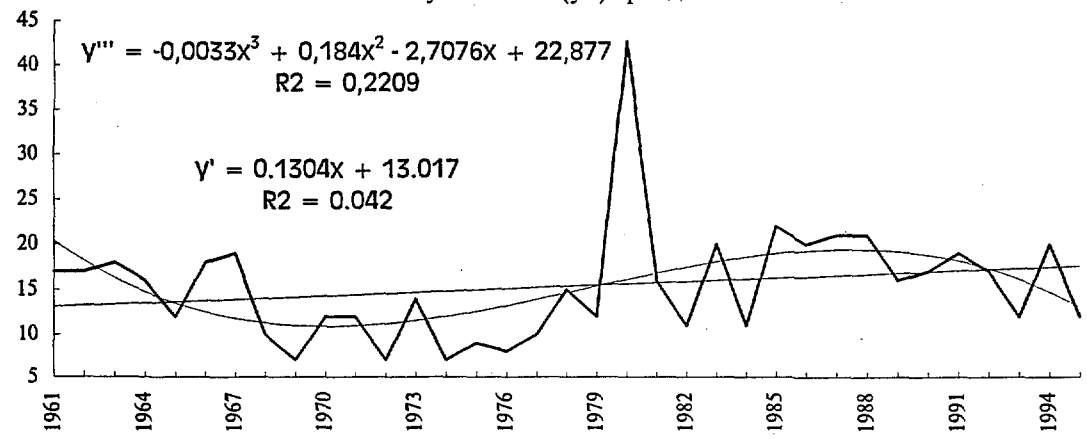


Рис. 4

28

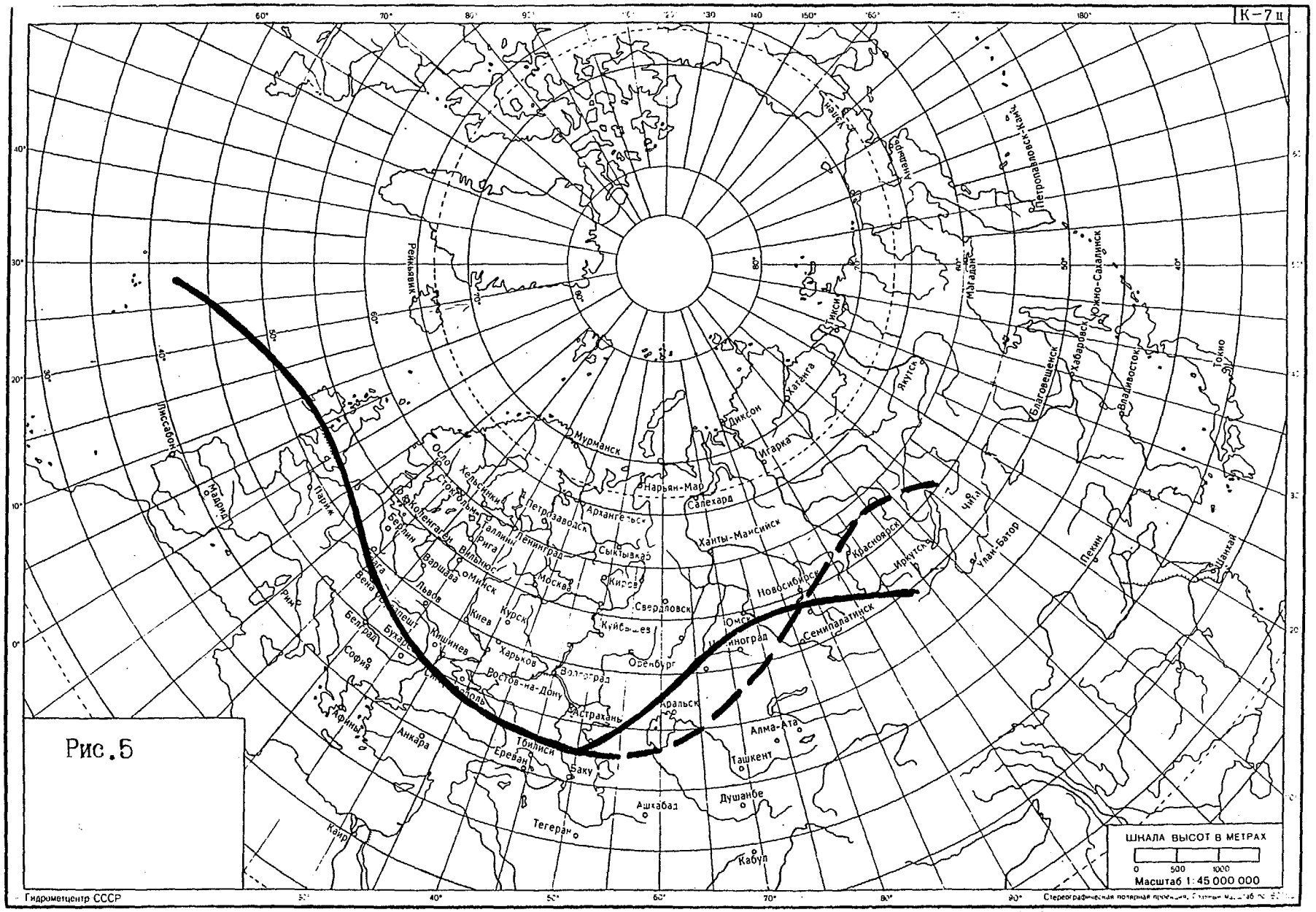

К-7ц
Мурманск
Диксон
Нарьян-Мар
Салехард
Ханты-Мансийск
Новосибирск
Красноярск
Иркутск
Якутск
Магадан
Петропавловск-Камч.
Хабаровск
Владивосток
Благовещенск
Южно-Сахалинск
Токио
Пекин
Шанхай
Улан-Батор
Чита
Тикси
Хатанга
Игарка
Архангельск
Петрозаводск
Ленинград
Сыктывкар
Киров
Москва
Свердловск
Куйбышев
Оренбург
Уфа
Омск
Семипалатинск
Алма-Ата
Ташкент
Душанбе
Ашхабад
Кабул
Тегеран
Баку
Тбилиси
Ереван
Астрахань
Волгоград
Ростов-на-Дону
Харьков
Курск
Киев
Кишинев
Львов
Варшава
Вильнюс
Рига
Таллин
Хельсинки
Стокгольм
Осло
Копенгаген
Берлин
Прага
Вена
Будапешт
Белград
Бухарест
Софья
Анкара
Афины
Каир
Рим
Париж
Мадрид
Лиссабон
Рейкьявик
Якутск
Хатанга
Тикси
Диксон
Мурманск
Москва
Киев
Харьков
Ростов-на-Дону
Волгоград
Астрахань
Баку
Тбилиси
Ереван
Ташкент
Алма-Ата
Душанбе
Ашхабад
Тегеран
Кабул
Новосибирск
Иркутск
Якутск
Магадан
Петропавловск-Камч.
Хабаровск
Владивосток
Благовещенск
Южно-Сахалинск
Токио
Пекин
Шанхай
Улан-Батор
Чита
Красноярск
Семипалатинск
Омск
Уфа
Оренбург
Свердловск
Киров
Сыктывкар
Ленинград
Петрозаводск
Архангельск
Салехард
Нарьян-Мар
Мурманск
Игарка
Диксон
Хатанга
Тикси
Якутск
Рейкьявик
Лиссабон
Мадрид
Париж
Рим
Каир
Афины
Анкара
Белград
Бухарест
Будапешт
Вена
Прага
Варшава
Львов
Кишинев
Киев
Курск
Рига
Вильнюс
Таллин
Хельсинки
Стокгольм
Осло
Копенгаген
Берлин
Москва
Рига
Таллин
Ленинград
Вильнюс
Варшава
Минск
Киев
Кишинев
Львов
Будапешт
Вена
Прага
Берлин
Копенгаген
Осло
Стокгольм
Хельсинки
Рига
Таллин
Ленинград
Москва
Киров
Свердловск
Куйбышев
Оренбург
Уфа
Омск
Новосибирск
Красноярск
Иркутск
Якутск
Магадан
Петропавловск-Камч.
Хабаровск
Владивосток
Благовещенск
Южно-Сахалинск
Токио
Пекин
Шанхай
Улан-Батор
Чита
Семипалатинск
Алма-Ата
Ташкент
Душанбе
Ашхабад
Кабул
Тегеран
Баку
Тбилиси
Ереван
Ростов-на-Дону
Волгоград
Астрахань
Харьков
Курск
Киев
Кишинев
Львов
Варшава
Вильнюс
Рига
Таллин
Хельсинки
Стокгольм
Осло
Копенгаген
Берлин
Прага
Вена
Будапешт
Белград
Бухарест
Софья
Анкара
Афины
Каир
Рим
Париж
Мадрид
Лиссабон
ШКАЛА ВЫСОТ В МЕТРАХ
0 500 1000
Масштаб 1:45 000 000
