

**НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ
ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ им. М.АДЫШЕВА
КАЗАХСКИЙ НАУЧНО - ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ЭКОЛОГИИ И КЛИМАТА**

Диссертационный совет Д 25.09.391

**На правах рукописи
УДК 551.583:551509**

Чередниченко Александр Владимирович

**ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА КАЗАХСТАНА И
ВОЗМОЖНОСТИ АДАПТАЦИИ ЗА СЧЕТ
ДОСТУПНЫХ ВОДОЗАПАСОВ ОБЛАЧНОСТИ**

(25.00.36-Геоэкология)

**Автореферат диссертации
на соискание ученой степени
доктора географических наук**

Бишкек – 2010

Работа выполнена в Казахском научно-исследовательском институте экологии и климата.

Научный консультант:

доктор технических наук, профессор
Бурлибаев Малик Жолдасович

Официальные оппоненты:

доктор географических наук

доктор географических наук

доктор географических наук

Ведущая организация:

Защита состоится 2010 г. в _____ часов на заседании Совета Д25.09.391 при Институте геологии им. М.М.Адышева НАН КР по адресу: 720481, г. Бишкек, бульвар Эркиндик 30.

Тел: +996 312 664737

E-mail: geol_kg@mail.ru

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке Института геологии им. М.М.Адышева НАН КР, по адресу: 720481, г. Бишкек, бульвар Эркиндик 30.

Автореферат разослан

2010 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета .

кандидат геогр. наук
Р.А.Усубалиев

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы диссертации. Проблема изменения климата в последние годы стала одной из самых актуальных экологических проблем, обсуждаемых в научном мире. В последние годы во всем мире заметно выросло понимание возможных экологических и социальных последствий уже наблюдающегося и ожидаемого в дальнейшем глобального потепления. Стала очевидной необходимость разработки стратегии адаптации к предстоящим изменениям в каждом регионе, где учитывались бы одновременно ожидаемые изменения климата в нем, как отклик на глобальные изменения, так и особенности экономики на конкретной территории.

Большинство исследователей считают, что чем выше уровень индустриализации, тем меньше в процентном отношении убытки от изменения климата. Пострадают, таким образом, страны, в которых сельское хозяйство играет большую роль в экономике государства. Экономика Казахстана, имея индустриально-аграрную направленность, где сырьевая составляющая играет важную стабилизирующую роль, все же сильно зависит от состояния аграрного сектора. Несмотря на то, что основное зернопроизводство Республики сосредоточено в зоне рискованного земледелия в Северном Казахстане, страна полностью обеспечивает себя зерном и другими продуктами и, кроме того, зерно является важным экспортным товаром. Сельское хозяйство Республики обеспечивает ей стратегическую продовольственную безопасность.

Согласно «Второму национальному сообщению РК» повышение температуры по любому из сценариев «будет отрицательно сказываться на урожайности». В ряде мест со временем урожайность будет составлять только 25 – 60 % от ее многолетнего значения.

В Казахстане развито животноводство, дающее до 45 % доходов в аграрном секторе. Анализ совместного влияния ожидаемых изменений температуры и осадков, который содержится в том же «Втором национальном сообщении», показал, что условия увлажнения в течение всего вегетационного периода будут ухудшаться. Даже ожидаемое увеличение количества осадков в летний период заметно не скажется на улучшении условий увлажненности на фоне повышения температуры.

Понятно поэтому, что проблема сохранения продовольственного самообеспечения, продовольственной независимости в условиях изменения климата весьма важна для Республики. В связи с этим данное исследование, направленное на оценку облачных водозапасах, как источника для вызывания дополнительного количества осадков, как средства адаптации к новым условиям, чрезвычайно актуально. Актуальность наследования возрастает еще потому, что результаты оценки доступных водозапасах над Северным

Казахстаном показали, что они вполне достаточны, чтобы компенсировать ожидаемое ужесточение условий земледелия.

Изменение климата на территории Казахстана было объектом целого ряда исследований, в том числе спонсируемых из дальнего зарубежья. Данную проблему в Казахстане, Кыргызстане, Узбекистане и России изучали Израэль Ю.А., Мелешко В.П., Подрезов О.А., Чичасов Г.Н, Пилифосова О.В., Долгих С.А., Есеркепова И.Б., Семенов О.Е., Вилесов Е.Н., Ахмадиева Ж.К., Кожаметова Э.П. и многие другие. Однако проблема изменения климата как в части познания причин, вызвавших наблюдаемые изменения, так и в части поиска путей адаптации и смягчения последствий, все еще далека от решения. В данном исследовании, развивая уже достигнутые результаты, мы стремились изучить связь происходящих изменений температуры и осадков с общей циркуляцией атмосферы. По нашему мнению только такой подход позволит в дальнейшем прогнозировать ожидаемые изменения климата на основе физических закономерностей вместо экстраполяции.

Выполнив анализ особенностей динамики временных рядов температуры и осадков по территории Казахстана и ее типизацию по характеру изменения температуры, исследования связи особенностей этих рядов с общей циркуляцией, особенно Атлантико - Европейского сектора, мы показали, что поиск путей адаптации необходим. Поэтому мы предприняли попытку найти и обосновать эффективный способ адаптации, а также и смягчения последствий путем получения дополнительных осадков из доступных водозапасах облачности, особенно в вегетационный период.

Представляемая диссертационная работа является первой, в которой содержится научно обоснованный способ адаптации к региональному появлению глобального потепления за счет использования доступных водозапасах конвективной облачности, который возможно использовать и в засушливые годы.

Связь темы диссертации с крупными научными программами. Работа выполнена в соответствии с основными научно-исследовательскими работами, выполняемыми Казахским НИИ экологии и климата в данной области.

Автор ежегодно принимал участие или был ответственным исполнителем научно-исследовательских тем или разделов по выполнению Республикой Казахстан обязательств по Киотскому и Монреальскому протоколам в период с 1997-2009 гг., (более 10 тем), а также был руководителем хоздоговорной темы с Алматы Пауэр Консолидейтед по изучению грозовой активности на юге Казахстана в 2005 г. Совместно с институтом географии РК участвовал в теме «Метеорологические и агроклиматические риски в Казахстане» в 2008 г., где выполнил самостоятельный раздел.

Результаты каждого из этих исследований автор докладывал и защищал на Научно-техническом Совете Министерства охраны окружающей среды, Казахстана.

В настоящее время автор является также ответственным исполнителем подраздела, выполняющегося на кафедре метеорологии КазНУ им. аль-Фараби фундаментального исследования Министерства образования и науки РК: «Разработать научные основы использования метеорологических и климатических факторов при оценке доступного потенциала возобновляемых источников энергии и водозапасаемых облачных систем для обеспечения устойчивого развития природно-антропогенных комплексов РК в условиях изменения климата».

Результаты исследования по диссертации частично уже внедрены в работу Министерства ООС, активно используются в учебном процессе Казахского Национального университета им. Аль –Фараби при подготовке специалистов-экологов и метеорологов.

Цель и задачи исследований. Целью данной работы является выявление и оценка величины проявления глобального потепления на территории РК, теоретическое обоснование и разработка научных основ использования доступных водозапасаемых облачности в качестве адаптационного потенциала к наблюдаемым и ожидаемым проявлениям глобального потепления и обеспечения устойчивого развития компонентов окружающей среды Северного Казахстана. Это достигнуто через комплексный анализ современных тенденций изменения климата во взаимодействии с общей циркуляцией атмосферы с одной стороны и оценкой влияния этих изменений на влагозапасы почвы, водные ресурсы, почву и земледелие в регионе в целом. Поиск пути адаптации осуществлялся через изучение физики образования, условий формирования полей облачности над территорией Казахстана, в частности над Северным Казахстаном, разработку метода оценки доступных водозапасаемых, оценку таких водозапасаемых и исследование их пространственно – временной динамики. Оценивалась достаточность такой адаптации к ожидаемым изменениям компонентов окружающей среды.

В связи с поставленной целью решались следующие задачи:

1. Детальное установление характеристики, особенностей временной динамики климата по территории Казахстана, а также влияния этих особенностей на другие компоненты окружающей среды в частности на водозапасы почвы, водные ресурсы и на сельскохозяйственное производство, в целом.

2. Выявление временных связей между индексами общей циркуляции атмосферы и динамикой температуры и осадков в Казахстане, с намерением в

будущем использовать найденные связи для построения сценариев изменения условий хозяйственной деятельности.

3. Детальное картирование облачности над территорией Казахстана по данным метеорологических спутников и радаров. Общая оценка потенциала облачности. Анализ облачности и осадков над акваторией Каспия для возможного использования при пересчете водного баланса водоема.

4. Установление количественных параметров аэросиноптических, термодинамических характеристик атмосферы, при которых развивается конвективная облачность. Получение радиолокационных характеристик облачности в вегетационный период, как основы для разработки метода и при оценке водозапаса конвективной облачности, как средства адаптации земледелия региона к ожидаемым изменениям климата.

5. Разработка метода и оценка в климатическом аспекте доступного потенциала конвективной облачности над Северным Казахстаном, как эффективного средства адаптации к новым условиям и обеспечения устойчивого развития региона, в первую очередь – земледелия.

Научная новизна полученных результатов. Осуществлен первый всесторонний анализ изменения климата над территорией Казахстана во взаимосвязи с общей циркуляцией атмосферы, который показал, что это изменение уже затронуло все компоненты окружающей среды и хозяйственную деятельность, особенно земледелие, поэтому необходим поиск путей адаптации к происходящим изменениям. Для этого осуществлено теоретическое обоснование и развитие нового научного направления – привлечения доступных водозапаса облачности в качестве средства адаптации компонентов окружающей среды, в первую очередь земледелия, к глобальному потеплению, а также в случае засух. В этом направлении получены следующие новые результаты:

1. На основе изученных нами особенностей временного хода температуры для Казахстана, представленного в виде обобщенного графика, показано, что ее изменение (рост), происходит во взаимосвязи с изменением глобальной температуры и температуры сопредельных регионов. Рост температуры сопровождается снижением на 15-20% водозапаса в почве, снижением стока на 7-11%. В будущем, несмотря на некоторое ожидаемое увеличение количества осадков на 10-12% к 2050 г., оно не покрывает возрастающего испарения. Поэтому ожидается ухудшение условий земледелия, что может угрожать продовольственной безопасности Республики.

Показано, что актуальным является не просто исследование климатических изменений, но и поиск путей адаптации и смягчения последствий, поиск путей устойчивого развития компонентов окружающей среды в новых условиях.

На основе изучения особенностей векового хода температуры по территории Республики, осуществлено районирование территории и выделены четыре однотипных района. Дано физическое толкование выявленной неоднородности, суть которого в существовании геоактивных зон, которые первыми реагируют на термические нарушения баланса в системе Земля – Космос.

Выделенные районы являются местами одинакового проявления длиннопериодных, т.е. климатических изменений температуры на компоненты окружающей среды в их пределах. Этот факт рекомендуется использовать при планировании хозяйственной деятельности.

Выявленная восьмидесятилетняя (вековая) цикличность в осадках, как и в температуре, является основой для построения сценариев изменения стока рек и водозапаса на ближайшие десятилетия.

Предложен метод для вычисления «норм» по температуре и осадкам. Он повышает практическую полезность данных для ряда отраслей хозяйственной деятельности и доверие потребителей к этим данным.

2. Установлено наличие связей между временными рядами индексов общей циркуляции атмосферы в первом ЕСР и временными рядами осадков и температуры в Казахстане. На основе результатов глобальных и региональных моделей, а также непосредственного анализа рядов построены карты ожидаемых изменений температуры и осадков и оценено их влияние на аграрный сектор. Показано, что сельское хозяйство севера Республики может испытывать сильное отрицательное воздействие из-за роста температуры, недостатка осадков и снижения влагозапасов в почве.

В целом же вышеперечисленные, полученные нами результаты показали, что комплекс условий, необходимых для обеспечения успешной сельскохозяйственной деятельности, будет усложняться и поиск путей адаптации необходим.

3. Выполнена пороговая классификация снимков облачности, установлены пороговые значения альбедо для разных типов облачности и построены карты повторяемости общей облачности в зависимости от типов макропроцессов, а также облачности с альбедо более 70%. Построены карты повторяемости облачности и определено количество осадков над акваторией Каспия и в Прибалхашье.

