

УДК 551.577, 551.582

ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА ТЕРРИТОРИИ АРМЕНИИ

Мелконян Г.А., Овсепян А.Р., Ирицян А.Р., Халатян Е.С., Геворгян А.М.
Гидрометслужба Армении

Введение

Работа посвящена анализу результатов исследований в области изменения климата, осуществленных в Гидрометслужбе Армении в течение последних двух десятилетий. Результаты этих работ были отражены в Первом и Втором Национальном сообщении Армении по изменению климата. В начале исследований для оценки изменения климата и разработки возможных сценариев на территории Армении были применены эмпирико-статистические методики [1,2], а в последующем использовались результаты Глобальных и Региональных моделей. В работе приводятся некоторые результаты исследований для температуры воздуха и количества осадков, как основных климатических параметров и индикаторов для оценки уязвимости экосистем.

Изменение климата является одной из важнейших глобальных проблем 21-го века, которая выходит за рамки научных проблем и представляет собой комплексную межотраслевую научную задачу, которая охватывает экологические, экономические и социальные аспекты. В Армении исследования в этой области осуществлялись, начиная с 1995 года изучением наблюдаемых изменений климата, разработкой сценариев его будущих изменений и полученные результаты имели практическое применение для расчетов уязвимости экосистем, а также разных секторов экономики. Однако, первоначальные оценки были ориентировочными, и содержащими значительную погрешность. Впоследствии, с накоплением данных и применением моделей разных масштабов была поставлена задача для разработки более реалистических сценариев.

Климат Армении

Климат Армении крайне разнообразный, что обусловлено сложным, горным рельефом. Характерно ярко выраженное чередование по вертикали 6-и основных климатических зон от сухого субтропического до сурового высокогорного. Средняя годовая температура воздуха равна 5,5 °С, среднее годовое количество осадков 592 мм. В низинах средняя температура воздуха в июле и августе достигает 24-26 °С, а в высокогорном поясе даже в летние месяцы средняя температура не поднимается выше 10 °С. В январе температура в зависимости от высоты и особенностей рельефа колеблется в пределах от минус 13 °С до плюс 1°С. Абсолютный минимум температуры - 42 °С зарегистрирован на севере страны, а абсолютный максимум составляет 43.7 °С.

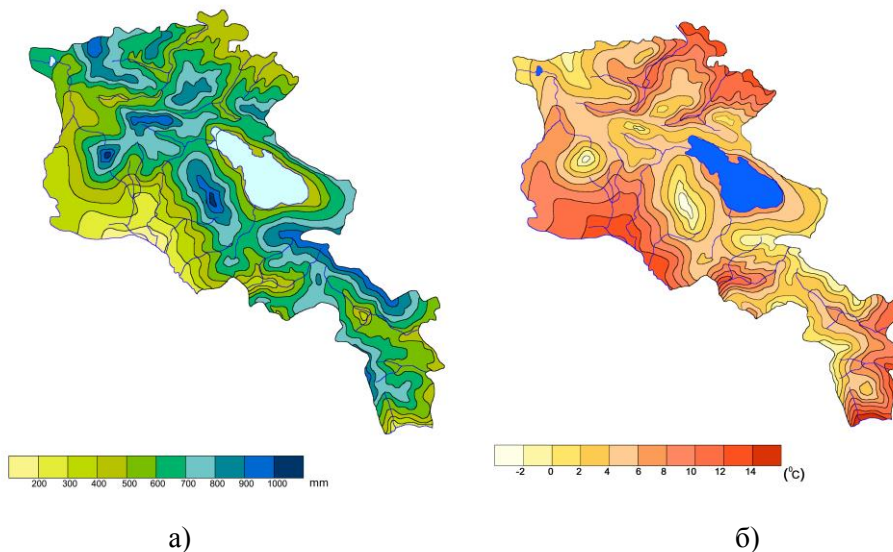
Атмосферные осадки на территории страны распределены крайне неравномерно. На высоте 3000 м над у.м. и выше количество осадков составляет около 800-1000мм, а на средних высотах выпадает около 400-600мм. Около 70 % годового количества осадков выпадает весной и в начале лета.