Гидрометцентр СССР
Стереографическая полярная проекция

Рис.5

разработанная А.Л. Кацем, но уточненная и продолженная нами с учетом развития атмосферных процессов над Казахстаном. При этом был учтен барьерный эффект центрально—азиатской горной системы, который создает особенности развития циркуляции над Казахстаном.

Приведем краткое описание основных исследуемых форм циркуляции . К В—форме относятся процессы с крайним положением высотного гребня или антициклона, ось которого направлена вдоль Каспийского моря и Уральских гор. В летнее время на большей части Казахстана, кроме восточных областей, наблюдаются крупные аномалии тепла и дефицита осадков из—за сильного выноса теплого воздуха из районов Ближнего Востока через Среднюю Азию. Эта форма создает самые плохие условия для роста сельскохозяйственных культур в северных областях республики, так как вызывает засуху.

К С—форме отнесены те атмосферные процессы, при которых имеют место два высотных гребня. Первый из них располагается над Британскими островами или Западной Европой. Второй — над Уральскими горами и похож на конфигурацию В—формы, но сдвинут на $5-10^0$ восточнее. Эта форма создает почти те же неблагоприятные условия погоды для сельскохозяйственных культур, что и В—форма.

К З—форме отнесены такие меридиональные процессы, при которых высотный гребень или антициклон расположен над Британскими островами или Западной Европой (как при С—форме). К востоку от него лежит высотная ложбина, ось которой находится над Среднерусской равниной или над Западной Сибирью. При этой форме циркуляции над западной половиной республики формируются небольшие отрицательные аномалии температуры воздуха, а над восточной — положительные аномалии. Поле осадков имеет более сложную структуру, но в целом, особенно в летнее время, отмечается недостаток осадков, хотя и довольно близко к норме.

К Зон—форме отнесены зональные процессы. Изогипсы параллельны широтным кругам между широтами 40 и 60 ^{0} с.ш. независимо от их густоты. Эта форма способствует чередованию сухой и влажной, теплой и прохладной погоды, что благоприятно для сельского хозяйства.

