

Министерство образования и науки Российской Федерации
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Российский государственный гидрометеорологический университет»

На правах рукописи
УДК 551.:629.130 (075.8)

Геворгян Артур Мигранович

**УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ И ПРОГНОЗ ОБИЛЬНЫХ ОСАДКОВ НА
ТЕРРИТОРИИ АРМЕНИИ**

25.00.30 – Метеорология, климатология и агрометеорология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата географических наук

Санкт-Петербург

2011

Диссертация выполнена в ГОУ ВПО «Российский Государственный
Гидрометеорологический Университет»

Научный руководитель:

кандидат географических наук, профессор

Богаткин Олег Георгиевич

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор

Лобанов Владимир Алексеевич

Кандидат физико-математических наук

Степанов Валерий Викторович

Ведущая организация

Главная геофизическая обсерватория им. А.И. Воейкова

Защита диссертации состоится 6 октября 2011 г. в 15 часов 15 мин на
заседании диссертационного совета Д212.197.01 в Российском
Государственном Гидрометеорологическом университете по адресу:
195196, г. Санкт-Петербург, Малоохтинский пр., 98.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Российского
Государственного Гидрометеорологического университета.

Автореферат разослан « 01 » сентября 2011 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
Доктор географических наук, профессор



А. И. Угрюмов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы

Атмосферные осадки являются одной из характеристик климата, интерес к которой никогда не ослабевает. Относясь к явлениям, влияние которых на деятельность человека и окружающую его среду наиболее велико и может проявляться как в положительном, так и в отрицательном смысле, они постоянно привлекают внимание экологов, гидрологов и метеорологов. Обильные осадки часто затрудняют работу транспорта, наносят вред сельскому хозяйству и другим сферам экономики. Кроме того, при наблюдении обильных осадков создаются условия для возникновения некоторых неблагоприятных и опасных метеорологических явлений. В зависимости от синоптических условий и сезона года обильные осадки могут сопровождаться градом, грозой, сильным ветром, туманом, метелью.

Основной метод прогноза осадков для территории Армении это синоптический метод. Разработка расчетных или численных методов прогноза осадков является сложной задачей в связи со сложным горным рельефом республики и всего Кавказского региона. В большинстве случаев качество прогноза обильных осадков синоптическим методом напрямую зависит от надежности синоптического анализа. Синоптический анализ является трудоемкой процедурой, которая включает в себе анализ фактических карт погоды, спутниковых снимков облачности, данных наблюдений метеорологических станций, аэрологических диаграмм, прогностических карт погоды и обобщение результатов анализа вышеуказанной информации. Трудоемкость синоптического анализа привела к отсутствию надежной климатологии по синоптическим условиям образования обильных осадков (а также других метеорологических явлений) для огромных территорий, в том числе и для Армении.

В последнее время открылись новые возможности для синоптических исследований. Во-первых, с появлением данных реанализа, которые представляют собой архивы глобальных полей по различным метеорологическим элементам на уровне моря и основных изобарических уровнях, стало возможным исследовать синоптические условия в любом регионе Земного шара за достаточно длинный период времени (50 лет и более). Во-вторых, в последнее время разрабатываются различные объективные схемы определения типа циркуляции, которые должны в значительной степени заменять традиционный (или субъективный) синоптический анализ.

Исследование условий образования обильных осадков на территории Армении с использованием современных методов и данных является актуальной задачей.

Цель работы

Основными целями настоящей работы являются исследование условий образования обильных осадков и улучшение их прогнозирования на территории Армении.

Для достижения поставленных целей необходимо было решить следующие задачи:

1. Синоптический анализ условий образования обильных осадков;
2. Анализ территориального распределения обильных осадков при различных синоптических условиях;
3. Разработка алгоритма прогноза обильных осадков.

Научная новизна

Приведен детальный анализ синоптических условий выпадения обильных осадков. Применение данных реанализа ERA-Interim в результатах

синоптического анализа дало возможность исследовать характер циркуляции атмосферы над Арменией и Южным Кавказом в среднем при наблюдении различных типов синоптических процессов. Были построены карты распределения повторяемости обильных осадков на территории Армении при наблюдении различных типов синоптических процессов.

Применена объективная схема определения типа циркуляции. Приводится сравнение результатов синоптического анализа и объективной схемы определения типа циркуляции.

На основании синоптического анализа обильных осадков разработан алгоритм прогноза обильных осадков на территории Армении. Приводится оценка прогноза количества суточных осадков на территории Армении по данным гидродинамической модели ERA-Interim.