Результаты исследования облачности по спутниковым снимкам позволили получить первое общее представление о ее распределении по территории и потенциале. Анализ радиолокационных данных об облачности и осадках в районе Каспия дал возможность вычислить количество осадков на акваторию, что позволяет уточнить водный баланс этого водоема, имеющего большое практическое значение.

4. Установлены аэросиноптические условия и термодинамические характеристики атмосферы, при которых формируется конвективная облачность и грозы над Северным Казахстаном. Эти данные стали основой для разработки метода оценки доступного потенциала конвективной облачности и для самой оценки.

5. Разработан метод оценки доступных водозапасах конвективных облаков в климатическом аспекте на основе возможностей метеорологического радара и, благодаря этому, оценен доступный потенциал водозапасах конвективной облачности в вегетационный период, как средства адаптации к новым условиям. Получены характеристики пространственно-временной динамики такой облачности.

По сути предложен путь устойчивого развития сельскохозяйственной отрасли региона, в особенности зерновой, в наблюдающихся и ожидаемых условиях изменения климата. При этом будет сохранен сложившийся тип деятельности и социальная гармония в регионе. Влияние эрозионных процессов, процессов опустынивания и потеря водозапасах в почве будут сведены к минимуму. Выбирая регион и уровень активных воздействий, появится возможность управлять ландшафтами.

Практическая и экономическая значимость полученных результатов.

В целом исследования направлены на оценку величины экологической нестабильности, обусловленной климатическими изменениями температуры и осадков, которые в свою очередь приведут к снижению водозапасах в почве уменьшению стока, что ведет к изменению ландшафта или даже к опустыниванию. Поэтому все результаты работы приложимы ко всевозможным экологическим исследованиям на их основе - как возможных экологических последствий, так и адаптации в любой из природных систем.

Особенности временного хода средней температуры Казахстана, представленные в виде графика, и результаты районирования территории на основе обнаруженных закономерностей были использованы при составлении и обсуждении «Первого Национального сообщения РК» и будут использованы в дальнейших исследованиях.

Методы пороговой классификации облачности, графики термодинамических зависимостей, аэросиноптические и термодинамические характеристики атмосферы, при которых формируется конвективная облачность, успешно внедрены в учебный процесс при подготовке специалистов-экологов и метеорологов в КазНУ им. аль Фараби. На этой основе написан и защищен целый ряд магистерских диссертаций, дипломных и курсовых работ. Эти данные могут быть также успешно использованы при разработке краткосрочных прогнозов погоды, оценке облачных ресурсов, например, в пустынных районах (район Балхаша) для поддержания пастбищ.

Метод оценки доступных водозапасах конвективной облачности на основе данных метеорологических радаров в климатическом аспекте не имеет аналогов в мире и может быть применен в любом регионе, где есть данные метеорологических радаров. Метод при условии его широкого применения может стать не только средством, обеспечивающим устойчивое развитие в новых условиях, как это предлагается для Северного Казахстана, но и средством воздействия на ландшафты.

Результаты оценки доступного потенциала водозапасах конвективных облаков могли бы стать важной информацией на высшем уровне и основой для принятия решения об организации активных воздействий для вызывания дополнительного количества осадков.

По сути предложен практический путь сохранения устойчивого развития большинства экосистем региона Северного Казахстана на длительный период. При этом возможна не только компенсация потерь, обусловленная изменением климата, но и компенсация недостатка осадков в засушливые годы.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту.

1. Особенности временного хода средней температуры для Казахстана, представленной в виде графика, и степень согласованности этих особенностей с временным ходом глобальной температуры и температуры России. Особенности проявления потепления на территории Казахстана и ее районирование по принципу одинаковости воздействия на компоненты окружающей среды. Результаты использования полученных закономерностей в оценке их влияния на сельскохозяйственное производство, на влагозапасы в почве, водозапасы, и устойчивое развитие региона в целом.

2. Впервые установленные связи между временными рядами индексов общей циркуляции атмосферы и временными рядами температуры и осадков в Казахстане, что затем было использовано для оценки ожидаемого изменения климата и его влияния на компоненты окружающей среды, в первую очередь, на агропромышленный комплекс.

3. Выявленные и закартированные особенности пространственного распределения повторяемости общей облачности над территорией Казахстана в зависимости от типов макропроцессов и облачности с альбедо более 70%. Также особенности распределения характеристик облачности у восточного побережья Каспия, которые позволили уточнить количество осадков над акваторией Каспия, что важно при расчете его водного баланса, и при планировании ряда хозяйственных мероприятий.

4. Метод оценки доступных водозапасах конвективной облачности, в климатическом аспекте, разработанный на основе анализа ее аэросиноптических, термодинамических и радиолокационных характеристик.
5. Использование метода оценки доступных водозапасах конвективной

облачности и их оценка в вегетационный период над Северным Казахстаном, что позволяет минимизировать ожидаемые ущербы во всех природных системах.

Методика исследований. Диссертация выполнена на материалах наблюдений метеорологической, аэрологической сети, сети метеорологических радаров Казгидромета, обычно за весь период наблюдений, хранящихся в его архивах. Кроме того, были использованы карты погоды Гидрометцентра Казгидромета, спутниковые снимки облачности, синоптические бюллетени гидрометцентра СССР и России, а также данные об индексах общей циркуляции атмосферы для Северного полушария, составленные и хранящиеся в архивах NOAA. В работе были также использованы, в основном для сравнения, информация некоторых исследований, опубликованных в журнале «Метеорология и гидрология» (Россия) и материалов МГЭИК (ВМО), о чем сказано по тексту.

Достоверность результатов обеспечивалась использованием прошедших необходимый технический и критический контроль исходных данных сети наблюдений, выполненных по единой методике, применением современных статистических методов обработки, широко применяемого в метеорологии комплексного аэросиноптического анализа, методов, применяемых для анализа в области геоэкологии. На всех этапах исследования широко применялся метод сравнительного анализа, позволяющий обнаружить существующие или появляющиеся отличия.

Все исследования выполнены на многолетних массивах исходных наблюдений.

Личный вклад соискателя. Автору принадлежит, прежде всего, замысел и постановка исследования, включающая разработку и формирование структуры исследований, поиск путей решения задачи и ее частей, как единой цельной экологической проблемы.

Разработка метода анализа временных рядов температуры и осадков синхронно по разным регионам Республики позволила выявить ряд значимых особенностей. Выполнен анализ временных рядов и впервые установлены закономерности в климатическом изменении температуры над Казахстаном, выявлен характер вековых циклов в рядах температуры и осадков. Выполнена оценка влияния наблюдаемых изменений на компоненты окружающей среды и условия земледелия. Впервые выделены конструктивные особенности изменения временного хода средней температуры для Казахстана и выполнено районирование территории по особенностям влияния векового хода температуры на компоненты окружающей среды.

Установлены и проанализированы связи между индексами общей циркуляции атмосферы и временным ходом температуры и осадков в

Казахстане. Проанализированы и обобщены результаты моделирования ожидаемых изменений климата, дана оценка ожидаемых изменений на ближайшие десятилетия и их влияния на хозяйственную деятельность в регионе.

Впервые для Казахстана был применен метод пороговой классификации спутниковых снимков облачности и построены карты пространственного распределения общей облачности, а также облачности с альбедо более 70%. Выполнен комплексный анализ данных радара и установлены особенности распределения облачности у восточного побережья Каспия, получены данные о количестве осадков над акваторией, что может быть существенным при расчете водного баланса моря.

Разработка подходов к изучению аэросиноптических условий формирования конвективной облачности, термодинамических характеристик атмосферы, радиолокационных данных и комплексный анализ собранной информации, обоснование результатов и их использование применительно к поставленной задаче..

Разработка метода оценки доступных водозапасах конвективных облаков на основе данных метеорологического радара, выполнено испытание метода. Проведена оценка доступных водозапасах для Северного Казахстана, как средства адаптации сельского хозяйства региона к новым климатическим условиям.

Все эти виды работ легли в основу представляемой диссертации.

Апробация результатов диссертации. Основные результаты исследований, содержащихся в диссертации, докладывались на следующих международных семинарах и конференциях:

- Международная конференция, посвященная М.Ж. Жандаеву (Жандаевские чтения) КазНУ им. аль-Фараби. «Особенности распределения облачности у берегов Казахстанской части Каспийского моря» 2007 г. Environment problems of Central Asia and their economic, social and security impacts. “Estimating Agricultural Adaptation to Climate Change through Cloud Activation for Northern Kazakhstan”. Tashkent, Uzbekistan 2007. Международный форум «Устойчивое развитие Евразийского континента». «Изучение динамики ОСО над территорией Казахстана». Астана, 2007 г. Международная конференция, посвященная 70-летию Института географии. «Облачность и осадки над Северным Казахстаном по данным метеорологических радаров (МРЛ).» 2008 г. Международная конференция, посвященная 60-летию географического факультета КазНУ им. аль-Фараби «Оценка современного развития секторов потребителей озоноразрушающих веществ и воздействие их на озоновый слой и изменения климата. Возможность адаптации секторов к мерам, принимаемым для выполнения обязательств по Монреальскому

протоколу по веществам, разрушающим озоновый слой» 2008 г. Международная конференция, посвященная М.Ж. Жандаеву (Жандаевские чтения) КазНУ им. аль-Фараби. «О методе оценки водозапаса облачности в Северном Казахстане», 2009 г.

- Результаты исследования по диссертации частично уже внедрены в работу Министерства ООС, активно используются в учебном процессе Казахского Национального университета им. Аль-Фараби при подготовке специалистов-экологов и метеорологов.

Опубликованность результатов. По теме диссертации опубликовано более тридцати научных статей, в том числе монография: «Изменение климата Казахстана и возможности адаптации за счет доступных водозапаса облачности».

Структура и объем диссертации. Представляемая диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения и списка использованных источников, включающего наименований. Структурно работа состоит из 411 страниц, 60 таблиц, 105 рисунков и 7 приложений.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

ГЛАВА 1. ПРОБЛЕМА ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

В этой главе после уточнения основных понятий, используемых в работе, рассмотрены последовательно и кратко результаты исследования изменения глобального климата по данным МГЭИК, изменения климата Северного полушария и России, а затем – изменения климата над Казахстаном. Эти данные стали теоретической основой, от которой начаты наши собственные исследования.

Известно, что погода определяется как физическое состояние атмосферы в данной точке Земного шара в конкретный момент времени. Характеристиками, описывающими состояние атмосферы, являются температура воздуха, давление, скорость ветра, влажность, осадки, солнечное сияние, облачность, а также такие явления как туман, иней, град и другие.

Климат при этом является результатом статистического обобщения параметров погоды и представляется набором их характеристик в заданной точке за заданный интервал времени. Все это называется климатическими характеристиками или климатическими переменными. В качестве стандартного периода для вычисления климатических характеристик текущего или современного климата ВМО рекомендует период в три десятилетия, наиболее предпочтительный - это период с 1961 по 1990 гг.

Понятие «глобальный климат» является более общим и характеризует набор состояний глобальной климатической системы в течение определенного интервала времени. Глобальная климатическая система состоит из пяти компонентов: атмосферы, гидросферы, криосферы, поверхности континентов и морей, биосферы. Взаимодействие этих компонент существенно влияет на колебания погоды в течение длительных промежутков времени и обуславливает формирование климата и его изменений.

В зависимости от временных масштабов колебаний обычно различают:

- микрометеорологическую изменчивость – от долей секунды до нескольких минут;

- мезометеорологическую изменчивость – от нескольких минут до нескольких часов;

- изменчивость, соответствующую синоптическим процессам – от нескольких часов до двух – трех недель. Внутри этого интервала масштабов возможно индивидуальное прогнозирование и описание основных синоптических объектов, характеризующих погоду и ее изменения;

- климатическую изменчивость – от трех недель до десятилетий. Изменчивость этого масштаба, принимаемого обычно за внутренний масштаб временной климатической системы, характеризует внутренние климатические колебания. Верхнюю границу этого масштаба во многих случаях принимают равной интервалу около трех десятилетий. Следовательно, колебания масштаба до трех десятилетий – это всего лишь климатическая изменчивость, но еще не изменение климата. Масштабы более трех десятилетий уже можно анализировать как проявления изменения климата.