Используя месячные, сезонные и годовые данные температуры и осадков периодически анализируются как текущие аномалии, так и тренды изменения для отдельных регионов, и для всей территории Армении в целом. 1961-1990 используется как базовый период (рис 1). Для улучшения результатов используемые методики периодически обновляются.

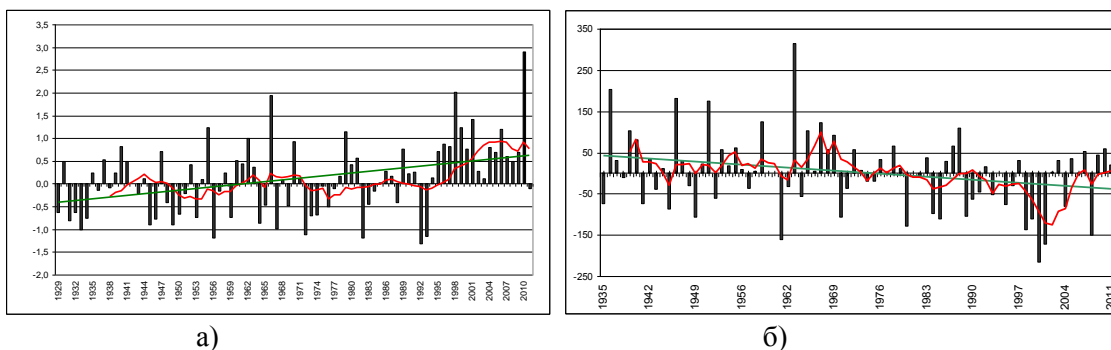
Ниже приводятся некоторые результаты, полученные разными методами.

С помощью **эмпирико-статистического анализа** температуры приземного слоя и количества осадков [1] оценено, что температура воздуха на всей территории Армении за 1935-1996 гг. в годовом разрезе выросла на 0.4 °С, а количество осадков в среднем уменьшилось на 5.8 % относительно их норм 1961-1990 гг., причем количество осадков уменьшилось в теплый период (апрель-октябрь), а увеличилось в холодный период (ноябрь-март). Используя зависимости увеличения аномалий приземной температуры воздуха от изменения концентрации углекислого газа в атмосфере, по сценарию IS92с МГЭИК, было получено, что температура воздуха повысится на 0.84 °С до 2025 г., на 1.3 °С до 2050 г., и на 1.73 °С к концу столетия. Количество осадков соответственно уменьшится на 2.9 % к 2025 г., на 5.4 % к 2050 г., и на 10.3 % к 2100 г.

Дальнейший анализ рядов данных гидрометеорологических наблюдений показал, что темпы изменения годовой и сезонной температуры воздуха значительно увеличились по отношению к средним за 1961-1990 гг. Так, за период 1935-2007 гг. средняя годовая температура воздуха повысилась на 0,85 °С, а за 1935-2011 гг. – на 1,03 °С (рис. 2). Причем, отклонения средней годовой температуры по отношению к норме (1961-1990гг) за период 1994-2011 гг. были только положительные, и их средняя составляет 0,9 °С. 2010 год был самым теплым ($\Delta T = 2,9$ °С), а 1998 г. – вторым самым теплым годом ($\Delta T = 2,0$ °С) за весь период наблюдений. Годовая сумма атмосферных осадков за те же периоды соответственно уменьшилась на 6 %, 8,5 % и 13 % от нормы.