Научная и практическая значимость

Полученные результаты могут использоваться в оперативной практике гидрометслужбы Армении, а также в учебном процессе вузов метеорологического профиля.

Основные положения, выносимые на защиту

- синоптический анализ обильных осадков в Армении;
- территориальное распределение повторяемости обильных осадков в Армении при наблюдении различных типов синоптических процессов;
- применение объективной схемы определения типа циркуляции;
- алгоритм прогноза обильных осадков на территории Армении, основанный на синоптическом анализе;
- оценка прогноза количества суточных осадков в Армении по данным гидродинамической модели ERA-Interim.

Личный вклад автора

Все представленные в диссертации результаты получены автором самостоятельно.

Апробация работы

Основные результаты исследований, изложенные в диссертации, докладывались и обсуждались на Итоговой сессии Ученого совета РГГМУ (С-Петербург, 2010 г.), на Итоговой сессии ученого совета РГГМУ (С-Петербург, 2011 г.), на научном семинаре отдела динамической метеорологии Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова (С-Петербург, 2011 г.).

Публикации

Результаты диссертации опубликованы в 5 научных работах (одна – в печати), в том числе 4 – в изданиях, рецензируемых и рекомендуемых ВАК.

Структура и объем работы

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы, насчитывающего из 87 наименований. Общий объем работы составляет 168 страниц, включая 116 рисунков и 34 таблиц.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **Введении** обосновывается актуальность работы, рассматривается современное состояние исследуемой проблемы, формулируются цели и задачи диссертационной работы, перечисляются положения, выносимые на защиту, определяется теоретическая и практическая значимость работы, ее новизна, а также кратко излагается содержание диссертации.

В **первой главе** работы приводится физико-географическая характеристика Армении, обзор научной литературы по образованию осадков и обильных осадков на территории Армении.

Образование осадков и обильных осадков на территории Армении в основном обусловлено сложным взаимодействием атмосферной циркуляции с горным рельефом республики. При выпадении обильных осадков на территории Армении, как правило, наблюдаются фронтальные процессы, активная циклоническая деятельность или внутримассовые процессы.

В первой главе также рассматриваются неблагоприятные и опасные метеорологические явления, которые могут быть связаны с обильными осадками.

Во **второй главе** приводится анализ синоптических процессов при выпадении обильных осадков на территории Армении, проделанный автором. Анализ синоптических процессов в дни с обильными осадками проводился по данным наблюдений 32 метеорологических станций Армении, фактических приземных и высотных синоптических карт, спутниковых снимков облачности, в отдельных случаях были проанализированы аэрологические диаграммы. За обильные осадки были приняты случаи, когда суточное количество осадков составляло 20 мм и более по данным рассматриваемых метеорологических станций. Синоптический анализ проводился за период с 2001 по 2009 гг., во время которого были проанализированы 885 случаев выпадения обильных осадков на территории

Армении. Результаты синоптического анализа показали, что выпадение обильных осадков наблюдаются при 7 типах синоптических процессов.

В теплый период года выпадение обильных осадков в Армении в основном связано с внутримассовыми процессами, с прохождением холодных фронтов с северо-запада, с выходами циклонов с юго-запада и с волновыми возмущениями на холодном фронте (рисунок 1).

В холодный период года, как и следовало ожидать, отсутствуют обильные осадки, связанные с внутримассовыми процессами (рисунок 2). Доля выходов циклонов с юго-запада при выпадении обильных осадков увеличивается более чем в три раза по сравнению с теплым периодом года (38 и 11 % соответственно). В холодный период года циркуляция атмосферы более часто носит меридиональный характер, в связи с чем создаются благоприятные условия для выходов циклонов с юго-запада.



Рисунок 1 – Распределение случаев выпадения обильных осадков (%) по типам синоптических процессов (теплый период года)



Рисунок 2 – Распределение случаев выпадения обильных осадков (%) по типам синоптических процессов (холодный период года)

В разделах с 2.1 по 2.7 приводится детальная характеристика выделенных типов синоптических процессов и распределение повторяемости обильных осадков по территории Армении при каждом типе процесса.

В качестве иллюстрации рассмотрим синоптический процесс выхода циклонов с юго-запада (Средиземноморские циклоны), представленного в разделе 2.4. При данном типе процесса на востоке Средиземного моря (вблизи острова Кипр) возникает циклон, который в дальнейшем перемещается на северо-восток, на Южный Кавказ.