Изменения климата могут быть следствием как естественных внутренних причин, возникших в климатической системе, так и следствием человеческой деятельности. Этот второй фактор в статье 1 РКИК ООН определяется как «изменение, которое прямо или косвенно приписывается человеческой деятельности, меняющей состав атмосферы, и является добавкой к естественной климатической изменчивости для сравнимых периодов времени». Данные наблюдений позволяют, однако, оценивать только суммарные изменения климата, происходящие как вследствие естественных, так и антропогенных причин. Оценка вклада каждого из факторов – сложнейшая научная задача, которая в определенной мере решается с помощью климатических моделей, но все еще далека от решения.

В нашем исследовании мы будем изучать изменения климата, климатическую изменчивость по территории Казахстана, не выделяя особо антропогенную составляющую. Для нас важным, определяющим, является факт установления наличия таких изменений климата и поиск мер по смягчению их последствий.

Адаптация и смягчение последствий – это два типа реакции на изменение климата, которые чаще всего дополняют друг друга, а могут быть и независимыми. Меры по адаптации нужны в любом случае, т.к. климатическая система имеет большую временную инерцию. Так, в ближайшие 20 лет самая активная политика по предотвращению потепления (смягчение) мало что может сделать, т.к. потепление на этот и еще больший срок уже «загружено» в климатическую систему.

Применительно к нашей задаче использования водозапаса облачности для вызывания дополнительного количества осадков – это средство адаптации на этапе повышения температуры, поскольку оно должно обеспечить устойчивость уже существующей антропогенной системы – сельского хозяйства. Однако это одновременно и средство смягчения последствий, т.к. оно предотвращает эрозию почв, деградацию растительного покрова и др., обеспечивающих сток двуокиси углерода и уменьшает его концентрацию в атмосфере. В будущем, когда в результате принятых человечеством мер потепление прекратится, дополнительные осадки все равно понадобятся, т.к. речь идет о зоне рискованного земледелия.

Далее в диссертации обстоятельно анализируются работы, посвященные изменению климата над Казахстаном, на основе моделирования сразу по нескольким моделям последнего поколения.

Получены результаты расчетов изменения на трех широтах 52,5, 47,5 и 42,5° средней по Казахстану температуры на период до 2050 г. с дискретностью в 5 лет. Оказалось, что температура увеличивается от 0,5°C в 2005 г. до 2,7 – 2,8°C в 2050 г. Меньше всего прирост температуры дает австралийская модель, 1°C к 2025 г. и 2,2°C к 2050 г.

Ожидаемое изменение осадков получилось менее однозначным. Английская модель дает увеличение осадков от 13 до 26% с понижением широты, австралийская 5 – 10%, а все другие – уменьшение количества осадков на всех широтах от 0 % до 10%.

Что касается осадков, то зимой по всем моделям ожидается увеличение осадков. Весной и летом уже две модели дают их уменьшение, причем летом уменьшение значительнее, чем весной.

Для Казахстана характерно наличие достаточно большого числа исследований регионального характера. Вместе с тем нам представлялось, что необходимы исследования, увязывающие обнаруженные региональные проявления изменения климата с глобальным климатом и изменением климата в смежных с Казахстаном регионах. Представлялось также необходимым увязать региональные изменения температуры и осадков с общей циркуляцией атмосферы, поскольку только через циркуляцию и ее динамику возможен

выход на научный прогноз ожидаемых в будущем изменений. Эти два вопроса мы попытались решить, и результаты изложены в следующей, второй главе.

ГЛАВА 2. ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА КАЗАХСТАНА КАК ОТКЛИК НА ЕГО ГЛОБАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ

Климат любого региона определяется не только географическими координатами на сфере, от чего зависит приход солнечной радиации, но также условиями циркуляции, в результате которой происходит смена теплых или холодных, влажных или сухих воздушных масс, определяющих в конечном итоге режим температуры и осадков. Естественно поэтому рассматривать изменения климата в данном регионе во взаимосвязи с общей циркуляцией атмосферы, с изменением ее интенсивности и других характеристик, формализованных в виде индексов, параметров циркуляции и др.

Вначале, однако, остановимся на анализе существующих подходов к вычислению норм, необходимых периодах осреднения, их обосновании.

На основе теоретического анализа рядов температуры и осадков по ряду станций Казахстана была показана целесообразность выделения и учета низкочастотной составляющей с периодом около 80 лет.

Не настаивая на необходимости включения всех динамических характеристик временного ряда, на чем настаивает ряд авторов, мы считаем, что при расчете норм и подаче их потребителю необходимо следующее:

- решение о длине ряда, который необходим при вычислении нормы, следует принимать после тщательного анализа всего временного ряда наблюдений осадков или температуры по данной станции и специфики решаемой задачи;
- для вычисления нормы осадков по большинству станций Казахстана следует брать ряд не менее 80 лет, что соответствует продолжительности выявленных циклов в рядах осадков;
- для вычисления нормы температуры на ряде станций целесообразно брать ряд наблюдений за последние 30 лет, что уточняется при анализе ряда. В то же время целесообразно информировать потребителя, на какой фазе векового хода взяты данные для расчета нормы;

Представляется, что предлагаемый подход более объективен, и он будет способствовать укреплению доверия со стороны современного потребителя к метеорологической информации в целом. Целесообразность такого подхода показана на рядах температуры и осадков для Алматы и Астаны.

Как уже отмечалось, на фоне глобального потепления есть районы, не затронутые этим процессом, а в некоторых отмечаются даже отрицательные тренды. По этой причине, учитывая большую пространственную протяженность территории Казахстана, его сложную орографию, не было

очевидным, что правомочно говорить об одинаковости отклика на глобальное потепление. Чтобы уточнить ситуацию, мы построили и проанализировали графики временного хода температуры более чем для 150 метеорологических станций, которые имеют наиболее длинные и достаточно длинные ряды наблюдений. Часть этих данных в виде рядов температуры и осадков дана в Приложении А и Б к диссертации. Оказалось, что в любом регионе Казахстана есть одна или несколько станций, временной ряд температуры которых имеет нулевую или отрицательную тенденции. Еще в большей степени это относится к ходу сезонных или месячных температур. Тем не менее, положительные тенденции средней годовой температуры для всей территории были преобладающими. Поэтому мы нашли целесообразным построить временной ряд температуры, осредненный для территории Казахстана, как это сделано для территории России.

Для построения графика были выбраны восемь длиннорядных станций, равномерно расположенных по территории Казахстана. Три из этих станций имеют ряды, превышающие 100 лет. Из-за малочисленности длиннорядных станций до 1923 г. осреднение велось только по трем станциям, а затем - по восьми. Результаты вычисления представлены на рис. 1 в сравнении с осредненными временными рядами температуры для России и глобальной температурой.

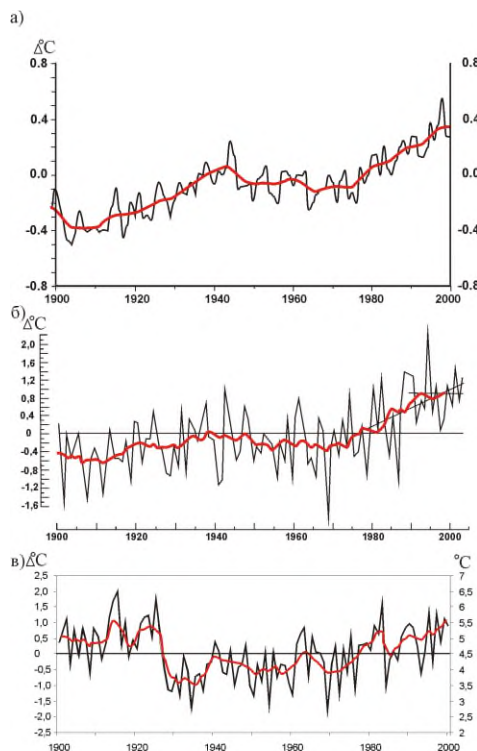


Рис 1. Изменение средней температуры воздуха в Казахстане за последние 100 лет. Временной ход температуры воздуха:
а- глобальная температура; б- средняя температура России; в- средняя температура по Казахстану.

Как можно видеть, основные черты изменения глобальной температуры хорошо просматриваются во временном ходе температуры и России и Казахстана. Общим для них является наличие максимума в районе 1940 - х годов и последующее похолодание до 1970 – х годов. Потепление в России было более заметным, чем в Казахстане, что, видимо, обусловлено более северным ее положением. В то же время похолодание в 1930-е годы, перед последующим потеплением, в Казахстане было более глубоким, чем в России. Для временного хода температуры над Казахстаном вообще характерны более резкие колебания температуры, чем для России. Практически все экстремумы во временном ходе температуры России имели отклонение и во временном ходе температуры Казахстана, некоторые из них ослаблены, а некоторые усилены. Тенденции современного изменения температуры, т.е. температуры периода 1970 – 2005 гг., достаточно умеренные.

Мы попытались количественно оценить степень близости временного хода средней температуры для Казахстана с временным ходом глобальной температуры и температуры России. До 1940 – х годов коэффициенты корреляции с глобальной температурой и температурой России составили 0,46 и 0,48, для периода 1940 - х – 1970 гг. – 0,44 и 0,46, а для нынешнего периода 0,48 и 0,51 соответственно.

Очевидно, что изменение температуры воздуха над Казахстаном происходит во взаимосвязи с общими глобальными процессами, на что указывают величины коэффициентов корреляции. Несколько более высокий уровень корреляции с временным ходом средней температуры России, чем с глобальным, представляется тоже естественным, поскольку циркуляционные условия для этих территорий достаточно близки или одни и те же.

Неодинаковость тенденций изменения температуры сделала необходимым районирование территории с тем, чтобы затем найти лучшее объяснение региональных изменений и подобрать предикторы для прогноза региональных изменений климата. Необходимость и достоинства районирования освещены в целом ряде исследований. Нами осуществлено районирование территории Казахстана по характеру временного хода температуры (рис. 2).

Можно видеть, что мы выделили четыре района, в каждом из которых временной ход температуры имеет свои характерные черты.

Было выполнено сравнение временного хода температуры в наших районах и районах Европы. В колебаниях температуры и осадков прослеживается широкий диапазон циклов от 2 до 100 лет. Наиболее выразительным является вековой – продолжительностью от 60 до 100 лет. Волна такой длительности, согласно ряду исследований, распространяется из района Гренландии, запаздывая по фазе и уменьшаясь по амплитуде по мере удаления от очага формирования.

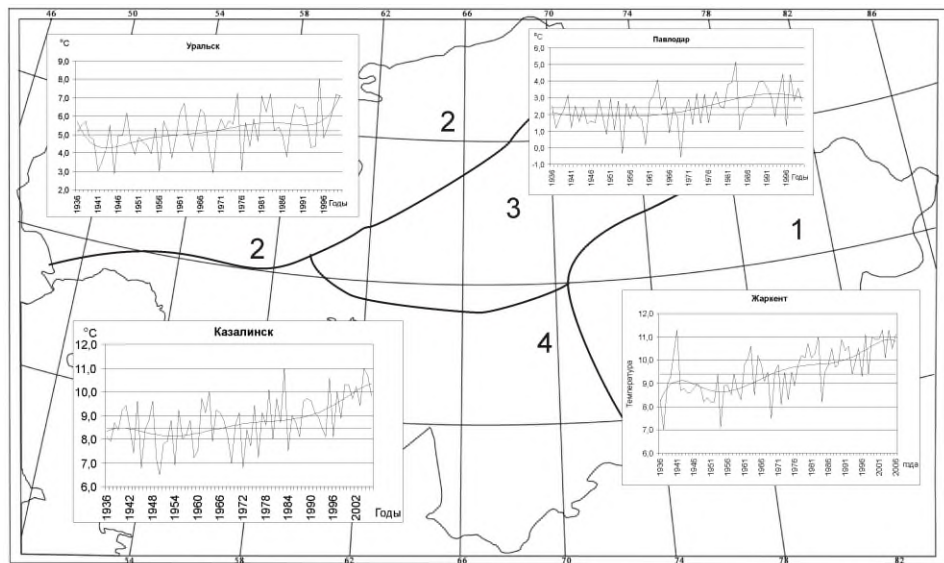


Рис. 2. Результаты районирования территории Казахстана по характеру изменения температуры в XX веке.