В результате исследования было обнаружено, что в рассматриваемом периоде существует четкая тенденция уменьшения форм циркуляции (В+С) (рис.6). Над Западным Казахстаном сокращается число случаев формирования восточного гребня, что приводит к преобладанию более облачной погоды с возможным и более частым выпадением осадков. Для форм циркуляции (З+Зон), наоборот, отмечается выраженная тенденция роста числа случаев (рис.7). Это приводит к прохождению высотной фронтальной зоны с юго—запада на северо—восток через восточную

Многолетний ход и тренд числа суток (n) с формами атмосферной циркуляции
(В+С)
n
y = -0.6278x + 35.531
R² = 0.1291
год
60
50
40
30
20
10
0
1963
1965
1967
1969
1971
1973
1975
1977
1979
1981
1983
1985
1987
1989
1991

Рис. 6

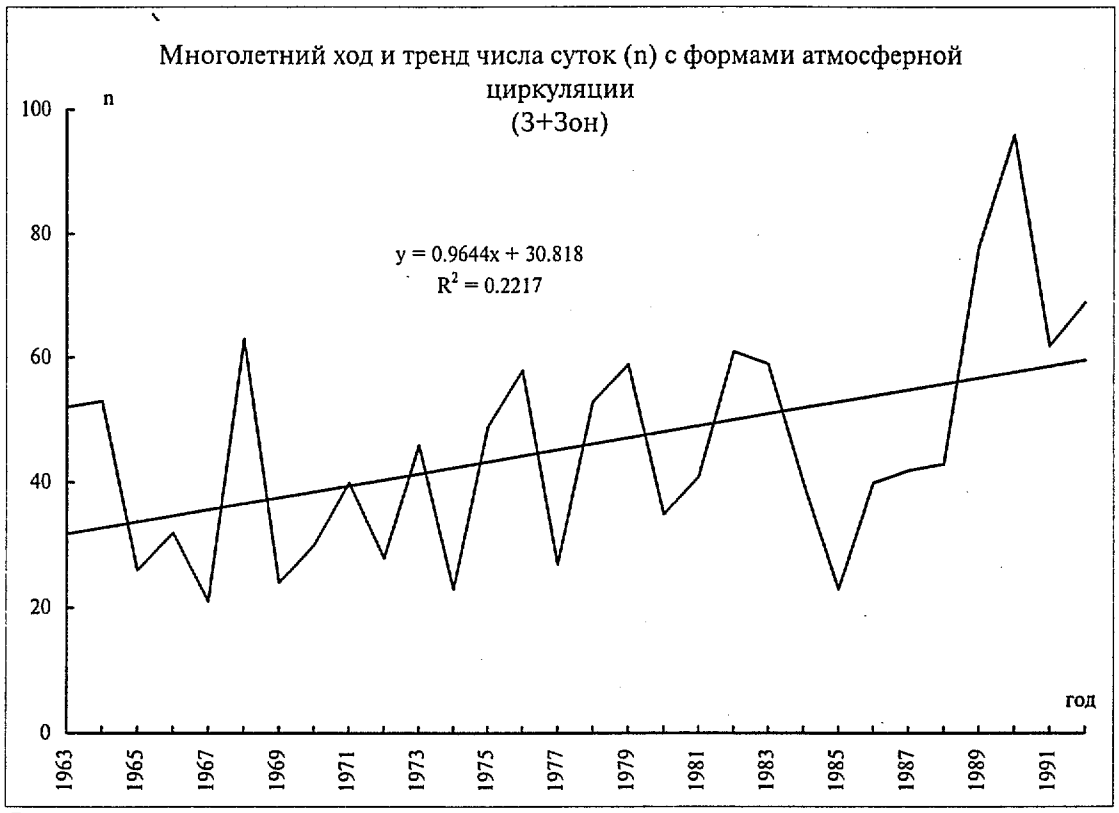

Многолетний ход и тренд числа суток (n) с формами атмосферной циркуляции
(З+Зон)
n
y = 0.9644x + 30.818
R² = 0.2217
год
100
80
60
40
20
0
1963
1965
1967
1969
1971
1973
1975
1977
1979
1981
1983
1985
1987
1989
1991

Рис. 7

половину Казахстана, увеличению амплитуды высотных волн и завихренности вдоль течения, усилению высотной дивергенции, которая способствует интенсификации циклонов и выпадению осадков значительно севернее Аральского моря.

Было также установлено, что в засушливые годы циклонические образования проходят над территорией Средней Азии и не доходят до территории Казахстана. Однако в более ранние годы, например,в 1963 году, циклоны были более активны и могли еще проникать на территорию Казахстана (рис. 8), а в более поздние годы, например, в 1991, они уже не достигали территории республики (рис.9). Во влажные годы в общем случае циклоны проходят над северными, центральными и восточными областями. Но в ранние годы, например, в 1966 году, они перемещались медленно и рассредоточено, что приводило к выпадению осадков более равномерно и на большей территории (рис.10).