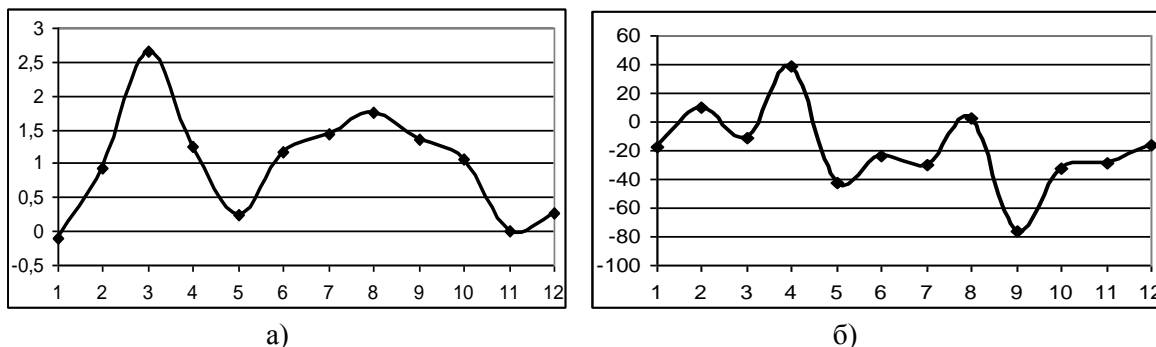
ա) б)
Рис. 1. Средняя годовая температура воздуха (°C) а) и среднее годовое количество осадков (мм) б) за 1961-1990 гг.



а) б)
Рис. 2. Отклонения среднегодовой температуры (а) и количества годовых осадков (б) от их норм за 1961-1990 гг.

Для анализа годового хода изменения температуры и осадков нами были оценены изменения температуры и осадков по месяцам для всех 47 действующих станций за период 1935-2008 гг. по отношению к их нормам 1961-1990 гг. [3].

Как видно из рисунка 3, в годовом разрезе максимальный рост температуры воздуха 2.6 °C отмечается в марте, а в ноябре и январе изменений не наблюдалось. В весенние месяцы в Армении наблюдается некоторое увеличение количества осадков, в частности в апреле на 40мм. В остальные же месяцы количество осадков значительно уменьшилось (максимальное уменьшение в сентябре).



а) б)
Рис. 3. Годовой ход изменения средних месячных температур а) и осадков б) за 1935-2008 гг. по отношению к норме 1961-1990 гг.

Анализ результатов климатических моделей

Для получения наиболее детальной информации об изменении климата и разработки сценариев в региональном масштабе использовались данные модели PRECIS, разработанные в Центре Хедли (UK MetOffice), с горизонтальным шагом (25x25 км). В качестве входных данных этой модели были использованы выходные данные глобальной модели HadAM3P.

В работе были использованы результаты модели PRECIS для базового периода 1961-1990 гг., и проекции будущего климата (2071-2100 гг.) для сценария выбросов A2. Сравнение результатов модельных расчетов с фактическими нормами осадков и температуры за 1961-1990гг. показало высокое качественное соответствие полей температуры и осадков. Но в смысле абсолютных значений должным образом оценить ошибку невозможно, что обусловлено наличием только осредненных значений, которые были учтены при разработке прогнозов будущего климата на 2071-2100 гг. На основе полученных результатов были разработаны сценарии изменения климатических параметров, которые представлены в таблице 1 (результаты для 2030 и 2070 г. в данной статье не приводятся). Согласно этому сценарию и поведению фактических климатических изменений на территории Армении, в таблице 1 приведены сценарии температуры и осадков, на основании которых была оценена уязвимость экосистем. Полученные результаты показывают, что в Армении ожидается рост температуры воздуха как в сезонном, так и в годовом разрезе. Этот рост будет иметь максимальное значение летом, на 4-6 °С. В разных районах Армении рост температуры различен: в западных и центральных районах (особенно в Араратской долине) ожидается более высокий рост, чем в других частях страны, в предгорьях температура поднимется умеренно. Ожидаются также существенные изменения количества осадков. В особенности летом количество осадков резко уменьшится. В другие сезоны распределение колебаний осадков похоже, но имеют определенную разницу абсолютных величин. Наибольшее изменение осадков ожидается весной. Возможное уменьшение осадков ожидается в долинах, в частности в Араратской долине. В предгорьях, горных районах и в западной части бассейна озера Севан ожидается некоторое увеличение. Обобщая результаты можно заключить, что на территории Армении с запада на восток друг за другом следуют пояса зоны роста и уменьшения осадков, что обусловлено фактором обтекаемости рельефа. Уменьшение количества осадков в некоторых районах приведет к дефициту водных ресурсов, для предотвращения этого необходимо предпринять ряд адаптационных мероприятий, а также увеличить эффективность управления водными ресурсами.