Соответственно, ложбины и гребни вековых волн, смещаясь, влияют и объясняют пульсации в крупномасштабной циркуляции атмосферы. Вслед за ними, будут изменяться температурный режим и режим осадков. Это и объясняет полученные нами особенности, а именно, сдвиг в наступлении экстремумов в рядах температуры для западной и восточной частей Европы, запада Казахстана, востока Казахстана.

Изучая тренды температуры и осадков, нам удалось показать, что в линейных трендах температуры и особенно осадков присутствует не только климатическая, но и циклическая составляющая, и вклад последней тем больше, чем короче период аппроксимации и больше амплитуда ритма. На краях временных трендов погрешности аппроксимации наибольшие, поэтому тренды температуры и осадков, вычисленные за последние 30 лет и менее, могут в ближайшее время заметно измениться.

Для характеристики колебаний атмосферной циркуляции мы использовали три индекса. Первый из них, это индекс северо-атлантического колебания NAO (North Atlantic oscillation). Он характеризует интенсивность зональной циркуляции над Атлантическим океаном, регулируемую Исландским минимумом и Азорским антициклоном. Индекс NAO был подвержен сглаживанию и приведен к стандартной размерности индексов циркуляции Каца.

Второй показатель i_3 характеризует степень зональности циркуляции атмосферы непосредственно над Европой. Он представляет собой средние сезонные значения индекса зональной циркуляции А.Л.Каца в широтной зоне $50 - 60^\circ$ с.ш. и ограниченной меридианами $0 - 30^\circ$ в.д. Ни один из этих индексов не характеризует в полной мере циркуляцию над Атлантикой и

Европой, кроме того, не учитывается влияние Сибирского антициклона, что мы тоже постоянно отмечаем, и полярного центра действия. Поэтому мы использовали по аналогии с другими авторами третий интегральный показатель зональности циркуляции, объединяющий два названных выше:

$$\text{ЗОН} = 0,5 (N \text{ АО} + i_3) \quad (1)$$

Величина этого индекса рассчитана за период с 1898 г. по 2000 г., что дало возможность проанализировать причины климатических колебаний в течение XX века, как следствие особенностей зональной циркуляции.

Попробуем проанализировать связь индексов ЗОН, i_3 и установленными эпохами с климатическими колебаниями температуры и осадков в Казахстане. На рис. 3 представлен ход индексов ЗОН и i_3 во взаимосвязи с временным ходом средней по Казахстану температуры.

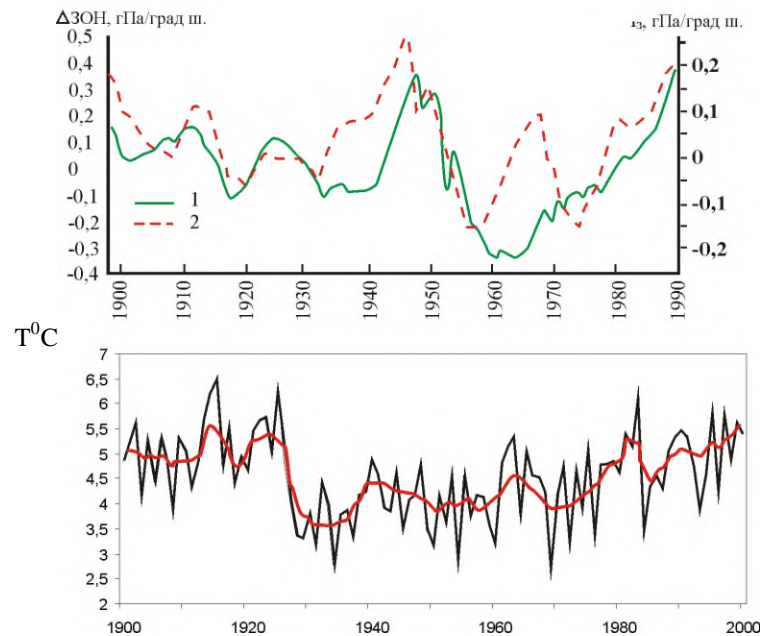


Рис. 3 Временной ход индексов ЗОН, i_3 и средней по Казахстану температуры в течение XX века. *Обозначения: 1-ЗОН; 2 - i_3 .*

Прежде всего, отметим, что временной ход ЗОН и i_3 до 1956 г. имеют хорошее согласование. Только в последующем на отрезке 1956 – 1974 гг. имеет место минимум индекса i_3 по абсолютной величине, который почти отсутствует во временном ходе ЗОН.

Что же касается связи индексов ЗОН и i_3 с осадками, то она была проанализирована на временных рядах осадков Кокшетау и Темира.

Во временном ходе осадков в Кокшетау зональным эпохам соответствует минимум количества осадков, а меридиональным – максимум в их временном ходе. Похожая ситуация характерна и для Темира кроме одного – на последнем зональном этапе имеет место максимум, а не минимум осадков.

Следовательно, индексы ЗОН и i_3 вычисленные для Атлантико-Европейского региона, достаточно хорошо коррелируют с крупными

изменениями временного хода температуры и осадков в Казахстане, как части территории, на которой действует механизм общей циркуляции атмосферы. В то же время можно видеть, что более высокого уровня связей можно достичь, учитывая местные циркуляционные и орографические механизмы воздействия.

Для исследований связи общей циркуляции с изменением температуры и осадков в нашем регионе использовались два параметра или индекса аномальности: Н.А.Багрова и В.Г. Токарева. Параметр аномальности Н.А. Багрова, K_B рассчитывается по формуле:

$$K_B = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left(\frac{\Delta T_i}{\delta_i} \right)^2 \quad (2)$$

где ΔT_i – аномалия температуры в точке i ;

δ_i – среднее квадратическое отклонение температуры в той же точке i ;

N – число точек.

Можно видеть из (2), что параметр аномальности Багрова учитывает только величину аномальности и он всегда положительный. Параметр аномальности Токарева, однако, позволяет учитывать и величину и знак аномальности, потому что он рассчитывается по формуле:

$$K_T = \frac{1}{N+M} \left[\sum_{n=1}^N \left(\frac{\Delta T_i}{\delta_i} \right)_n^2 - \sum_{m=1}^M \left(\frac{\Delta T_i}{\delta_i} \right)_m^2 \right] \quad (3)$$

Где N – число точек с положительной аномалией;

M – число точек с отрицательной аномалией;

Для Атлантико-Европейского региона были рассчитаны величины и построен временной ход обоих параметров аномальности за период с 1958 по 2001 гг.

Обнаружено, что оба критерия испытывают значительные колебания от года к году (Рис. 4). Примерно до 1982 г. параметры идут в противофазе, а затем параметр K_T принимает только положительные значения и идет параллельно параметру K_B . В период с 1960 по 1979 г. параметр K_T имел отрицательные значения, которому соответствуют периоды похолоданий в Европе 1964 и 1972 гг.

Можно видеть, что имеет место хорошее совпадение экстремумов отрицательных значений параметра аномальности Токарева и экстремально низких средних годовых температур по станциям Казахстана. Так, по станции Темир экстремально низкие температуры 1969, 1976 и 1983 гг. совпадают с отрицательными экстремумами индекса Токарева. Несколько хуже, но имеется совпадение и по экстремально высоким температурам. В то же время холодные 1960, 1984 годы отклика в ходе K_T не имеют. Кроме того, величины аномальности среднегодовой температуры тоже не всегда пропорциональны величине K_T . Это особенно заметно для холодного 1969, 1984 гг. и других.

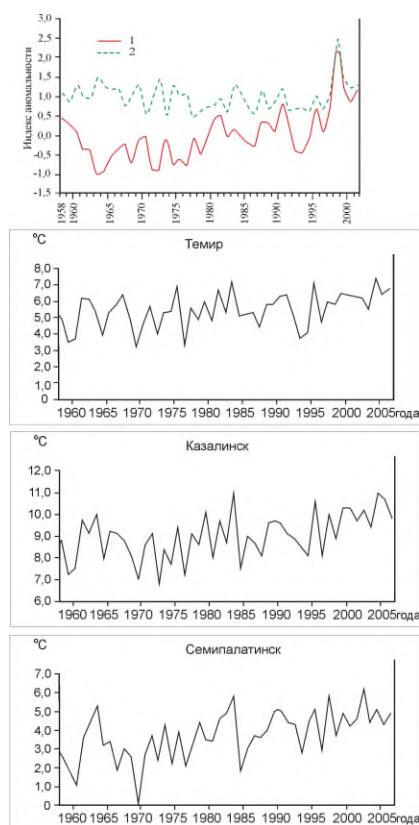


Рис. 4. Многолетние изменения индексов Токарева (1) и Багрова (2) и временной ход температуры для станций Темир, Казалинск, Семипалатинск

Несколько слабее синхронность временного хода K_T и средней месячной температуры для Казалинска, имеют место отдельные совпадения экстремумов, как отрицательных, так и положительных.

Для временного ряда температуры Семипалатинска характерно совпадение по времени экстремально низких температур в 1969, 1992 и 1996 гг. с отрицательными аномалиями K_T , а также экстремально высоких температур в 1982, 1990 и 1997 гг. с положительными экстремумами K_T . В целом, однако, синхронность хода K_T и среднегодовой температуры в Семипалатинске еще ниже, чем в Казалинске. Важным является также то, что с удалением от Атлантико-Евразийского региона исследований постепенно ослабевает также и количественная связь между индексами K_T , K_B и температурой воздуха..

Рассмотрим теперь, как согласуются с индексами K_T временные ряды осадков.

Как и в случае с температурой, имеет место определенная синхронность в ходе K_T и осадков. Так, для станции Темир характерно совпадение экстремально низкого количества осадков 1969, 1977 гг. с экстремально низкими величинами K_T . Также экстремально высокое количество осадков в 1983 – 1984, 1992 и 1999 гг. совпадают с высокими K_T . Максимум осадков в 1984 г. достаточного отражения в величине K_T не нашел, однако он совпадает с экстремумом K_B (рис. 5).

Для временного ряда осадков станции Семипалатинск синхронность с ходом K_T оказалась выше, чем для ряда температуры. Имеют хорошее совпадение не только минимумы осадков, в 1975 -1989, 1967 – 1968 гг., но и максимумы в 1961, 1969, 1980, 1991 и 1994 гг.

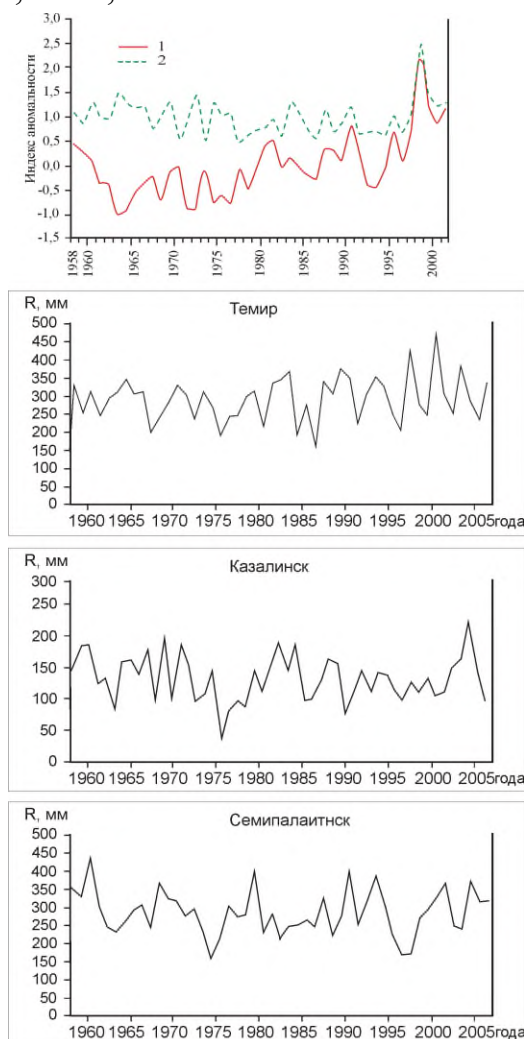


Рис. 5. Многолетние изменения индексов Токарева (1) и Багрова (2) и временной ход осадков для станций Темир, Казалинск, Семипалатинск

Несмотря на синхронное наступление большинства экстремумов в рядах температуры, их амплитуда существенно изменяется по территории. Так, экстремально холодный 1969 г. выразился в отклонении от нормы среднегодовой температуры для Семипалатинска $3,7^{\circ}\text{C}$, для Темира – $2,1^{\circ}\text{C}$, а экстремально высокая температура 1982 г. в Казалинске составила отклонение от нормы $2,5^{\circ}\text{C}$, в Темире $1,9^{\circ}\text{C}$, в Семипалатинске – $2,2^{\circ}\text{C}$, в Жаркенте $1,6^{\circ}\text{C}$, а в Кокшетау $0,4^{\circ}\text{C}$.