В поздние годы, например, в циклоны двигались ускоренно и компактно, что сокращало зоны, где выпадали осадки (рис.11). Конечная цель исследования заключалась в определении изменений количества осадков на выбранных 22 станциях. В табл. 3 приведены коэффициенты (а) линейных трендов месячных и годовых сумм осадков, исходя из обозначений в уравнении тренда

$$y = ax + b.$$

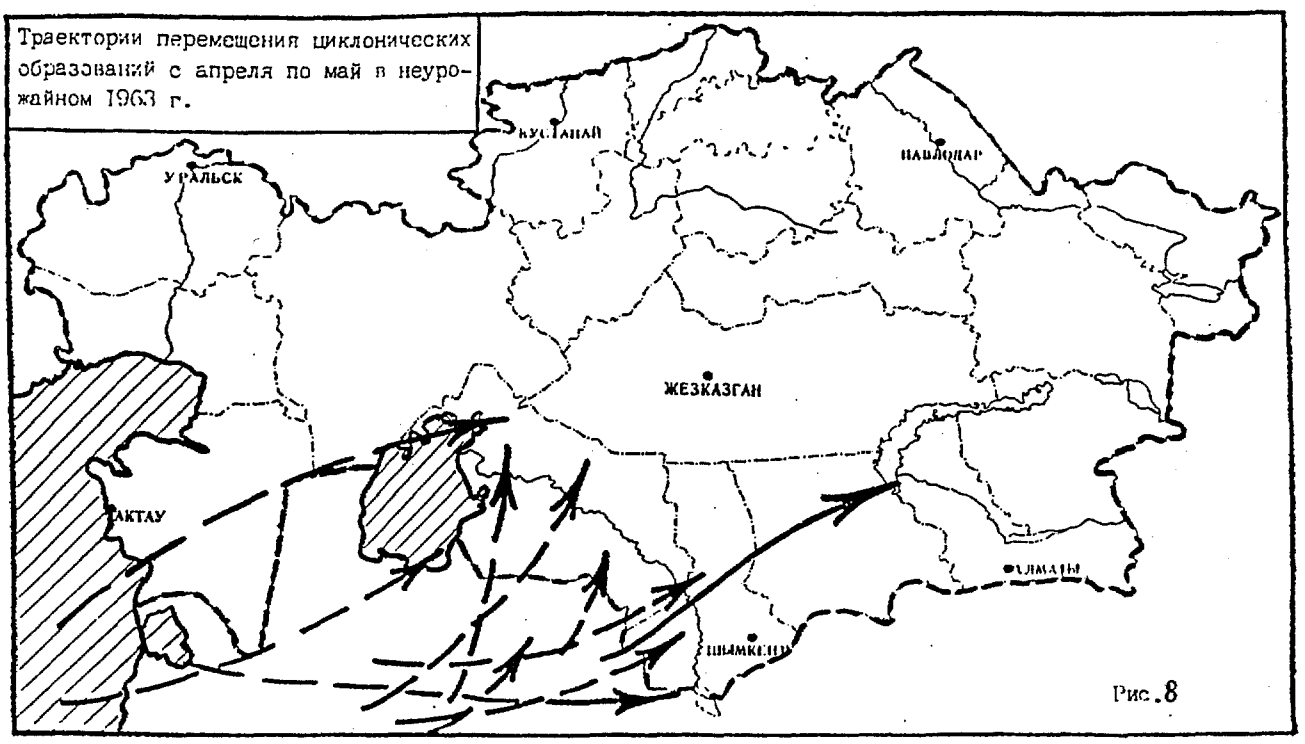
Данные таблицы показывают, что над самим морем и рядом с ним, т.е. на станциях Аральское море, Барсакельмес, Казалинск и Уялы годовое количество осадков уменьшается, так как $a < 0$. При этом на станции Уялы это уменьшение в апреле доходит до нуля, что характерно для наиболее засушливых районов земного шара. По другим станциям, примерно в 50 % случаев годовое количество осадков уменьшается, и в 50 % — увеличивается. При этом уменьшение осадков примерно на 50 % станций происходит зимой, 50% летом.

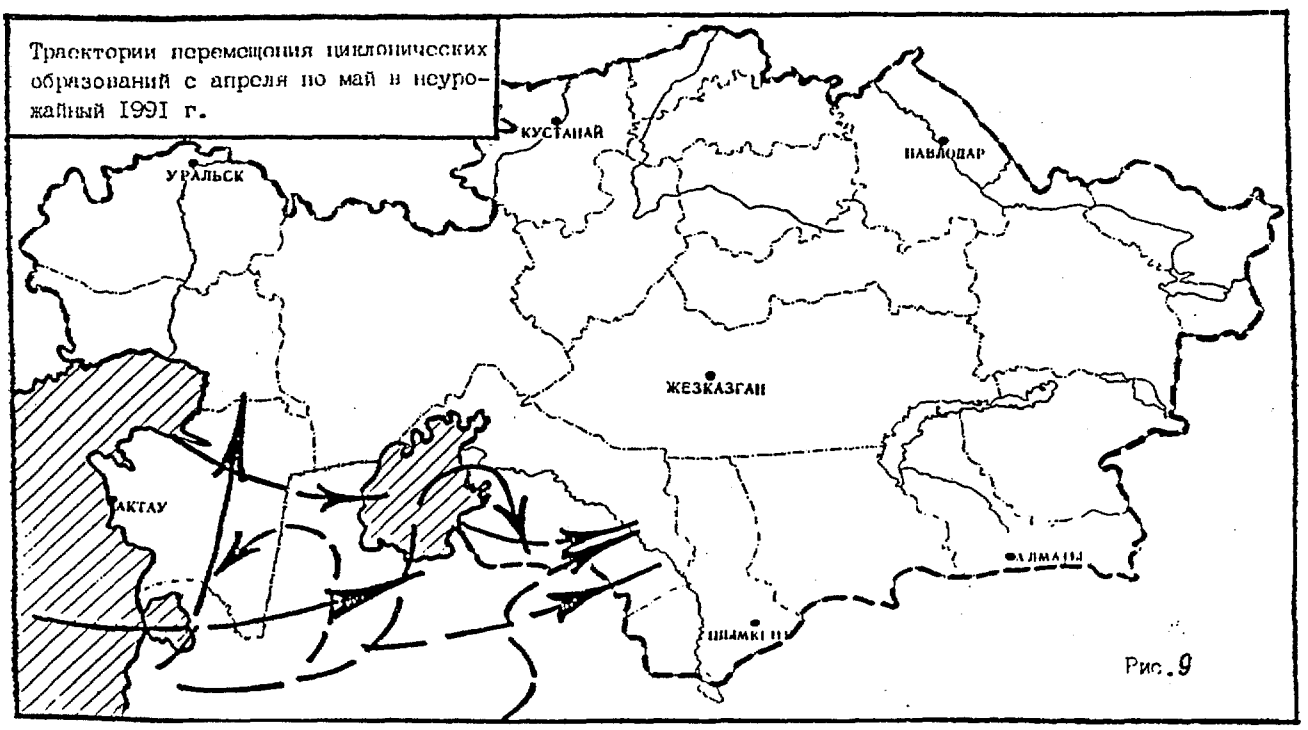
Для того чтобы выяснить какая доля в общем месячном количестве осадков выпала в зерносеющих областях Казахстана, благодаря влиянию Аральского моря, рассчитывался индекс осадков:

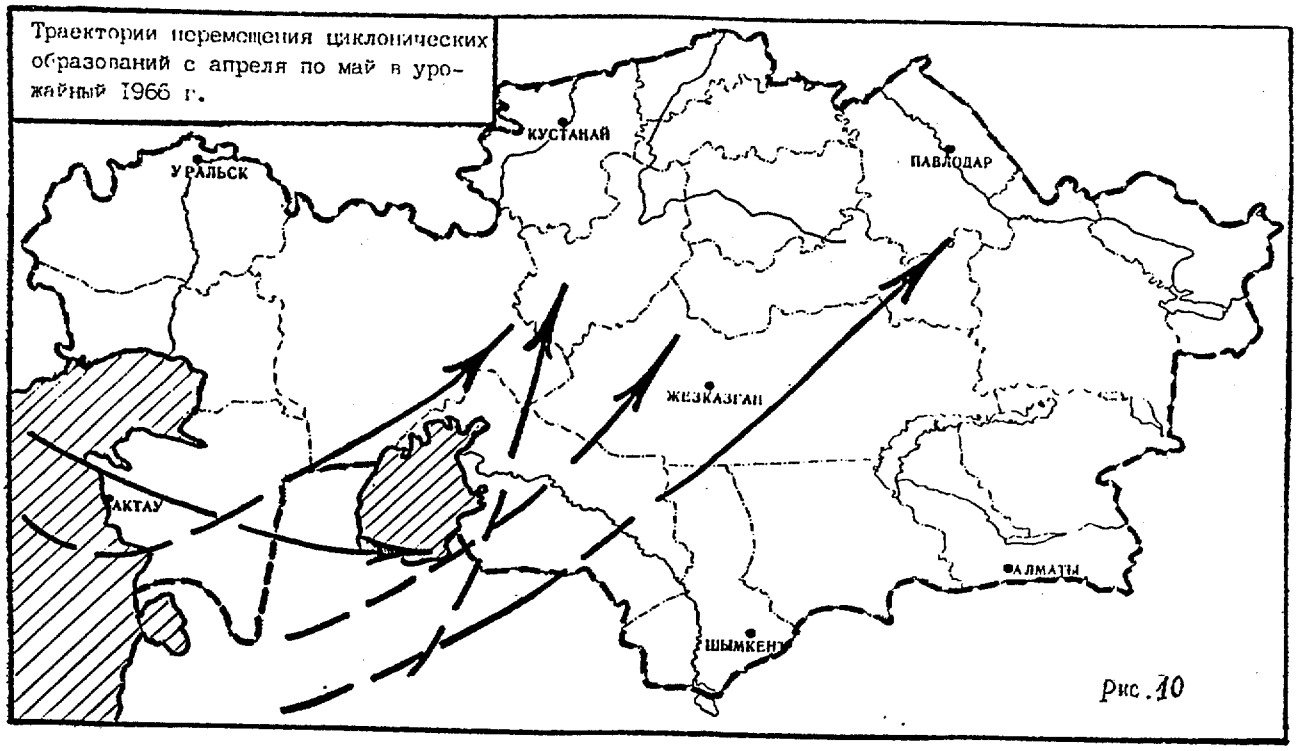
$$K_{ijc} = \frac{Q_{Cij} - Q_{Aij}}{\overline{Q}_{Cij}}, \text{ где}$$

Q_{Cij} — месячное количество осадков на станции (C), в i—том месяце, в j—том году;
Q_{Aij} — количество осадков, связанных только с циклонами, которые проходили над морем;
$\overline{Q}_{Cij}$ — средняя месячная (норма) количества осадков на станции.