Таблица 1.Изменения сезонной и годовой температуры (°С) и осадков (%)по региональной модели PRECIS

<i>Температура °С</i>					
<i>Район</i>	<i>Зима</i>	<i>Весна</i>	<i>Лето</i>	<i>Осень</i>	<i>Годовые</i>
Северо-Восточный	4	4	4,5	2	3,6
Бассейн озера Севан,	5	3,5	6	6	5,1
Ширак	4	4	4,5	5	4,4
Апаран-Раздан	5,5	7	3	5	5,1
Араратский	4	5,5	2	3	3,6
Вайк	6	6	6	6	6,0
Сюник	2	2,5	4	3	2,9
Армения	4,4	4,7	4,2	4,3	4,4
<i>Осадки, %</i>					
Северо-Восточный	20	5	-25	20	0,8
Бассейн озера Севан, Восточная часть	-20	-10	-25	-5	-14,6
Бассейн озера Севан, Западная часть	20	10	-15	15	5,5
Ширак	-30	-30	-20	-10	-23,4
Апаран-Раздан	-30	-20	-30	-20	-24,6
Араратский	-35	-25	-35	-25	-28,8
Вайк	-30	-30	-25	10	-21,3
Сюник	40	30	15	40	30,5
Арагац	30	30	5	35	26,3
Армения	-7,2	-8,1	-18,9	3,2	-8,7

Сопоставление результатов полученных в странах Южного Кавказа [4,5,6] по PRECIS-у показало, что имеют место некоторые расхождения при оценке изменения количества осадков. Так, в Армении и Грузии в среднем ожидается уменьшение количества осадков приблизительно на 10 %, а в юго-восточных районах Азербайджана количество осадков увеличится почти на 80 %. Эта оценка позволяет предположить, что причиной этого расхождения могут служить некоторые недостатки модели PRECIS при воспроизведении осадков.

Для выяснения отмеченной выше неопределенности были изучены результаты глобальных климатических моделей [7]. В результате были выявлены модели (HadCM3, ECHAM5, GISS ER, и GFDL), которые

наиболее успешно воспроизводят поля осадков и температуры на территории Южного Кавказа. Эти модели достаточно хорошо моделировали годовой ход температуры и осадков с сезонным пиком температуры летом, и максимумом осадков в апреле-мае. Для анализа этих моделей были использованы вычислительные ресурсы Института информатики и проблем автоматизации Академии Наук Армении.

Согласно оценкам этих моделей, при сценарии A2 ожидается, что во всех трех странах региона к концу века количество осадков сократится на 20-30% - в Армении, на 5-25% - в Азербайджане, и на 0-25% - в Грузии. Прогнозируемое изменение среднегодовой температуры для Армении, Азербайджана и Грузии по этим моделям к 2100 году составит 4.4°C- 5.5°C, 3.6°C-4.1°C и 4.1°C -5.5 °C соответственно (таблица 2).

Из вышеописанного можно заключить, что изменение температуры и осадков по результатам региональных и глобальных моделей достаточно близки, но имеются некоторые различия в количественном отношении.

Таблица 2. Аномалии температуры и осадков между периодами 2080-2099 гг. и 1980-1999 гг. по государствам Южного Кавказа, рассчитанные по лучшим четырем моделям

Модель	Характеристика	Армения	Азербайджан	Грузия
HadCM3	Температура, °C	5.5	4.1	5.5
	Осадки, %	-22	-10	-11
ECHAM5	Температура, °C	5.2	4.0	4.3
	Осадки, %	-20	-5	0
GFDL2.1	Температура, °C	4.4	3.6	4.1
	Осадки, %	-31	-15	-24
GISS ER	Температура, °C	4.8	4.1	4.8
	Осадки, %	-20	-23	-20

На основе полученных сценариев изменения климата была оценена уязвимость экосистем (водных ресурсов, лесов) и секторов экономики (сельского хозяйства, здравоохранения).