На рисунке 3 представлена средняя карта атмосферного давления на уровне моря по всем случаям выпадения обильных за холодный период года, связанных с выходом циклонов с юго-запада. Средняя карта давления на уровне моря была построена по данным реанализа ERA-Interim (на рисунке 3 сплошные жирные линии – это изобары, сплошные линии – это положительные изаллобары за 24 часа, пунктирные линии – это нулевые и отрицательные изаллобары за 24 часа). Центр циклона находится юго-

западнее Армении, Армения находится в передней части циклона, где наблюдается сравнительно интенсивное падение давления (до 6 гПа в сутки). В тылу циклона и в передней части гребня антициклона (западнее острова Кипр и над Малой Азией) наблюдается область роста давления (до 5 гПа в сутки).

На средней карте АТ 850 гПа за холодный период года (рисунок 4) центр циклона находится юго-западнее Армении (на рисунке 4 сплошные жирные линии – это изогипсы, пунктирные линии – это изотермы). Конфигурация и направление изотерм на средней карте АТ 850 гПа указывают на интенсивную меридиональную циркуляцию атмосферы при данном типе процесса. Холодные воздушные массы распространяются с северо-востока ЕТР до Черного моря в тыл Средиземноморского циклона. С помощью изотерм можно провести линии атмосферных фронтов Средиземноморского циклона на средней карте АТ 850 гПа. Армения находится под влиянием теплого фронта циклона. Температурный контраст в зоне теплого фронта в среднем составляет от 8 до 10 °С.

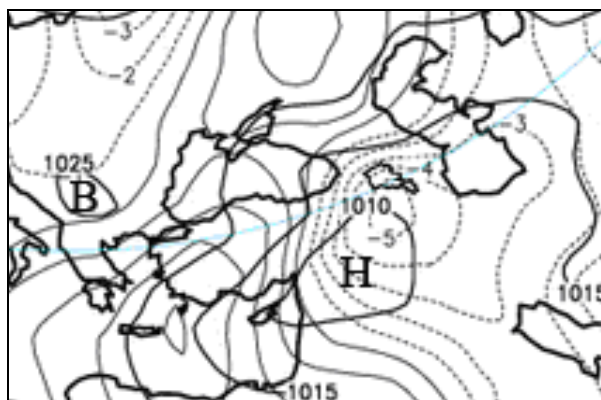


Рисунок 3 – Средняя карта давления на уровне моря (ERA-Interim)

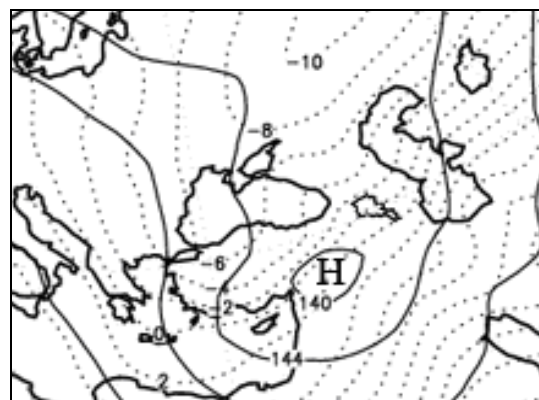


Рисунок 4 – Средняя карта АТ 850 гПа (ERA-Interim)

На рисунке 5 представлена средняя карта АТ 500 гПа для рассматриваемого типа процесса за холодный период года (на средней карте АТ 500 гПа сплошные жирные линии – это изогипсы, сплошные линии – это

положительные изаллогипсы за 24 часа, пунктирные линии – это нулевые и отрицательные изаллогипсы за 24 часа). На средней карте АТ 500 гПа наблюдается глубокая высотная ложбина, ось которой направлена с севера на юг и проходит над Черным морем. Армения находится в передней части высотной ложбины. В передней части высотной ложбины (где расположен циклон у земли) наблюдается интенсивное падение геопотенциальной высоты (в среднем от 6 до 8 дам в сутки).