32


Траектории перемещения циклонических образований с апреля по май в неурожайном 1963 г.
УРАЛЬСК
КУСТАНАЙ
ПАВЛОДАР
ЖЕЗКАЗГАН
АКТАУ
АЛМАТЫ
ШЫМКЕНТ
Рис.8


Траектории перемещения циклонических образований с апреля по май в неурожайный 1991 г.
УРАЛЬСК
КУСТАНАЙ
ПАВЛОДАР
ЖЕЗКАЗГАН
АКТАУ
АЛМАТЫ
ШЫМКЕНТ
Рис.9


Траектории перемещения циклонических образований с апреля по май в урожайный 1966 г.
КУСТАНАЙ
УРАЛЬСК
ПАВЛОДАР
ЖЕЗКАЗГАН
АКТАУ
АЛМАТЫ
ШЫМКЕНТ
Рис. 10

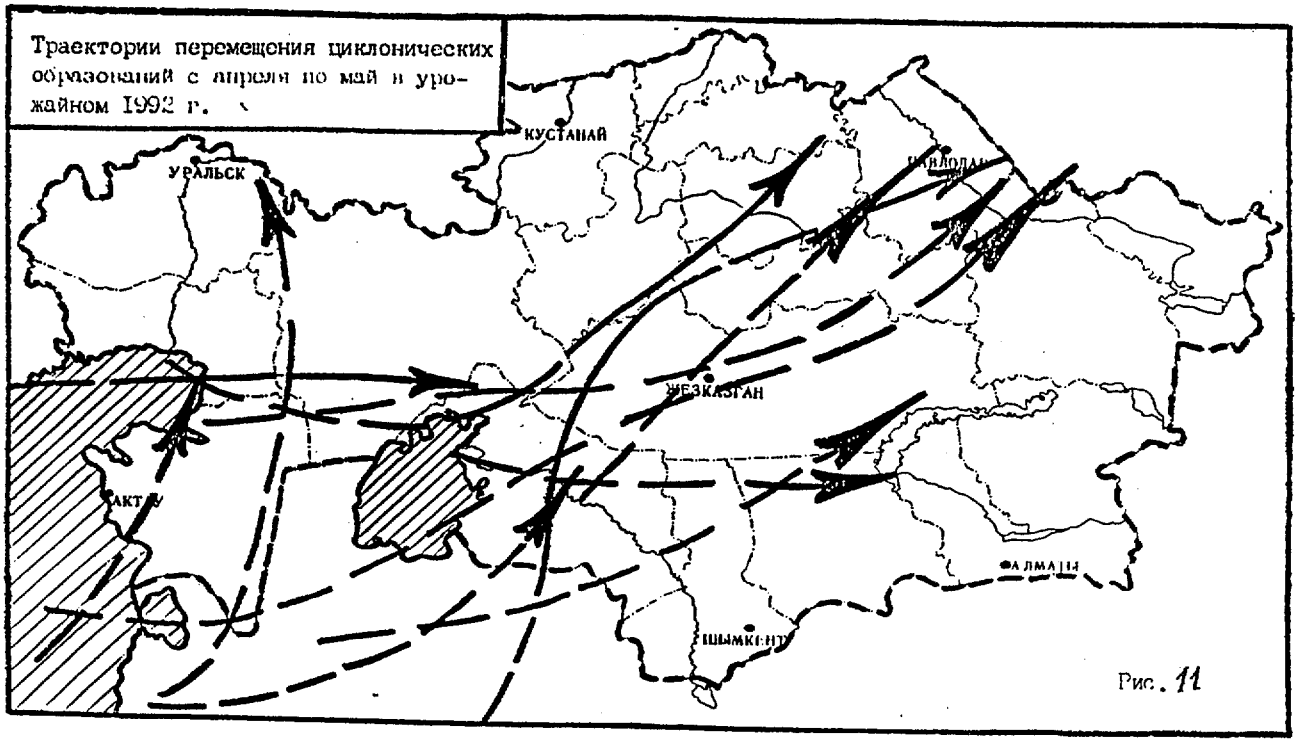

Траектории перемещения циклонических образований с апреля по май в урожайном 1992 г.
КУСТАНАЙ
УРАЛЬСК
ЖЕЗКАЗГАН
АЛМАТЫ
ШЫМКЕНТ
Рис. 11