ՏՐՈՒՄԻՆՈՒԹՅԱՆ – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Melkonyan H.A., Zoryan Z.A., Hayrapetyan K.A., et. al. Estimation of Global Climate Change in the Republic of Armenia and Assessment of Vulnerability of Ecosystems, 2nd European Conference on Applied Climatology, 1998, Vienna, Austria ISSN. 1016-6254.
2. Мохов И.И., Елисеев А.В., Семенов В.А. Возможные сценарии изменения климата в Армении, с использованием результатов численных экспериментов с климатической моделью ИФА РАН. Сборник статей “Армения – Проблемы изменения климата”, Ереван, 1999, с. 22-37.
3. Мелконян Г.А., Шиндян С.С., Естественные и антропогенные климатические изменения на территории Армении. Ученые записки Ереванского государственного университета, Ереван, 2009, с.31-37.
4. Georgia’s Second National Communication to UNFCCC, (2009) Ministry of Environment Protection and Natural Resources and United Nation Development Programme
5. Second National Communication of the Republic of Armenia Under The United Nations Framework Convention On Climate Change, (2010) Ministry of Nature Protection of the Republic of Armenia
6. Second National Communication of the Republic of Azerbaijan to UNFCCC, (2010) Ministry of Natural Resources and Ecology of Azerbaijan
7. Исследование регионального воздействия изменения климата для региона Южного Кавказа Тбилиси 2011

UDC 551.577, 551.582

CLIMATE CHANGE ASSESSMENT IN ARMENIA./ Melkonyan G., Ovsepyan A., Irityan A., Khalatyan E., Gevorgyan A./ Transactions of the Institute of Hydrometeorology, Georgian Technical University. -2013. -V.119. -pp.33-37-Russ.; Summ. Eng., Russ.

The paper considers present and future climate change in Armenia and Southern Caucasus. It has been found that the increase in annual temperature in Armenia consists 0,4 0C, 0,85 0C and 1,03 0C for 1935-1996, 1935-2007 and 1935-2011 periods correspondingly. Annual precipitation amount in Armenia has been decreased by 6 % 8,25 % и 13 % for the mentioned periods relative to the 1961-1990 precipitation norm. Detailed analysis of temperature and precipitation predictions obtained from regional PRECIS model output data is presented for different regions of Armenia. Validation of different global models made it possible to identify most successful models being able to capture spatial variability of temperature and precipitation in Southern Caucasus (HadCM3, ECHAM5, GISS ER и GFDL).

УДК 551.577, 551.582

ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА ТЕРРИТОРИИ АРМЕНИИ./ Мелконян Г.А., Овсепян А.Р., Ирицян А.Р., Халатян Е.С., Геворгян А.М./ Сб. Трудов Института Гидрометеорологии Грузинского Технического Университета. - 2013.-т.119.-с.33-37-Рус., Рез. Англ., Рус.

Работа посвящена анализу результатов исследований в области изменения климата осуществленных в Гидромет-службе Армении в течение последних двух десятилетий. Используя месячные, сезонные и годовые данные температуры и осадков периодически анализируются как текущие аномалии, так и тренды изменения для отдельных регионов, и для всей территории Армении в целом. В качестве базового периода принимается 1961-1990 гг. Результаты оценки изменения температуры воздуха показали, что среднегодовая температура воздуха на территории Армении в среднем повысилась на 0,4 °С за период 1935-1996 гг., на 0,85 °С за период 1935-2007 гг., на 1,03 °С за период 1935-2011 гг. Годовая сумма осадков за указанные периоды уменьшилась на 6 % 8,25 % и 13 % соответственно относительно нормы. В статье приводится детальный анализ результатов прогноза температуры воздуха и осадков для отдельных регионов Армении по сезонам за периоды до 2030 г., 2070 г. и 2100 г используя данные региональной модели PRECIS. Апробированы результаты глобальных климатических моделей рекомендованные IPCC. В результате были выделены модели, которые наиболее успешно воспроизводят поля осадков и температуры на территории Южного Кавказа (HadCM3, ECHAM5, GISS ER и GFDL) .