Аналогично обстоит дело и с осадками. В 2002 г. они были выше нормы в Темире на 175 мм, в Семипалатинске, - на 80 мм, в Кокшетау – на 60 мм. На станциях южнее 50° с.ш. в Казалинске и Жаркенте осадки были ниже нормы.

Таким образом, проанализировав связь временного ряда аномальной температуры в Атлантико – Европейском секторе, представленного в виде

параметров Токарева и Багрова, с временными рядами температуры и осадков, мы установили, что такая связь существует. Для рядов температуры отрицательным величинам параметра K_T соответствуют отрицательные аномалии среднегодовой температуры и наоборот. При этом отклонение среднегодовой температуры от нормы увеличивается к востоку, достигая максимума в Семипалатинске и Усть-Каменогорске.

В целом же результаты, полученные для рядов температуры и осадков, содержащиеся в разделе 2, позволили в значительной мере расширить теоретические основы для исследований общей циркуляции атмосферы и изменения климата на территории Казахстана.

ГЛАВА 3. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЛАЧНОСТИ НАД КАЗАХСТАНОМ

В данной главе рассмотрено сначала пространственное распределение облачности над территорией Казахстана по спутниковым данным, а затем результаты изучения облачности и осадков с помощью метеорологических радаров в районах восточного побережья Каспийского моря и в Иле-Балхашском бассейне, т.е. в районах пустынной и полупустынной территории, используемых под пастбища.

Поскольку обработка спутниковой информации требует учета региональных условий и специфики конкретной задачи, сначала были разработаны методы анализа этой информации, а затем они были использованы для получения результатов. Для этого привлечены спутниковые снимки облачности в видимом диапазоне в канале № 1 ($K1=0,58-0,68$ мкм), обозначаемом также как A1 (альбедо).

Целью данного исследования были определение количества и типа облачности по спутниковым наблюдениям над зерносеющими районами Северного Казахстана в вегетационный период, то есть с мая по август, и последующей оценки ее водозапасов в приложении к активным воздействиям с целью вызывания дополнительного количества осадков.

Использовался пороговый метод идентификации облачности. Для этого величины альбедо снимались для двух базовых точек Северного Казахстана, где есть метеорологические радары, - Костаная и Павлодара, а также еще в четырех постоянных точках на расстоянии 200 км от базовых (рис. 6).

К анализу были привлечены спутниковые снимки облачности, данные метеорологических радаров и метеорологических станций (карты погоды) за май-август за три года с 2003 по 2005 гг. включительно.

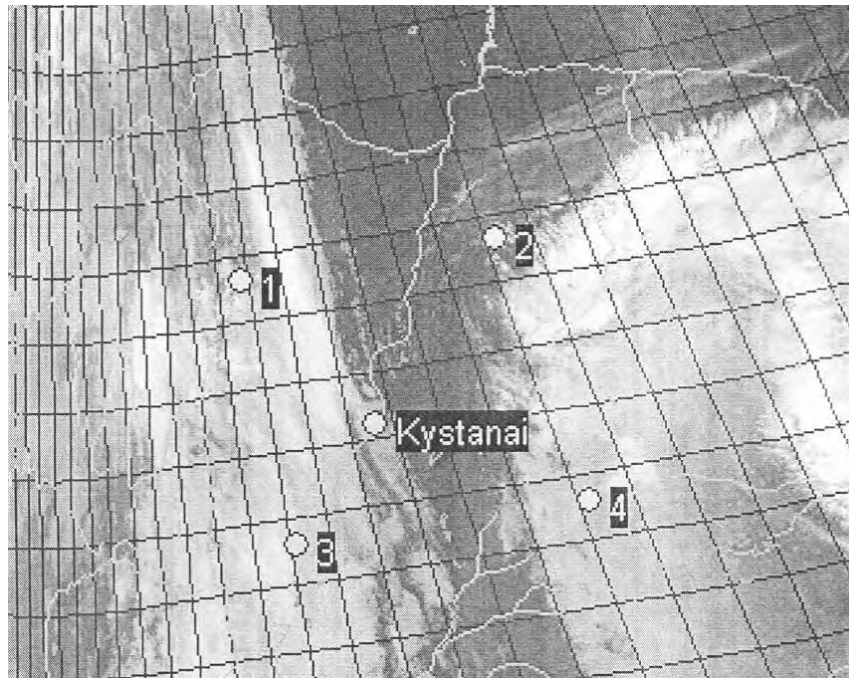


Рис. 6. Пример распределения точек на местности, в которых снимались величины альbedo для дальнейшей обработки.

По этому методу определялось две характеристики облачности: количество по десятибалльной шкале, величина альbedo. На основе которого затем определялся тип облачности. Количество облаков определялось как простое отношение количества пикселей, занятых облачностью, к общему количеству пикселей в выбранном квадрате для наблюдений (сегменте). При этом пикселем без облачности считался такой, где величина альbedo A_1 была ниже порога, характерного для облачности, а отраженное излучение поступало от подстилающей поверхности. Предварительно была определена пороговая величина альbedo для подстилающей поверхности в течение месяцев вегетационного периода для районов Костаная и Павлодара. Тип облачности определялся на основе сравнения данных метеорологических станций, снимаемых с карт погоды, с данными альbedo спутниковых снимков.

Результаты пороговой классификации облачности по спутниковым данным представлены в табл. 1

Изучена также динамика пороговых величин альbedo облачности в течение вегетационного периода. Такие данные существенно облегчают анализ облачности.

Результаты пороговой классификации облачности по Северному Казахстану за вегетационный период

п/п	Тип объекта	Альбеде, %
1	Кучево-дождевые облака (крупные и мощные) и ливневые осадки	>88
2	Кучево-дождевые облака без осадков (типа Cu conq) не менее 80 % площади	79-88
3	Перисто-слоистые облака с мощной нижележащей облачностью и осадками	69-78
4	Слоисто-дождевые облака	51-5-68
5	Облака среднего яруса не менее 80 % площади	41-5-50
6	Кучевые облака (типа Cu, Cu med) и облака нижнего яруса без осадков	34-40
7	Перисто-слоистые облака, плотные	25-34
8	Слоистые облака нижнего яруса или туман	20-24
9	Подстилающая поверхность всех видов	<20

В этом же разделе приведены результаты климатических обобщений облачности по спутниковым снимкам для всей территории Казахстана за три года для вегетационного периода. Расчеты велись по квадратам $1 \times 1^\circ$. Построены карты повторяемости общей облачности, повторяемости общей облачности в зависимости от типов макропроцессов, облачности с альбеде более 70% для июля. Карта распределения такой облачности приводится ниже (рис. 7).

Именно облачность с альбеде $> 70 \%$ оптимально характеризует водозапасы облаков в целом, т.к. такое альбеде имеет развитая конвективная облачность.

Можно видеть, что значительные водозапасы имеются над северной частью и юго-востоком Казахстана, 10 дней в месяц или более. Для большей же части Республики водозапасы заметно ниже, 4 – 8 дней.

Далее всесторонне изучена динамика облачности и осадков у восточного побережья Каспийского моря по данным метеорологического радара. В частности, используя данные о радиолокационной отражаемости в апреле, июле и октябре и коэффициент для осадков «море/суша» для января, мы выполнили расчет количества осадков над морем в течение года. Количество осадков над морем возрастает по сравнению с сушей до 35 % или 55 мм. В основном это за счет зимних осадков, а также летних из мощных кучево – дождевых облаков над морем. Оказалось, что результаты расчетов через осадки и через радиолокационную отражаемость близки. Результаты представляются очень

важными для уточнения водного баланса моря и прогноза его экологического воздействия на хозяйственную деятельность в акватории.

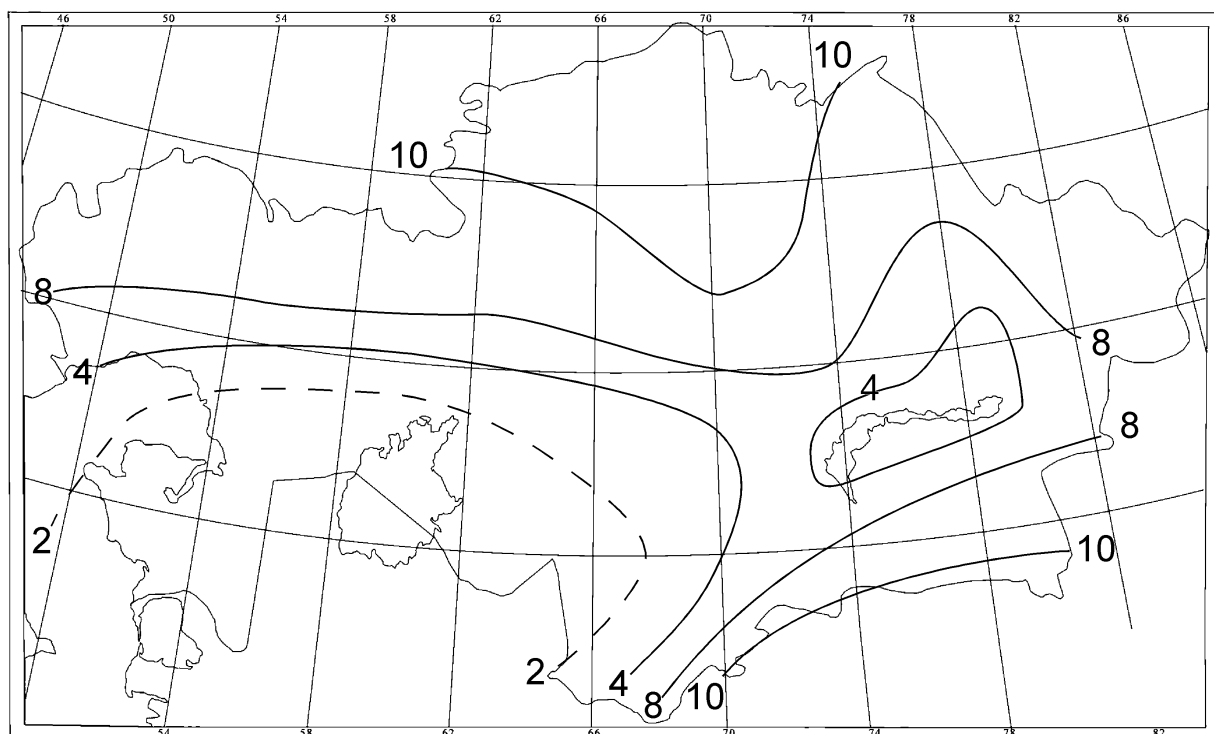


Рис. 7. Июль. Средняя повторяемость облачности с альбедо 70 % и более (число случаев).

Районом, в значительной степени характеризующим метеорологические условия южного и юго-восточного Казахстана является Прибалхашье. К тому же в Балхаше был установлен и проработал длительное время один из лучших по техническим характеристикам метеорологический радар.

Количество осадков, выпадающих в этом регионе, менее 200 мм за год. Осадки здесь имеют годовой ход, при котором основной максимум приходится на весенние месяцы, обычно на апрель, вторичный – на октябрь, ноябрь, а основной минимум – во второй половине лета и начале осени. Количество выпадающих осадков недостаточно для того, чтобы можно было заниматься земледелием. Земледелие развито только в предгорных районах, а также, поливное по долинам рек. Поэтому большая часть территории региона используется под пастбища, преимущественно зимние, а также весенние. Однако, состояние даже пастбищ существенно зависит от количества выпадающих осадков. Поэтому анализ распределения облачности над регионом, особенно водоресурсной, представляет не только научный, но и практический интерес.