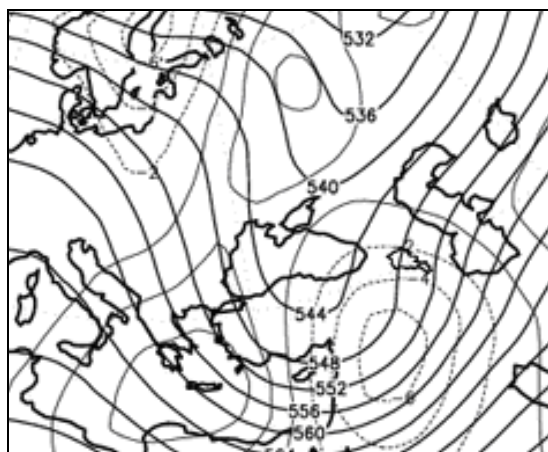
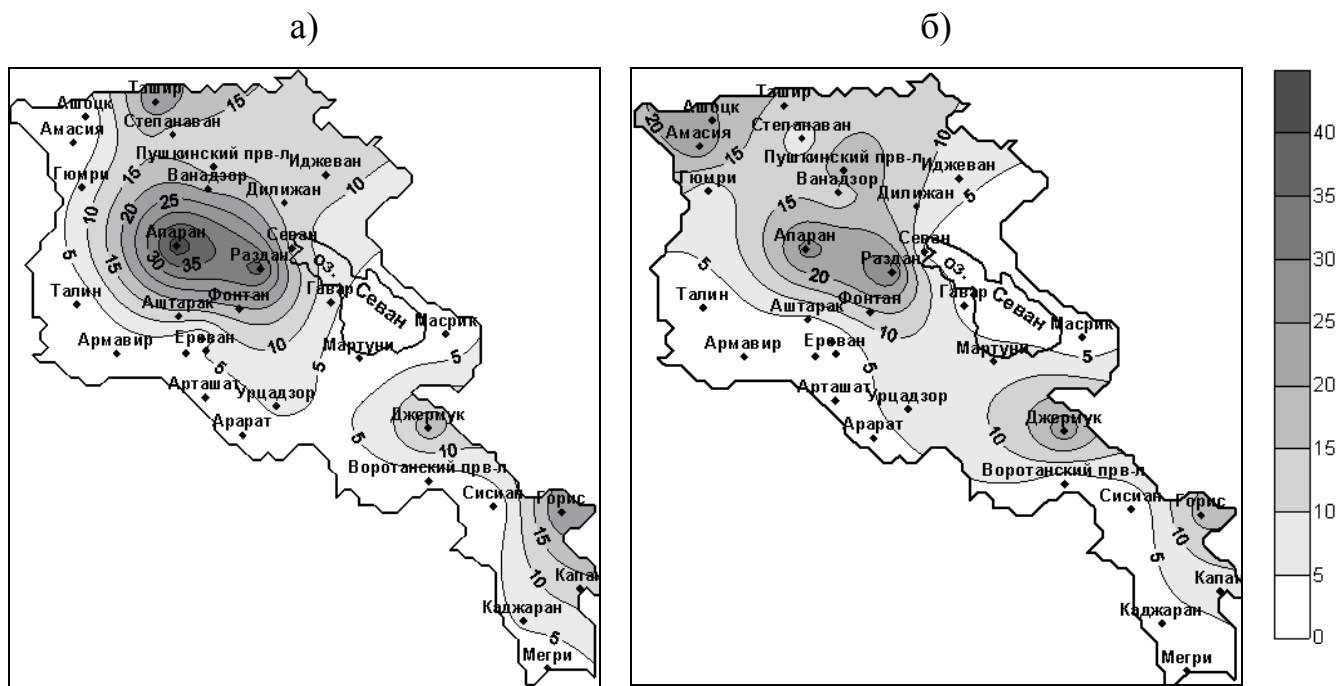


Рисунок 5 – Средняя карта АТ 500 гПа (ERA-Interim)

Распределение повторяемости обильных осадков по территории Армении при выходах циклонов с юго-запада для холодного и теплого периода года представлено на рисунках 6а и 6б соответственно (при расчете повторяемости рассматривались только дни с обильными осадками). Чаще всего обильные осадки выпадают на станциях Апаран и Раздан, которые расположены в верхних течениях долин рек Касах и Раздан соответственно. Повторяемость обильных осадков на этих станциях составляет от 38 до 44 % и от 28 до 31 % в холодный и теплый период года соответственно. Долины рек Касах и Раздан усиливают конвергенцию воздушных масс и способствуют выпадению обильных осадков. Сравнительно большая повторяемость обильных осадков наблюдается в предгорных и горных районах юго-востока (станции Горис и Джермук). Низкая повторяемость

обильных осадков наблюдаются на северо-востоке республики, в Араратской долине (станции Армавир, Арарат, Арташат, Ереван), в бассейне озеро Севан и в долинных районах юго-востока (станция Мегри). Проникновение влажных воздушных масс в указанные районы затруднено из-за наличия высоких горных хребтов, которые расположены на пути движения влажных воздушных масс.