Таблица 3

Коэффициенты (а) линейных трендов месячных и годовых сумм осадков

	Метеостанция	Номер месяца												Год	Число "-"	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		за год	за теплый период
1.	Торгай	0,20	-0,13	-0,42	-0,03	0,13	-0,36	-0,43	0,18	-0,12	-0,18	0,12	0,09	-0,91	7	4
2.	Костанай	0,11	0,07	-0,09	-0,39	0,22	0,10	-0,33	0,39	-0,02	0,01	0,02	0,40	0,79	4	3
3.	Джетыгара	-0,16	-0,02	-0,07	-0,28	0,63	-0,34	0,14	0,32	-0,20	-0,26	0,09	0,25	0,10	7	5
4.	Петропавловск	0,38	0,11	-0,02	-0,08	-0,15	-0,70	1,05	-0,26	0,49	-0,19	0,27	0,46	1,66	6	4
5.	Кокшетау	-0,15	-0,04	-0,20	-0,25	-0,18	0,27	0,21	0,13	0,10	-0,30	0,16	0,07	-0,17	6	2
6.	Акмола	-0,15	-0,03	0,07	0,05	-0,09	-0,20	0,35	-1,19	-0,02	0,02	0,29	0,48	-0,11	6	4
7.	Аягуз	-0,02	0,20	-0,20	0,14	0,16	-0,02	0,54	0,08	-0,04	-0,16	0,27	0,00	0,95	5	2
8.	Караганда	0,13	-0,07	-0,18	0,06	0,24	-0,65	-0,06	-0,06	0,21	-0,24	0,17	0,41	-0,06	6	3
9.	Баянаул	-0,09	-0,30	-0,34	0,14	0,40	-0,07	1,47	0,39	-0,35	-0,43	-0,18	0,05	0,65	7	2
10.	Павлодар	0,25	0,11	-0,15	0,06	0,41	0,07	1,22	0,19	0,08	-0,03	-0,03	0,46	2,54	3	0
11.	Иртышск	-0,22	-0,08	-0,15	0,05	0,04	-0,28	0,09	-0,18	0,03	-0,15	0,00	0,08	0,76	6	2
12.	Семипалтинск	0,00	0,11	-0,34	-0,09	0,13	0,14	1,10	-0,04	-0,10	-0,46	-0,13	0,15	0,52	6	3
13.	Кокпекты	0,39	0,41	-0,30	0,20	0,39	0,19	0,72	-0,11	-0,44	-0,55	0,02	0,38	1,30	4	2
14.	Бахты	0,01	0,34	-0,13	0,11	0,44	0,38	0,10	0,35	0,16	-0,12	0,16	0,02	1,60	2	0
15.	Атбасар	0,00	0,19	-0,06	0,14	0,04	-0,28	0,71	-0,02	0,10	-0,19	-0,08	0,32	0,86	5	2
16.	Усть-Каменогорск	-0,06	-0,02	-0,47	-0,08	0,04	0,17	0,59	0,03	-0,09	-0,94	-0,13	-0,05	-0,51	8	2
17.	Зайсан	-0,02	0,30	-0,18	-0,31	0,11	-0,12	0,44	-0,04	0,54	-0,03	0,10	-0,18	0,61	7	
18.	Аральское море	0,03	-0,06	-0,01	-0,16	0,25	-0,25	-0,05	-0,10	0,02	-0,22	-0,01	0,18	-0,71	8	4
19.	Барсакельмес	0,02	-0,08	-0,05	-0,01	0,18	0,05	0,04	0,09	0,00	-0,22	-0,10	-0,01	-0,41	6	1
20.	Казалинск	0,05	0,04	-0,08	-0,34	0,05	-0,09	-0,07	0,26	-0,31	-0,24	0,13	0,51	-0,36	6	4
21.	Уялы	-0,24	-0,08	-0,29	-0,88	0,02	0,01	-0,08	0,08	-0,46	-0,47	-0,20	0,02	-2,58	8	3
22.	Кзыл-Орда	0,37	0,37	-0,16	-0,19	0,63	0,11	-0,03	0,08	0,12	-0,04	0,47	0,23	1,70	4	2

35

В табл.4 приведены значения коэффициентов (а) линейных трендов только для летних месяцев. По числу "−", "+" и "0" можно сказать, что на 4 станциях (Торгай, Костанай, Джетыгора, Петропавловск) северо−западного Казахстана преобладает отрицательный тренд индекса K_{ijc}. Это говорит о том, что количество осадков увеличивается, достигая 55 % от средних многолетних значений осадков, или нормы осадков. На остальных же станциях − количество осадков, связаных с влиянием Арала, уменьшается, достигая 33 % нормы осадков.

Таким образом, основные выводы состоят в том, что падение уровня Аральского моря связано не только с хозяйственной деятельностью, которая уменьшила сток воды из рек Амударьи и Сырдарьи, но и с изменением циркуляции над морем. Само падение уровня моря также сказывается на климате не только в 100−километровой зоне вблизи моря, но и далеко за его пределами.

Применение выводов, полученных в работе, наилучшим образом могут быть использованы предприятиями, объединениями, фирмами и организациями, связанными с сельскохозяйственным производством. Это связано с тем что отрицательные последствия связаны в первую очередь с изменением климата и условий погоды. В результате может возникнуть необходимость применения новых технологий и методов ведения сельского хозяйства. Сельское хозяйство Казахстана всегда было уязвимо. В настоящее время вопрос состоит в том, не станет ли оно более уязвимым и не уменьшится ли его продуктивность.

Таблица 4

Коэффициенты (а) линейных трендов индекса осадков К за теплый период года (с апреля по сентябрь)

	Метеостанция	Номер месяца						Число		
		4	5	6	7	8	9	“-”	“+”	“0”
1.	Торгай	0,00	0,01	-0,01	-0,01	0,00	-0,02	3	1	2
2.	Костанай	-0,02	0,01	0,00	-0,02	0,01	-0,01	3	2	1
3.	Джетыгара	0,00	0,02	-0,01	0,00	0,01	-0,01	2	2	2
4.	Петропавловск	-0,01	-0,01	-0,01	0,01	-0,01	0,01	4	2	0
5.	Кокшетау	-0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	1	2	3
6.	Акмола	0,01	0,00	0,00	0,00	-0,03	0,00	1	1	4
7.	Атбасар	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0	3	3
8.	Караганда	0,00	0,01	-0,02	0,00	-0,01	0,01	2	2	0
9.	Баянаул	0,01	0,01	0,00	0,03	0,01	-0,02	1	4	1
10.	Павлодар	0,00	0,02	0,01	0,02	0,00	0,00	0	3	3
11.	Иртышск	0,00	0,00	0,01	-0,01	-0,02	0,01	2	2	2
12.	Семипалатинск	0,00	0,01	0,00	0,03	0,00	-0,01	1	2	3
13.	Кокпекты	0,01	0,01	0,00	0,00	-0,01	-0,02	2	2	0
14.	Бахты	0,00	0,02	0,02	-0,01	0,02	0,01	1	4	1
15.	Аягуз	0,00	0,00	0,01	0,00	-0,01	0,00	1	1	4
16.	Усть-Каменогорск	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0	2	4
17.	Зайсан	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02	0	3	4

Раздел 3
Рекомендации

3.1. Рекомендации по использованию результатов проекта

1. Аральское море из—за своего местоположения играет существенную роль в перераспределении осадков не только вблизи моря, но и далеко за его пределами.