Нами построены карты повторяемости водоресурсной облачности для срединных месяцев сезонов.

ГЛАВА 4. КОНВЕКТИВНАЯ ОБЛАЧНОСТЬ КАК ВАЖНЕЙШИЙ КОМПОНЕНТ И ФАКТОР, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЙ СОСТОЯНИЕ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ В ВЕГЕТАЦИОННЫЙ ПЕРИОД НАД СЕВЕРНЫМ КАЗАХСТАНОМ

В Казахстане при синоптическом анализе принято пользоваться типизацией макросиноптических процессов, разработанной ташкентскими исследователями для региона Средней Азии и Казахстана, которая далее постоянно совершенствовалась. Поэтому при анализе синоптических условий образования конвективной облачности и гроз автор тоже воспользовался типизацией крупномасштабных синоптических процессов для региона Средней Азии и Казахстана.

Все случаи активной конвекции и грозы, наблюдавшиеся в течение пятилетнего периода, были разделены на дневные и ночные. За ночные было принято считать ливни и грозы, имевшие место после захода солнца и происходившие до восхода солнца. Остальные случаи считались дневными. Большинство ливневых гроз, как дневных, так и ночных, случается при макросиноптическом типе Западное вторжение, их повторяемость превышает 40 %. Значительное число ливней и гроз, более 30%, случается при Северном холодном вторжении и еще 14-17 % – при Северо-западном холодном вторжении. Еще 6-10 % гроз и ливней имеют место при типе, который мы назвали Юго-западный перенос. В этот тип входят южно-каспийские циклоны с траекторией через центральные и северо-западные районы Казахстана, а также частично Черноморские циклоны с траекториями перемещения на юг Урала и Западной Сибири.

В суточном ходе по нашим данным за 5 лет максимум повторяемости гроз в Костанаве наблюдается в 12-16 ч, а летний минимум в 0-5 ч. местного времени. Что касается максимума повторяемости, то их два: один в 12 ч, а второй в 16 ч., между которыми отмечается спад грозовой активности, который характерен для засушливых районов. Анализируя суточный ход повторяемости облачности, в т.ч. конвективной, мы обнаружили двойной максимум и для Павлодара.

В Павлодаре, расположенном восточнее в более сухом регионе, этот минимум уже более глубокий и более продолжительный по времени, что облегчает его обнаружение.

Продолжительность гроз и интенсивной конвекции наибольшая в июне, июле. В среднем она превышает 10 ч.

Были рассчитаны и параметры конвекции для случаев «с грозой» и «отсутствия гроз». Состояние атмосферы при грозах несколько отличается от состояния при отсутствии гроз. Так, температура воздуха на изобарических

поверхностях при грозах несколько выше, чем при отсутствии гроз. Эта разница составляет около 3°C на всех уровнях.

Дефицит точки росы при грозах на несколько градусов меньше, чем при отсутствии гроз. На уровне 850 мбар эта разница составляет $2,1^{\circ}\text{C}$, на 700 мбар – $3,4^{\circ}\text{C}$ и на 500 мбар – $2,6^{\circ}\text{C}$. Суммарный дефицит точки росы на уровнях 850, 700 и 500 мбар при грозах примерно на 8°C меньше, чем при отсутствии гроз.

В ночь при наличии грозы влагосодержание воздушной массы богаче, чем при отсутствии гроз. Особенно велика разница на уровне 850 мбар – $2,3$ г/кг, которая к уровню 500 мбар уменьшается до $0,6$ г/кг.

Показатель энергии неустойчивости ΔT при грозах на уровне 850 мбар был отрицательным, а на 700 и 500 мбар положительным. На уровне средней тропосферы 500 мбар он имеет большие величины. При отсутствии гроз он отрицателен на всех трех уровнях.

На основе аэросиноптических характеристик состояния атмосферы, полученных нами для Северного Казахстана, мы построили графики прогноза дневных и ночных гроз, которые в качестве основы могут быть использованы при разработке региональных методов прогнозов.

По данным наблюдений метеорологических радаров построены карты пространственного распределения конвективной облачности в радиусе более 200 км от радаров. Обнаружены области как экстремально высокой, так и экстремально низкой повторяемости в зоне наблюдений каждого радара. Для примера на рис. 8 приведено распределение повторяемости конвективной облачности в районе Павлодара в июле.

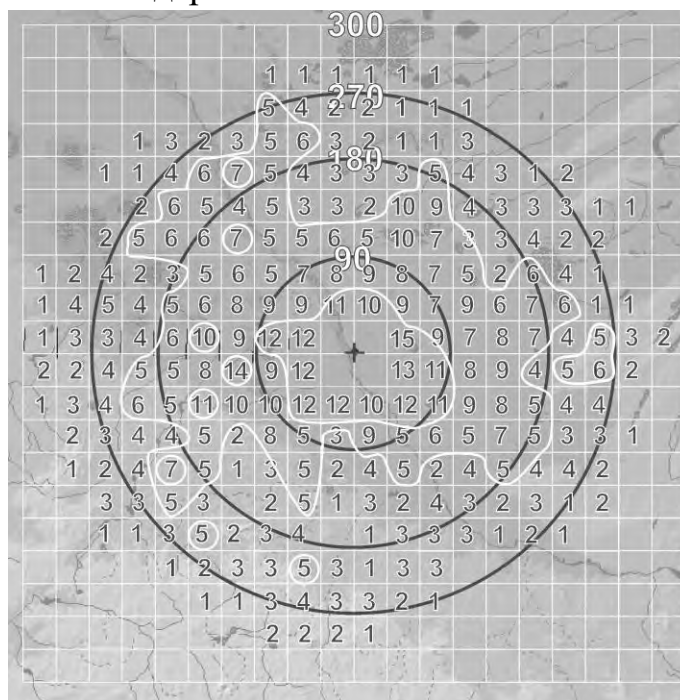


Рис. 8. Распределение радиоэха в районе Павлодара в срок 12 ч местного времени.

По результатам синхронных наблюдений для каждой метеостанции были построены графики зависимости количества осадков (Q) от величины радиолокационной отражаемости ($Lg Z_{3,2}$). Обычно бралась радиолокационная отражаемость на уровне 3 (изотерма – 22 °С), но когда таких данных не было (не измерены), то бралась отражаемость на уровне 2 (нулевая изотерма). Такой подход общепринят в радиометеорологии.

На рис. 9 представлена зависимость между количеством осадков по данным метеостанций и радиолокационной отражаемостью $Lg Z_{3,2}$ по данным МРЛ для перечисленных выше станций. Рассмотрим сначала зависимости для Костаная.

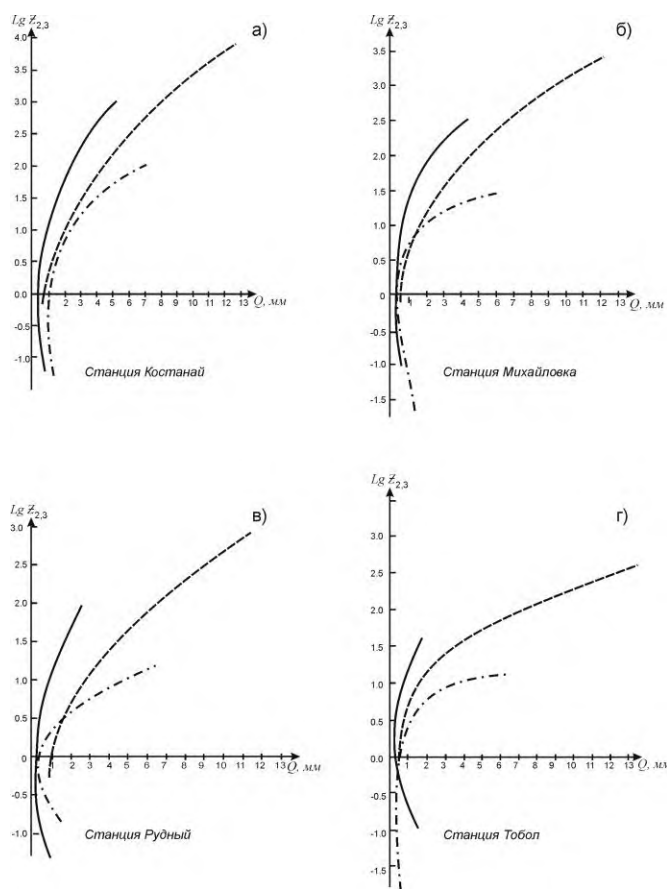


Рис. 9. График зависимости количества осадков (Q) от радиолокационной отражаемости ($Lg Z_{3,2}$).

— апрель; - - - - июль; - · - · - · октябрь

Связи между $Lg Z_{3,2}$ и количеством выпавших осадков параболического вида для всех сезонов. Самая левая парабола для апреля, а самая правая – для октября. Следовательно, при одном и том же значении $Lg Z_{3,2}$ в апреле выпадает минимальное количество осадков, в июле – уже заметно больше, а в октябре наибольшее количество. В июле диапазон изменения $Lg Z_{3,2}$ имеет наибольший диапазон в основном в области положительных значений, в октябре – наименьший и к тому же распространяющийся дальше, чем в другие

сезоны, в область отрицательных значений. Диапазон изменения $Lg Z_{3,2}$ соответствует, таким образом, характеру облачности, наблюдаемой в каждом сезоне. Сходные зависимости получены для Михайловки, Рудного и Тобола.

Чрезвычайно важно установить степень совпадения или степень близости оценок наличия явлений, по данным метеорологических станций и по данным МРЛ. Только в случае достаточной близости возможен совместный анализ данных. В таблицах 2 и 3 представлены результаты сравнения данных метеостанций с данными МРЛ. При этом достоверность данных метеостанций была принята за 100 %. Можно видеть, что в Костанайе МРЛ обнаруживает 96% конвективных облаков, 90 % ливней и 97 % гроз. С удалением от МРЛ степень совпадения уменьшается и в Тоболе составляет около 80 % по всем явлениям, что все еще следует считать вполне приемлемым.

Таблица 2.

**Сопоставление данных метеорологических станций с данными МРЛ
(данные метеостанций приняты за 100 % достоверности)**

Станция	Расстояние до метеостанции, км	Данные МРЛ		
		Q	∇	R
Костанай	0	96	90	97
Михайловка	40	88	83	89
Рудный	50	86	81	84
Тобол	100	80	72	79

Таблица 3.

**Сопоставление данных МРЛ с данными метеорологических станций
(данные МРЛ приняты за 100 % достоверности)**

Станция	Расстояние до метеостанции, км	Данные метеостанций в % совпадения		
		Q	∇	R
Костанай	0	82	88	80
Михайловка	40	86	90	84
Рудный	50	87	90	86
Тобол	100	93	95	89

На рис. 10 представлена зависимость между количеством осадков и критериев грозоопасности U для холодного и теплого фронтов в июле.

Теория облако- и осадкообразования однозначно указывает на то, что между физическими характеристиками облачности с одной стороны и количеством выпавших из них осадков должна быть связь. В данном случае под физическими характеристиками облачности имеются в виду радиолокационная

отражаемость и вертикальная мощность, объединенные в критерий грозоопасности Y .

В июле линия регрессии между Y и количеством осадков для холодного фронта лежит левее линии регрессии для теплого фронта. Это значит, что при одних и тех же величинах Y количество осадков из облачности теплого фронта выпадает в больших количествах, чем из облачности холодного фронта, разница составляет те же 3-4 мм/3 ч.