а) – для холодного периода года;

б) – для теплого периода года

%

Рисунок 6 – Повторяемость обильных осадков при выходе циклонов с юго-запада

Аналогичные исследования проведено и для остальных шести типов синоптических процессов.

В **третьей главе** приводится применение объективной схемы определения типа циркуляции и сравнение результатов, полученных согласно синоптическому анализу и объективной схеме определения типа циркуляции.

В работе применялась объективная схема определения типов циркуляций, выделенных Ламом. Изначально Ламом были выделены

основные типы циркуляций, которые наблюдаются над Британскими островами. В дальнейшем была разработана объективная схема определения типов циркуляций, выделенных Ламом. Выбор данной схемы обусловлен, во-первых, тем, что она является одной из наиболее применяемых схем. Схема была применена в большинстве странах Европы и в Китае. Во-вторых, схема удобна и проста с точки зрения вычислений и расчетов.

Определение типа циркуляции по объективной схеме основывается на соотношении значений скорости геострофического ветра и результирующего вихря сдвига, а также на направлении геострофического ветра в исследуемом регионе (в данном случае над Арменией и Южным Кавказом). Значения вышеуказанных величин рассчитываются по данным атмосферного давления на уровне моря с помощью конечно-разностных уравнений (в работе были использованы данные реанализа ERA-Interim по атмосферному давлению на уровне моря).

В разделе 3.2 приводится сравнение результатов субъективного синоптического анализа и объективной схемы определения типа циркуляции. Рассмотрим результаты объективной схемы определения типа циркуляции для случаев выпадения обильных осадков, связанных с выходом циклонов с юго-запада (описание которого представлено выше), которое представлено на рисунке 7 (на верхней части рисунка 7 представлено общее число случаев с обильными осадками при выходе циклонов с юго-запада). При данном типе процесса чаще всего обильные осадки наблюдались при типе циркуляции N (в 38 % от всех случаев), при котором над Арменией наблюдаются северные ветры (под ветром имеется в виду геострофический ветер, определенный по данным атмосферного давления на уровне моря). Повторяемость обильных осадков при наблюдении чисто циклонического типа циркуляции (C), когда Армения находится под влиянием циклона, составляет 27 %. В значительных случаях обильные осадки были связаны со смешанными типами циркуляций, при которых наблюдаются циклоничность и северные ветры (CN – 11 %), циклоничность и юго-восточные ветры (CSE – 7 %), циклоничность и северо-

восточные ветры (CNE – 4 %). В 6 % случаев обильные осадки были связаны с типом циркуляции NE, при котором наблюдаются северо-восточные ветры, а в 3 % случаев – тип циркуляции был неопределенный (U).

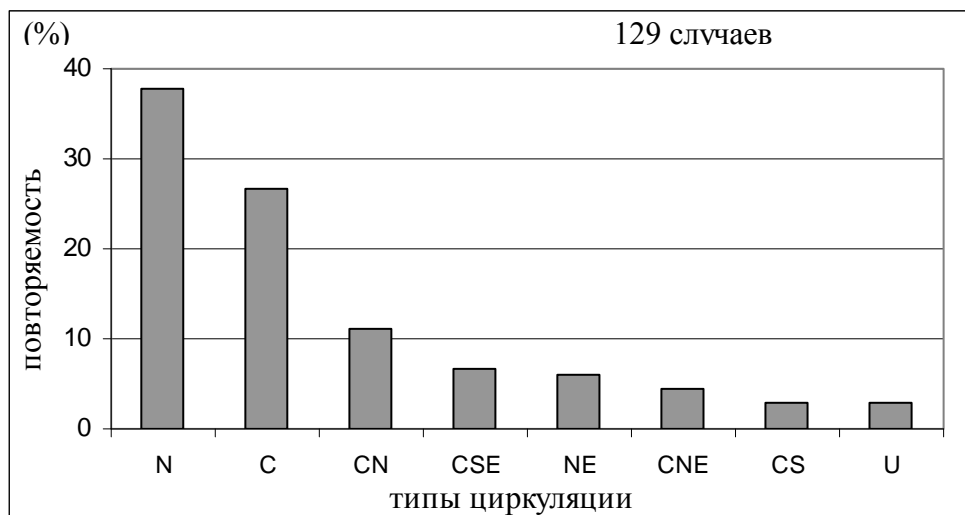


Рисунок 7 – Повторяемость обильных осадков (%), связанных с выходом циклонов с юго-запада, при наблюдении различных типов циркуляций

В **четвертой главе** приводятся различные методы прогноза осадков и обильных осадков на территории Армении.