2. Информацию о том, что количество осадков в северных и северо—восточных областях на некоторых станциях летом уже увеличилось на 55 %, в восточных областях уменьшилось на 33% и в районе Аральского моря уменьшилось до нуля и, по—видимому, эта тенденция будет распространяться на все станции, можно использовать в программе RIMDESS для моделирования ценообразования, сохранения воды и распределения водпользователей в различных секторах экономики: коммунального хозяйства, промышленного и сельскохозяйственного потребления, гидроэнергетики и речного транспорта.

3. Применение выводов, полученных в работе, наилучшим образом могут быть использованы предприятиями, объединениями, фирмами и организациями, связанными с сельскохозяйственным производством, так как именно оно быстрее и сильнее всего реагирует на изменения климата и условий погоды. В результате может возникнуть необходимость применения новых технологий и методов ведения сельского хозяйства. Сельское хозяйство Казахстана всегда было уязвимо. В настоящее время вопрос состоит в том, не станет ли оно более уязвимым и не уменьшится ли его продуктивность.

В этой связи можно сделать следующие практические выводы:

- Ближайшее десятилетие сельское хозяйство страны будет столь же уязвимо, как и прежде, а степень риска засухи сохранится на уровне последних двух десятилетий. В связи с сохранением сумм осадков на прежнем уровне в северных, центральных и северо—восточных областях и смягчением в этих районах климата необходимо изменить здесь методы ведения хозяйства: расширить площади под садоводство и огородничество, распространить опыт сева озимых культур.

- Изменится роль снежного покрова для сельского хозяйства. В связи со смягчением климата сев яровых следует проводить в более ранние сроки. Снег будет расходоваться не только на поверхностный сток, но и на увлажнение почвы.

- Увеличится уязвимость сельского хозяйства на границе зон Центрального Казахстана: Жезказганской, Карагандинской и Торгайской областей, где аридность может усилиться.

- В зоне Аральского моря количество осадков будет уменьшаться, а испарение увеличиваться. Поэтому, если сейчас даже полностью заполнить море, то еще несколько лет оно будет продолжать испаряться, но гораздо быстрее, чем прежде, пока процессы общей циркуляции не вернутся в свое первоначальное положение и процесс не стабилизируется. Следовательно, в настоящее время восстановление Аральского моря скорее всего нереально.

- Необходимо усиливать меры по борьбе с усиливающимся опустыниванием широтной зоны, в которой находится Аральское море.

3.2. Рекомендации по политике

1. Полученные результаты можно применить в программе RIMDESS для оценки политических сценариев управлении водными ресурсами, а также в "Программе конкретных действий по улучшению экологической обстановки в бассейне Аральского моря в ближайшие 3—5 лет с учетом социально—экономического развития региона", которая была принята в соответствии с выполнением Нукусской декларации государств Центральной Азии и международных организаций по проблемам устойчивого развития бассейна Аральского моря.

2. Необходимо шире информировать административные органы и население об изменении климатических условий и их взаимовлиянии в разных регионах страны. По Проекту могут быть подготовлены 2—3 популярные статьи.

3. В связи с изменением климата возникла острая необходимость в создании общественных национальных и региональных комитетов по изучению и разъяснению новых ситуаций в экологически неблагоприятных районах.

4. Необходимо административное регулирование миграции населения. Так, например, надо осуществить переселение части населения из районов Аральского моря в более благоприятные в экологическом плане районы, например, в Торгайскую, Акмолинскую и другие области, туда, где климатические условия мало теперь отличаются от тех, которые были ранее в районах Приаралья.

3.3. Потенциальное влияние Проекта

1. Результаты выполненного Проекта совпадают с выводами вероятностного прогноза изменения температуры и осадков в Казахстане до 2010 года с учетом глобального антропогенного воздействия, которая разработана в отделе климата КазНИИМОСК в 1995 г. Полученные в Проекте закономерности показывают физический механизм, который способствует потеплению климата в Казахстане на фоне общего глобального потепления. Эта информация может оказаться полезной не только для хозяйственных, но и для научных учреждений, занимающихся проблемами Арала.

2. Полученные выводы могут оказать влияние при решении спорных вопросов, возникающих при оценке направленности изменения водного баланса моря и стока рек.

3. Результаты проекта были доложены на Третьей международной конференции СНГ—США "Вода — критический ресурс: проблема сохранения, использования и управления", которая состоялась 22—29 сентября 1996 года в г. Ташкенте.

4. По результатам исследования подготовлена научная статья для опубликования в научном журнале.

5. Учитывая огромное значение моря во взаимодействии его с окружающей средой необходимо продолжить научное исследование тенденций развития атмосферных процессов зимой, так как было установлено, что эти процессы также изменились. Увеличение числа циклонов зимой могут способствовать повышению зимней температуры воздуха и увеличению количества осадков. Это, в свою очередь, может пополнить воды Сырдарьи, для которой талые воды являются главным источником воды. Предложенный метод является хорошим заделом для дальнейших исследований при расширении района исследования и использования дополнительной информации.

6. При выполнении Проекта были полезные обмены мнений и информацией в дискуссиях и семинарах. Так, результаты работы были доложены и обсуждены на объединенном семинаре отделов гидрологии, прогнозов погоды и климата по проблемам Арала в Среднеазиатском научно—исследовательском гидрометеороло—гическом институте в сентябре 1996 г. и совещании исполнителей ADP, проведенным USAID в октябре 1996 г.

40