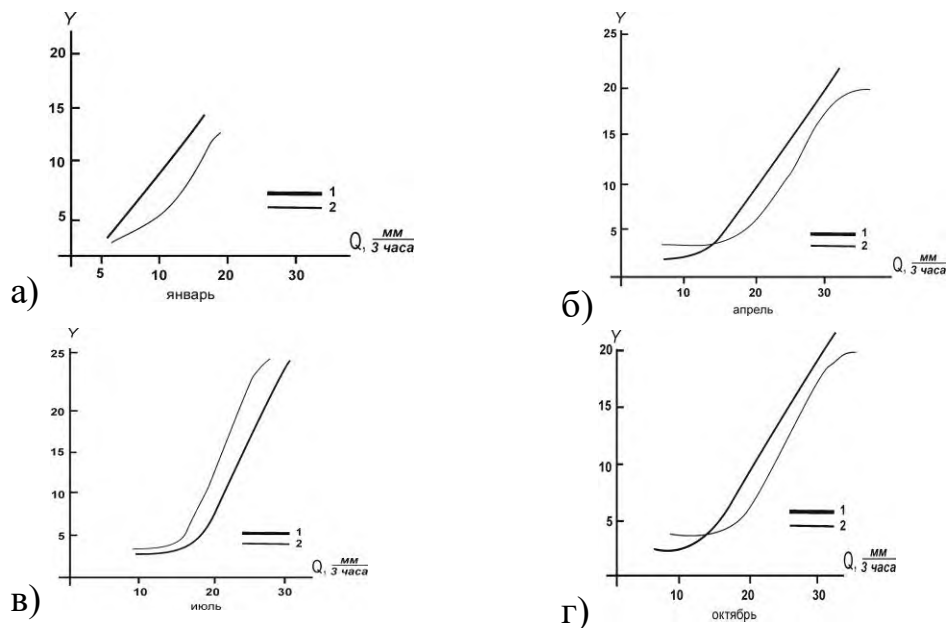


Рис. 10. График зависимости между критерием грозоопасности и количеством осадков, для холодного (1) и теплого (2) фронтов.

— апрель; - - - - июль; - · - · - · октябрь

В области малых величин осадков их количество почти не зависит от величин Y для облачности и теплого и холодного фронтов. С некоторого количества осадков (минимальные значения почти те же, что и для апреля) с ростом Y увеличивается и количество осадков. Диапазон значений Y превышает 25, а возможное количество осадков 30 мм/3 ч.

Наличие горизонтального участка при малых величинах Y и количества осадков обусловлено тем, что такие осадки выпадают из облаков типа слоисто-дождевых, для которых характерны одновременно устойчивые величины радиолокационной отражаемости и устойчивая во времени интенсивность осадков.

ГЛАВА 5. ОЦЕНКА ВОДОЗАПАСОВ КОНВЕКТИВНЫХ ОБЛАКОВ НАД СЕВЕРНЫМ КАЗАХСТАНОМ В ВЕГЕТАЦИОННЫЙ ПЕРИОД

Данная глава является заключительной, объединяющей и завершающей наши исследования как в области изменения климата и адаптации за счет доступных водозапасаов облачности над Казахстаном в целом, так и возможного

использования облачных ресурсов Северного Казахстана для вызывания дополнительного количества осадков для смягчения последствий изменения климата и засух.

В ближней зоне, т.е. в радиусе до 40 км от МРЛ, имеются возможности, более детального анализа облачности, в т.ч. и отдельных облаков. В частности имеется возможность измерять высоту верхней и нижней границы облака, а также его ширину (диаметр) на любом уровне.

Нами обработаны и проанализированы характеристики конвективных облаков в ближней зоне для Костаная и Павлодара, для периода с апреля по август. Получены статистически обеспеченные характеристики мощности, диаметра в нижней и верхней части облака, радиолокационной отражаемости. Изучена динамика этих параметров в зависимости от месяца и времени суток.

Проанализированные выше статистические данные о физических параметрах конвективной облачности на вертикальных разрезах ближней зоны использованы нами при расчете водных ресурсов конвективной облачности.

Попытаемся поэтому оценить облачные ресурсы, используя имеющуюся в нашем распоряжении информацию об облаках метеорологических радаров. Эти данные достаточно информативны, а, кроме того, они регулярные и полные. Их полнота не зависит от погодных условий и времени суток.

Объем конвективного облака с учетом его среднего диаметра равен:

$$V = \frac{\pi \bar{d}^2}{4} \cdot \Delta H, \quad (4)$$

где \bar{d} - средний диаметр облака,

ΔH - его мощность.

МРЛ, однако, позволяет получать данные о диаметре облака только в ближней зоне, т.е. при условии, что вертикальный разрез облака в ближней зоне был в радиусе 40 км. Однако, можно ожидать, что результаты анализа справедливы и в радиусе до 100 км и больше. Данные наблюдений в ближней зоне наиболее информативны и поэтому мы намерены использовать их в нашем методе в полной мере.

Подход к оценке водозапаса конвективной облачности, который мы применили, имеет следующие особенности. Поскольку пространственная изменчивость и ливневых осадков и конвективной облачности велика, то мы попытались осуществить осреднение и первого и второго параметров по площади.

Повторяемость конвективной облачности оценивалась нами по 32 квадратам в радиусе 100 км от радара, а затем вычислялась средняя повторяемость в этой зоне. В радиусе до 100 км радар обнаруживает практически все $Cu\ congest$ и Cb , а средняя повторяемость за месяц представлялась убедительной характеристикой, свободной от влияния

орографических особенностей. Свободным от такого влияния представлялось и среднее количество осадков за месяц, зафиксированных метеостанциями в этой зоне. Впрочем, для расчета среднего количества осадков были использованы данные МС, расположенных и несколько дальше (до 120 км), чем 100 км, что обусловлено редкой метеорологической сетью. Это станции Урицкий, Рудный и Федоровский з/с.

Выразим метод, по которому мы вычислили водозапасы июля \bar{W} , в аналитической форме. Водозапасы конвективных облаков за отдельно взятый срок \bar{W}_c вычислялись по формуле:

$$\bar{W}_c = \bar{N}_c \cdot \bar{H}_c \cdot \bar{q}_c \cdot \frac{\bar{S} \cdot \bar{N}}{900} \quad (5)$$

где \bar{N}_c - средняя за данный срок повторяемость (число случаев) конвективных облаков в радиусе 100 км (32 квадрата), отнесенная к одному квадрату 30×30 км, т.е. суммарная повторяемость облаков в этих квадратах разделена на число квадратов;

\bar{H}_c - средняя мощность радиоэха конвективных облаков в данный срок;

\bar{q}_c - средняя водность облака, как функция его мощности;

\bar{S}_c - средняя площадь основания облака;

$\frac{\bar{S} \cdot \bar{N}}{900}$ - коэффициент приведения площади основания облаков, наблюдаемых в квадрате 30×30 км, к площади квадрата.

Суммарные за месяц влагозапасы \bar{W} вычислялись как:

$$\bar{W} = \sum_{i=1}^n \bar{W}_c - \bar{R}, \quad (6)$$

где \bar{R} - среднее количество осадков за месяц, вычисленное по данным метеорологических станций, расположенных в радиусе 100 км от радара;

n - число сроков наблюдений, в данном случае 8, для которых велись расчеты \bar{W}_c .

Водность конвективных облаков определялась как на основе измерений радиолокационной отражаемости, так и на основе связей между физическими размерами облака и его водностью, полученных другими авторами на основе многочисленных самолетных измерений, в т.ч. и над Северным Казахстаном.

Метод был всесторонне опробован на данных метеорологического радара Костаная, а затем были оценены водозапасы конвективной облачности в течение вегетационного периода для всего Северного Казахстана.

Результаты расчетов суммарных и доступных водозапасов приведены в табл. 4.

Суммарные водозапасы приведены потому, что понятие доступных водозапасов определяется техническими возможностями методов воздействия сегодняшнего дня. Вполне вероятно, что такие возможности даже в ближайшие годы могут расширяться.

Таблица 4.

Суммарные (числитель) и доступные (знаменатель) водозапасы конвективных облаков Северного Казахстана за вегетационной период, мм

Станция	Месяц				Сумма за вегетационной период
	апрель	май	июнь	июль	
Костанай	$\frac{8,5}{2}$	$\frac{90,9}{18}$	$\frac{216,8}{43}$	$\frac{230,0}{46}$	$\frac{537,7}{107}$
Павлодар	$\frac{15,7}{3}$	$\frac{111,5}{22}$	$\frac{214,0}{43}$	$\frac{167,3}{33}$	$\frac{492,8}{98}$
Астана	$\frac{6,7}{2}$	$\frac{164,1}{33}$	$\frac{227,8}{45}$	$\frac{203,2}{40}$	$\frac{595,1}{118}$
Караганда	0 %	$\frac{118,8}{23}$	$\frac{163,9}{32}$	$\frac{164,5}{33}$	$\frac{447,2}{89}$
Сумма	30,9	485,3	822,5	765,0	2072,8
Средние и доступные водозапасы	$\frac{7,7}{2}$	$\frac{121,3}{24}$	$\frac{205,6}{41}$	$\frac{191,2}{38}$	$\frac{518,2}{102}$

Из таблицы 4 видно, что доступные водозапасы по всем пунктам Северного Казахстана во все месяцы вегетационного периода соизмеримы с количеством выпадающих там осадков. Представляется, что такие водозапасы являются хорошим адаптационным потенциалом для региона.

При расчете и оценке водозапасов часто используют коэффициент влагогенерирующей способности k , как отношение количества осадков к общим водозапасам \bar{W} :

$$k = \frac{R}{\bar{W}} \quad (7)$$

В нашем случае k равно всего лишь 0,13-0,20 в то время как для отдельно взятых конвективных облаков k может достигать 3÷4. Величина коэффициента генерирующей способности облака показывает, что осадки составляют лишь малую долю от водозапасов облачности, в нашем случае 13 %. В отдельных же точках, скажем в Тоболе (42,5 мм/сутки) или Михайловке (20,6 мм/сутки), этот коэффициент может заметно превышать среднее значение k по региону.

Ряд авторов отмечают, что при естественном выпадении осадков расходуется не более 20 % водозапасов, содержащихся в облаках. В нашем случае в среднем за месяц из конвективных облаков выпало около 15 %

водозапасах, что подтверждает, в общем, правильность примененного нами метода оценки.

Водозапасы рассчитаны не только в сумме за месяц, но и по срокам, а также оценены водозапасы светлого времени суток, т.е. лучшего времени для активных воздействий. Оказалось, что около 70 % водозапасов имеют место в дневное время.

Для планирования и разработки методов воздействий, кроме повторяемостей дней с облачными ресурсами, еще необходимо знать продолжительность каждого подходящего случая, а также пространственно-временное распределение и перемещение ресурсных облаков над регионом, в зависимости от типа макропроцесса. Такое исследование тоже выполнено. Получено, что воздействия на облачные ресурсы возможны в течение 5-8 дней в месяц и в течение 5-7 ч в каждый из этих дней. При этом, наиболее вероятным и наиболее подходящим является светлое время суток. Следовательно, дни, когда наиболее целесообразно воздействие на облачные ресурсы, можно прогнозировать заблаговременно. Выполненный далее анализ динамики облачности, может оказаться полезным при активных воздействиях т.к. он выполнен для всех типов макропроцессов, наблюдающихся над Северным Казахстаном.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные результаты работы следующие:

1. На основе построенного нами обобщенного графика временного хода температуры для Казахстана показано, что ее изменение, т.е. рост, происходит во взаимосвязи с изменением глобальной температуры и температуры сопредельных регионов. Это сопровождается снижением на 15-20 % влагозапасов в почве, снижением стока на 7-11%. В перспективе, несмотря на некоторое ожидаемое увеличение количества осадков на 10-12 %, оно не покроет возрастающего испарения. Ожидается, таким образом, ухудшение условий земледелия, что может привести к нарушению продовольственной безопасности Республики. Поэтому актуальным является не просто исследование климатических изменений, но и поиск путей адаптации и смягчения последствий, что и сделано в нашей работе.

На основе изучения особенностей вековой динамики температуры по территории, осуществлено ее районирование и выделено четыре однотипных района. Дано физическое толкование выявленной неоднородности, суть которого в существовании активных районов, которые первыми реагируют на термические нарушения баланса в системе Земля-космос (геоактивные зоны Земли).

Выделенные районы являются местами одинакового проявления климатических изменений в их пределах, что может быть эффективно использовано при планировании хозяйственной деятельности.

Выявленная нами восьмидесятилетняя цикличность в осадках, характерная практически для всей территории Республики, является основой для построения сценариев изменения стока рек и водозапаса на перспективу.

Вычисление «норм» температуры и осадков по предложенному нами методу позволит повысить практическую полезность данных для ряда отраслей хозяйственной деятельности и повысит доверие к таким данным.