В **разделе 4.1** рассматриваются возможности разработки синоптико-статистического метода прогноза осадков и обильных осадков с помощью объективной схемы определения типа циркуляции. Существуют удачные примеры применения объективной схемы определения типа циркуляции для прогноза осадков и температуры воздуха в ряде стран Европы и в Китае. Данный вопрос является предметом дальнейших исследований.

В **разделе 4.2** приведен алгоритм прогноза обильных осадков на территории Армении, который основан на синоптическом анализе. Предлагаемый синоптический метод прогноза обильных осадков предполагает выполнение следующих шагов:

а) анализ фактических и прогностических синоптических карт и определение типа синоптического процесса. Если тип синоптического

процесса соответствует одному из типов синоптических процессов, обуславливающих обильные осадки в Армении (описание которых представлено во второй главе работы), то следует переходить к следующим шагам алгоритма, представленных ниже;

б) после определения типа синоптического процесса следует оценить интенсивность процесса, которая в большей степени зависит от значений термобарических градиентов на приземных и высотных синоптических картах. В этом случае следует прогностические синоптические карты сравнить со средними картами для соответствующего типа процесса, представленные во второй главе. Следует сравнить значения давления и геопотенциальной высоты в определенных точках (точки над Ереваном, в центре циклона (или антициклона), в передней части гребня антициклона, в центре высотной ложбины) на прогностических картах со средними значениями давления и геопотенциальной высоты в соответствующих точках, которые приведены во второй главе для каждого типа процесса. В зависимости от интенсивности процесса, при наблюдении одного и того же типа синоптического процесса в одних случаях могут наблюдаться обильные осадки, а в других – нет;

в) интенсивность внутримассовых процессов в большей степени определяется термодинамическими условиями. При наблюдении внутримассовых процессов дополнительно следует проанализировать аэрологическую диаграмму и рассчитать параметры конвекции. Рассчитанные параметры конвекции следует сравнивать с их средними значениями, представленными во второй главе;

г) после определения типа и интенсивности синоптического процесса, надо прогнозировать обильные осадки по территории Армении. Этот завершающий этап прогноза обильных осадков является наиболее сложным, поскольку влияние рельефа на выпадение обильных осадков на территории Армении очень велико. При прогнозе обильных осадков по территории Армении следует использовать карты распределения повторяемости

обильных осадков на территории Армении для каждого типа синоптического процесса, представленных во второй главе.

Представленный выше алгоритм прогноза обильных осадков целесообразно применять для краткосрочных и среднесрочных прогнозов обильных осадков (с заблаговременностью до 7 дней), поскольку прогностические синоптические карты не достаточно хорошо предсказывают синоптические процессы за более длинные периоды прогноза.

В разделе 4.3.2 приведена оценка прогноза количества суточных осадков по данным модели ERA-Interim на территории Армении в дни с осадками за период с 1996 по 2010 гг.

Архив по краткосрочным прогнозам осадков (с заблаговременностью 12 ч) по данным модели ERA-Interim представляет собой прогностические значения количества осадков в сроки 00:00 и 12:00 по Гринвичу по всему Земному шару в узлах регулярной сетки с шагом 1.5° по широте и по долготе. Прогностические данные по осадкам в сроки 00:00 и 12:00 по Гринвичу были суммированы и получены суточные осадки. После чего значения суточных осадков по модели ERA-Interim из узлов регулярной сетки были интерполированы в 30 метеорологических станций на территории Армении с помощью билинейной интерполяции.

Для оценки прогноза количества суточных осадков были посчитаны средняя ошибка, среднеквадратическая ошибка прогноза количества суточных осадков и коэффициент корреляции между количеством прогностических и наблюдаемых осадков по формулам с (1) по (3).

$$ME = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [P_m(i) - P_s(i)], \quad (1)$$

где ME – средняя ошибка прогноза количества суточных осадков, $P_m(i)$ – количество осадков по прогностическим данным в i -й день, $P_s(i)$ –

количество осадков по данным наблюдений в i -й день, n – общее число дней, входящих в оценку прогнозов.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [P_m(i) - P_s(i)]^2}, \quad (2)$$

где $RMSE$ – среднеквадратическая ошибка прогноза количества суточных осадков.

$$R = \frac{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [(P_m(i) - \overline{P_m})(P_s(i) - \overline{P_s})]}{[\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (P_m(i) - \overline{P_m})^2]^{1/2} [\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (P_s(i) - \overline{P_s})^2]^{1/2}}, \quad (3)$$

где R – коэффициент корреляции между количеством прогностических и наблюдаемых суточных осадков, $\overline{P_m}$ – среднесуточное количество осадков по прогностическим данным, $\overline{P_s}$ – среднесуточное количество осадков по данным наблюдений.

Наблюдается связь между количеством осадков и значениями статистических оценок. На рисунке 8 представлен график связи между количеством осадков (норма осадков) и значением ME по выбранным станциям для холодного периода года. Существует достаточно тесная связь между количеством осадков и значением ME с коэффициентом корреляции (r) -0.88. Прогностические значения количества суточных осадков по данным модели ERA-Interim завышены на станциях с небольшим количеством осадков и занижены на станциях, где выпадает большое количество осадков.

Связь количества осадков со значениями RMSE и R слабее (коэффициент корреляции составляет от 0.52 до 0.65, рисунок 9 и 10). Тем не менее, наблюдается увеличение значений RMSE и R с увеличением количества осадков.

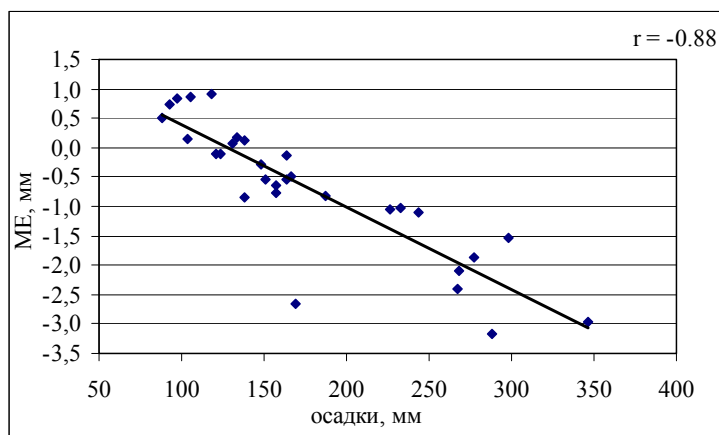


Рисунок 8 – График связи между количеством осадков и значением МЭ.

Холодный период года

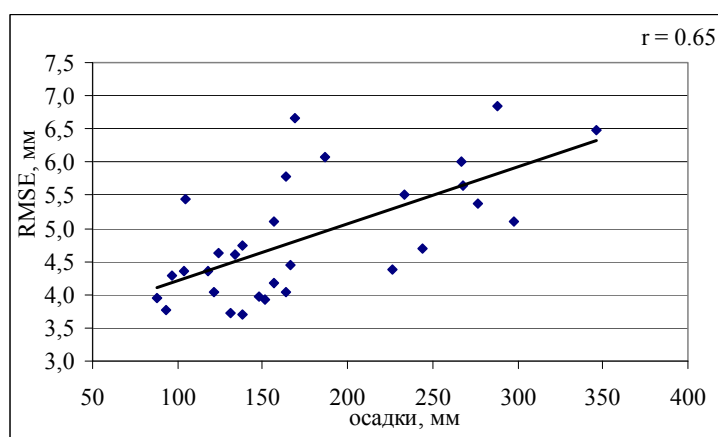


Рисунок 9 – График связи между количеством осадков и значением RMSE.

Холодный период года

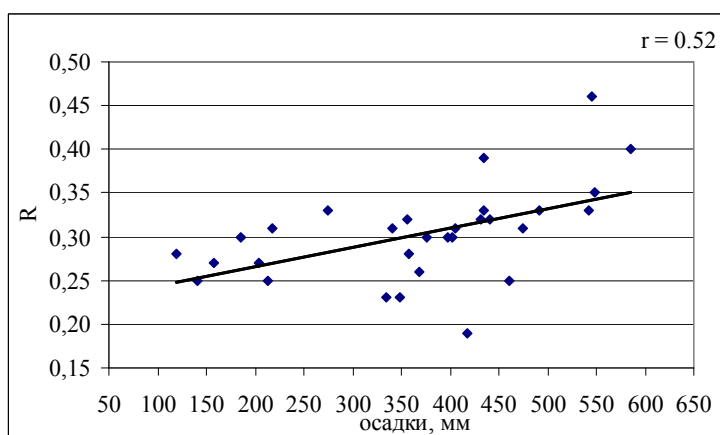


Рисунок 10 – График связи между количеством осадков и значением R.