2. Впервые выявлено наличие общей связи между временным ходом индексов общей циркуляции атмосферы ЗОН и i_3 и временным ходом температуры и осадков в Казахстане. В периоды зональных эпох резкого изменения температуры не происходило, но именно в эти эпохи имели место минимумы в ее ходе. Во временном ходе осадков зональным эпохам соответствует минимум количества осадков, меридиональным – максимум. Отклонение параметра Токарева в положительном направлении сопровождается ростом годовой температуры над нормой с максимумом такого превышения над центральными районами. Отрицательным величинам параметра соответствуют отрицательные отклонения температуры, и величины такого отклонения растут с запада на восток территории. В эпохи смещения над Западной Сибирью траекторий антициклонов к югу, а циклонов к северу количество осадков в Северном Казахстане увеличивается. Временной ход температуры хуже согласуется с повторяемостью барических образований. Полученные закономерности могут быть использованы при построении сценариев изменения климата на перспективу во взаимосвязи с изменением общей циркуляции атмосферы и влияния этих изменений на сельскохозяйственную деятельность, водозапасы и эрозионные процессы.

В целом же вышеперечисленные результаты показывают, что повышение температуры воздуха в Казахстане имеет место, условия хозяйственной деятельности будут усложняться и поиск путей адаптации необходим.

3. На основе порогового метода идентификации спутниковых снимков облачности были установлены пороговые значения альбедо для основных типов облачности над Северным Казахстаном в вегетационный период. По этим данным построены карты средней повторяемости общей облачности над Казахстаном в июле – августе. Построены такие же карты для макропроцессов Е, С, Ш, а также карта повторяемости облачности с альбедо более 70%, отражающая по сути доступные водозапасы. На основе данных метеорологических радаров изучена облачность у восточного побережья Каспия и получены обоснованные данные о количестве осадков над

акваторией, которые вопреки теории оказались примерно на 35% или 55мм больше, чем над сушей.

Результаты исследований облачности по спутниковым данным позволили получить первое общее представление о ее распределении по территории и потенциале. Анализ радиолокационных данных об облачности и осадках в районе Каспия позволил получить данные об осадках на акватории, которые позволяют уточнить водный баланс этого водоема, имеющего такое большое прикладное значение.

4. Систематизированы аэросиноптические условия, термодинамические характеристики атмосферы при конвективной облачности и грозах, и радиолокационные характеристики облачности над Северным Казахстаном, включая ее пространственные характеристики в зоне атмосферных фронтов. Построены карты типовых синоптических положений для каждого типа синоптических процессов. Предложены вероятностные прогностические номограммы, которые можно использовать при разработке краткосрочных прогнозов в регионе. Выявлены значительные неоднородности в распределении повторяемости конвективной облачности, обусловленные орографией. Установлены количественные связи между количеством осадков и опасных явлений по данным метеорологических станций и по данным радаров, что стало основой для последующей разработки метода оценки доступных водозапасов облачности.

5. На основе собранных оригинальных данных об облачности разработан метод оценки ее водозапасов в климатическом аспекте. Метод не имеет аналогов и пригоден для использования в любом регионе. По данному методу были оценены доступные водозапасы конвективной облачности над Северным Казахстаном в вегетационный период, использование которых – эффективный путь адаптации сельского хозяйства к новым климатическим условиям.

Перспективным выводом данной работы мы считаем то, что полученные нами величины водозапасов конвективной облачности для Северного Казахстана достаточно велики. На сегодняшнем уровне развития активных воздействий, доступные водозапасы соизмеримы с количеством выпадающих осадков. Это делает целесообразным рассмотрение возможности организации активных воздействий в регионе, с целью смягчения последствий изменения климата, а также в годы с недостаточным количеством осадков.

В этом случае будет обеспечено устойчивое развитие сельскохозяйственной отрасли, в особенности зерновой, в наблюдающихся и ожидаемых условиях изменения климата, практически не повлияв на объемы производства. Будет сохранен сложившийся тип деятельности и соблюдена социальная гармония в регионе. Влияние эрозионных процессов, процессов потери влагозапасов в почве и опустынивания будет сведено к минимуму. По сути, выбирая регионы активных воздействий, появится возможность управлять ландшафтами.

**ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ БЫЛИ ОПУБЛИКОВАНЫ
СЛЕДУЮЩИЕ РАБОТЫ:**

1. Есеркепова И.Б., Кенжибаев А.Т., Степанова Е.Ю., Чередниченко А.В. Проблемы мониторинга и охраны озонового слоя в Казахстане. // Гидрометеорология и экология. - 1997. Вып 1. - С. 114-123
2. Чередниченко В.С., Тютяев А.А., Недовесов В.С., Чередниченко А.В. Комплексный учет влияния метеорологических условий на рассеивание примесей в атмосфере города через изменение концентраций трассерного ингредиента. Вестник КазНУ 1997. №5. – С. 41-44.
3. Чередниченко А.В. Климатические характеристики гроз над юго-востоком Казахстана. // Гидрометеорология и экология. - 1999. Вып 3.
4. Kazakhstan's greenhouse gas emissions and sinks inventory: 1990&1994. Coordinator. Pilifosova O. And other. Almaty. Pbl. 68 P.2000 y.
5. Чередниченко А.В. Международная практическая конференция. Современные проблемы Геоэкологии и Созологии. Аэросиноптические условия выпадения значительных ливневых осадков в горах. Алматы 22-23 января. 2001. г. – С. 270-275.
6. Чередниченко А.В., Гармашова С.А. О влиянии выбросов Лениногорской ТЭЦ на окружающую среду. // Вестник КазНУ. Серия экологическая. -2002.- №1 (10).- С. 38-41.
7. Чередниченко А.В. Особенности и тенденции изменения температуры как факторов, влияющих на диссипацию примесей над Восточным Казахстаном. Метеорология и гидрология в Кыргызстане. Вып. 2 / Под ред. О.А. Подрезова. / Кыргызско –Российский Славянский университет.-Бишкек, 2002. С. 113-125.
8. Чередниченко А.В. Основные источники выбросов и уровень загрязнения воздушного бассейна Казахстанского Алтая. Вестник КазНУ. Серия экологическая. 2002.-№1 (10).-С. 31-34.
9. Чередниченко А.В. О влиянии синоптических условий на поле ветра и распределение приземных концентраций загрязняющих веществ в Усть-Каменогорске. // Гидрометеорология и экология. - 2002. Вып 3. С. 30-43.
10. Чередниченко А.В. Изменение климата как глобальная политическая проблема современности.// Материалы Международной научно-практической конференции. Семипалатинск. 2003. - С. 48-52.
11. Чередниченко А.В. Карты грозовой активности на территории Алматинской области с выделением аномальных зон. // Гидрометеорология и экология:- 2004. -№3. – С. 17-28.
12. Чередниченко А.В. О грозовой активности на территории города Алматы. // Гидрометеорология и экология:-2005. - №2. – С. 51 - 61.

13. Чердниченко А.В., А.С. Кудайбергенова А.В. Манузина. Распределение облачности и гроз в зоне действия Алматинского метеорологического радиолокатора. Гидрометеорология и экология:-2005. - №2. – С. 62-71.
14. Чердниченко А.В. Региональные карты грозовой деятельности для энергетиков. // Экология и промышленность Казахстана. 2005 Вып 2/6. - С. 24-27.
15. Чердниченко А.В. Международная молодежная конференция «Молодежь и Космос», посвященная 150-летию К. Э. Циолковского, 100-летию со дня рождения С.П. Королева и 50-летию со дня запуска первого в мире искусственного спутника Земли. Тезисы докладов. Об обнаружении и прогнозе выхода южных циклонов на Среднюю Азию и Казахстан по данным снимков облачности с метеорологических спутников. КазНУ им. аль-Фараби. Алматы 2007 г. - С. 31-32.
16. Чердниченко А.В. Особенности распределения облачности у берегов Казахской части Каспийского моря. // Материалы международной научно-практической конференции. 17-19 апреля. Алматы . 2007. С. 118-126.
17. Чердниченко А.В. Теория движения спутника. Силы действующие на спутник. /Материалы международных учебно-научных семинаров по подготовке и повышению квалификации специалистов в рамках государственной программы «Развитие космической деятельности в Республике Казахстан на 2005-2007 гг.» г Алматы. 2007 г. С.153-161.
18. Чердниченко А.В. Невозмущенное движение. Элементы орбиты спутника /Материалы международных учебно-научных семинаров по подготовке и повышению квалификации специалистов в рамках государственной программы «Развитие космической деятельности в Республике Казахстан на 2005-2007 гг.» г Алматы. 2007 г.С. 163-165.
19. Чердниченко А.В. Уравнение переноса излучения /Материалы международных учебно-научных семинаров по подготовке и повышению квалификации специалистов в рамках государственной программы «Развитие космической деятельности в Республике Казахстан на 2005-2007 гг.» г Алматы. 2007 г.С. 165-169.
20. Чердниченко А.В. Невозмущенное движение. Типы орбит. Космические скорости. Метеорологические спутники /Материалы международных учебно-научных семинаров по подготовке и повышению квалификации специалистов в рамках государственной программы «Развитие космической деятельности в Республике Казахстан на 2005-2007 гг.» г Алматы. 2007 г.С. 173-177.
21. Чердниченко А.В. Динамика облачности и осадков у восточного побережья Каспийского моря по данным метеорологического радиолокатора. // Гидрометеорология и экология. – 2007. – №3. – С.19-43.

- 22.Чередниченко А.В. Динамика и внутренняя структура месячных величин общего содержания озона над Казахстаном. // Гидрометеорология и экология. – 2007. – №4. – С. 23 – 36.
- 23.Cherednichenko. A.V. Estimating Agricultural Adaptation to Climate Change through Cloud Activation for Northern Kazakhstan. / The NATO Science for Peace and Security Programmer. – 2007. – P. 183-190.
- 24.Cherednichenko. A., Rakova V. Dynamics and Structure of Total Ozone Content over the Republic of Kazakhstan in Conditions of Global Warming / The NATO Science for Peace and Security Programmer. – 2007. – P. 191-200.
- 25.Чередниченко А.В. Теория и практика спутниковой метеорологии. Изд. КазНУ им. аль-Фараби. Учебное пособие. 2007 г. – 108 с.
- 26.Чередниченко А.В. Динамика распределения облачности и осадков над Северным Казахстаном по данным метеорологических радаров. // Гидрометеорология и экология. – 2008. – № 2-3. – С. 15 – 26.
- 27.Чередниченко А.В. Характеристики радиоэха облачности атмосферных фронтов, осадков и опасных явлений над Северным Казахстаном // Гидрометеорология и экология. – 2008. – № 2-3. – С. 54 – 63.
- 28.Чередниченко А.В. Изучение динамики общего содержания озона (ОСО) над территорией Казахстана. Сборник докладов и тезисов, представленных на первом Международном форуме «Устойчивое развитие Евразийского континента». г. Алматы. 2008 г. – С 60 – 62.
- 29.Чередниченко А.В. Реализация Монреальского протокола в Казахстане. Материалы международной научно-практической конференции посвященной 60-летию географического факультета и кафедры физической географии и геоэкологии и 75 летию КазНУ им. аль-Фараби. 11-12 декабря 2008 г. Алматы. Изд. Казак университеті. 2008 г. – С. 265-270.
- 30.Чередниченко А.В. Аэросиноптические условия образования гроз в Северном Казахстане. // Гидрометеорология и экология. – 2008. – № 4. – С. 46-70.
- 31.Чередниченко А.В. Облачность и осадки над Северным Казахстаном по данным метеорологических радаров (МРЛ)./ Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию Института географии АО ЦНЗМО РК. Алматы, – 2008. – С. 483-493.
- 32.Чередниченко А.В. Ресурсы конвективной облачности Северного Казахстана за вегетационный период по данным метеорологических радаров. Гидрометеорология и экология, - 2009, № 2. – с. 28-40.
- 33.Чередниченко А.В. О методе оценки доступных водозапасах конвективной облачности на основе данных метеорологического радара. Гидрометеорология и экология, - 2009, № 3. – с. 22-35.
- 34.Чередниченко А.В. Изменение климата Казахстана и возможности адаптации за счет доступных водозапасах облачности. Изд. Илим. Бишкек, 2009. 361 с.