Теплый период года

Заключение

При выполнении диссертационной работы получены следующие **основные результаты**:

1. Подробный анализ синоптических процессов при выпадении обильных осадков на территории Армении показал, что обильные осадки выпадают при семи типах синоптических процессов.

2. Распределение повторяемости обильных осадков по территории Армении показало, что для большинства типов синоптических процессов, выделяются районы, где влияние рельефа благоприятное на выпадение обильных осадков и наблюдается относительно большая повторяемость обильных осадков (наветренные склоны гор, верхние течения речных долин, направления которых совпадает с преобладающим направлением влажных воздушных масс), а также районы, где влияние рельефа неблагоприятное и наблюдается относительно небольшая повторяемость обильных осадков (подветренные склоны гор, замкнутые котловины).

3. Была применена объективная схема определения типа циркуляции в дни с обильными осадками на территории Армении. Сравнение результатов, полученных по объективной схеме и синоптическому анализу, показало, что в общем, объективная схема неплохо характеризует распределение барического поля при наблюдении каждого типа синоптического процесса. Когда территория Армении находится под влиянием юго-восточной периферии гребня антициклона (при прохождении холодных фронтов) преобладают типы циркуляции N, AN или NE, при которых над Арменией наблюдается северные ветры, антициклоничность и северные ветры или северо-восточные ветры соответственно. При наблюдении циклонической деятельности над территорией Армении (при выходе циклонов, волновых возмущениях на холодном фронте) увеличивается повторяемость типов циркуляций C, CN или CNE, при которых над Арменией наблюдается циклон, циклоничность и северные ветры или циклоничность и северо-восточные ветры соответственно.

4. Представлен алгоритм прогноза обильных осадков, основанный на синоптическом анализе обильных осадков в Армении.

5. Приведена оценка прогноза количества суточных осадков по данным прогностической модели ERA-Interim на территории Армении в дни с осадками. Результаты оценки показали, что в основном в районах, где выпадает сравнительно большое количество осадков, прогностические значения количества суточных осадков являются заниженными относительно наблюдаемых (в среднем от -1 до -3 мм) и наблюдаются сравнительно высокие значения среднеквадратической ошибки прогноза количества суточных осадков (от 5.0 до 8.5 мм). В районах, где выпадает сравнительно небольшое количество осадков, прогностические значения количества суточных осадков являются завышенными (или мало отличаются) относительно количества суточных осадков по данным наблюдений (в среднем от 0.5 до 1.5 мм). Здесь наблюдаются сравнительно низкие значения среднеквадратической ошибки прогноза количества суточных осадков (от 4.0 до 6.5 мм). Наблюдаются сравнительно низкие значения коэффициента корреляции между прогнозом количества суточных осадков по модели ERA-Interim и количеством суточных осадков по данным наблюдений (в основном от 0.25 до 0.50).

Следует отметить, что качество прогнозов количества суточных осадков в холодный период года выше, чем в теплый период года. Последнее может быть связано с увеличением роли конвективных явлений в образовании осадков в теплый период года, которые носят очень сложный характер в условиях горного рельефа республики.

Список публикаций по теме работы

1. Геворгян А.М. Территориальное распределение обильных осадков в Армении // Уч. зап. РГГМУ.–2010.–№ 12.–С.60 – 73.

2. Геворгян А.М. Синоптические условия образования обильных и максимальных осадков в Армении // Труды ГГО.–2010.–Вып. 562.–С.127 – 138.
3. Геворгян А.М. Синоптические условия образования обильных осадков в Армении при прохождении холодных фронтов с северо-запада // Уч. зап. РГГМУ.–2011.–№ 19.–С.71 – 85.
4. Богаткин О.Г., Геворгян А.М. Расчет параметров конвекции при обильных ливневых дождях в Армении // Проблемы летной эксплуатации и безопасность полетов.–2009.–Вып. 3.–С.74 – 79.
5. Геворгян А.М. Определение потерь на смачивание при измерении осадков на территории Армении // Уч. зап. РГГМУ.–2010.–№ 16.–С.77 – 86.
6. Геворгян А.М. Синоптические условия образования обильных осадков в Армении при выходах циклонов с юго-запада // Труды ГГО.–2011.–Вып. 564 (В печати).

