

ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА В БАССЕЙНАХ РЕК ВОХЧИ И МЕГРИ

*Г.А. Мелконян, Е.С. Халатян, А.М. Геворгян,
Т.В. Алексанян, А.С. Панян*

*Государственная служба по гидрометеорологии и мониторингу
(Армгосгидромет), г. Ереван
hamlet_melkonyan@yahoo.com*

Использованные данные

Область Вайоц Дзор находится на юго-востоке Армении и включает в себя бассейны верхнего и среднего течения реки Арпа (рис. 1 а). Она представляет собой широкую длинную котловину, окруженную горными хребтами Вайк и Зангезур и горными щитами Вардениса и Карабаха (рис. 1 б). Область открыта только на западе, где имеет выход к Среднеараксинской обширной межгорной котловине. Самая низкая точка области – 920 м находится в долине реки Арпа, а наивысшая точка – 3520 м – горная вершина Варденис.

Из-за многообразия рельефа в области присутствует вертикальная поясность. Здесь выделяются следующие ландшафтные пояса: низменный (до 1400 м) с полупустынными и сухими пустынными ландшафтами, средняя высота (1400–2800 м) с ландшафтами горных степей и возвышенный (выше 2800 м) с ландшафтами альпийских лугов и тундры.

Для климатических исследований территории использовались данные наблюдений всех шесть метеорологических станций и девять постов. Топографическая карта и расположение метеорологических станций и постов представлены на рис. 1. Сейчас в области действует три метеорологические станции: Арени (высота 1066 м н.у.м., действует с 1950 г., за исключением 1988–2002 гг.),

Джермук (высота 2066 м н.у.м., действует с 1955 г.) и Воротанский перевал (высота 2387 м н.у.м., действует с 1955 г., в 1995–1999 гг. наблюдения не проводились) [7].

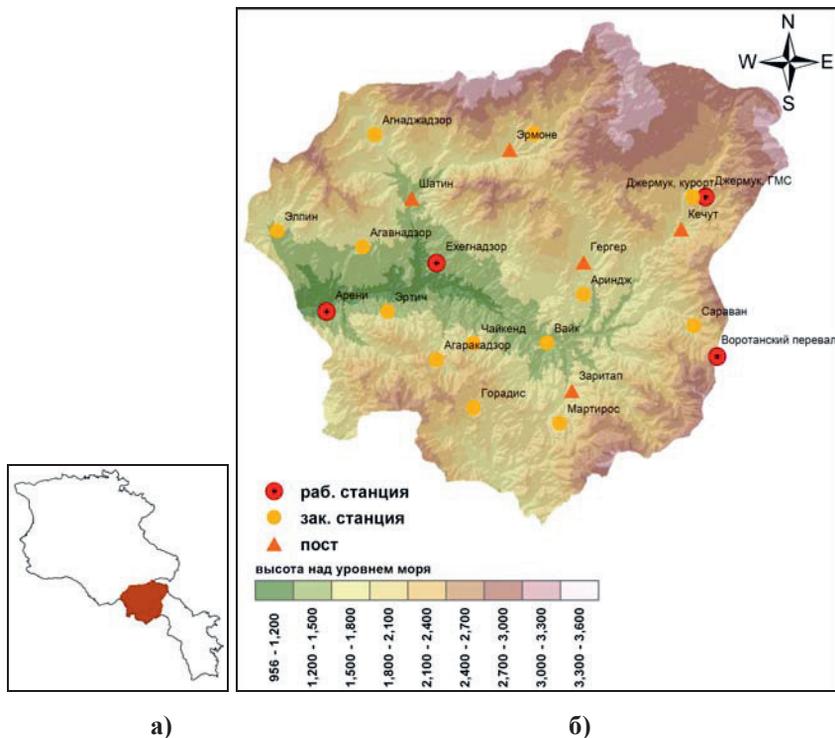


Рис. 1. Расположение области Вайоц Дзор на территории Армении (а) и сеть метеорологических станций области Вайоц Дзор (б).

С целью уменьшить неточности, связанные с данными за периоды наблюдений, осуществлялся детальный контроль качества данных, уточнены ошибки. Была обеспечена также однородность рядов наблюдений, применяя соответствующие коэффициенты. Одновременно при помощи данных метеорологической станции Ехегнадзор были восстановлены ряды наблюдений температуры и атмосферных осадков станции Арени за пропущенные годы.

Наблюденные климатические изменения в области (1950–2013 гг.)

Для оценки изменения температуры воздуха и количества осадков в области здесь использовались среднемесячные и годовые данные наблюдений метеорологических станций Джермук и Арени. Как видно из рис. 2, средняя годовая температура воздуха в Арени за отмеченный период по отношению к норме 1961–1990 гг. выросла на 1,2 °С (норма 12,2 °С), а в Джермуке – на 0,8 °С (норма 4,7 °С). Для оценки статистической значимости этих тенденций был осуществлен анализ Ман-Кендала, результаты показывают, что тенденции изменения температуры воздуха статистически значимы, особенно для станций Арени, Ехегнадзор.

Анализируя изменения количества осадков на метеорологических станциях Арени и Джермук за тот же период, можно заметить, что годовое количество осадков по отношению к среднему за 1961–1990 гг. в Арени уменьшилось на 5,3 % (норма 341 мм), в Джермуке – на 4,3 % (норма 778 мм) (рис. 3). Однако применяя анализ статистической значимости Ман-Кендала обнаружено, что эти тенденции статистически не значимы.

С точки зрения климата наибольшее значение представляют экстремальные климатические явления, которые имеют большое воздействие на экосистемы (водные ресурсы, сельское хозяйство, здравоохранение и т.д.). Были проанализированы частота и интенсивность изменений этих явлений, используя программный пакет Rclimdex [8].

По данным максимальной, минимальной температуры и суточных значений атмосферных осадков на метеорологических станциях области Арени, Джермук и Воротанский перевал за 1956–2013 гг. были рассчитаны следующие климатические индексы:

- FD0 – число холодных дней;
- SU25 – летние дни;
- GSL – длительность вегетационного периода;
- RX5days – максимальное количество осадков за 5 дней;
- R25 – число дней с обильными осадками;
- CDD – последовательное число сухих дней.

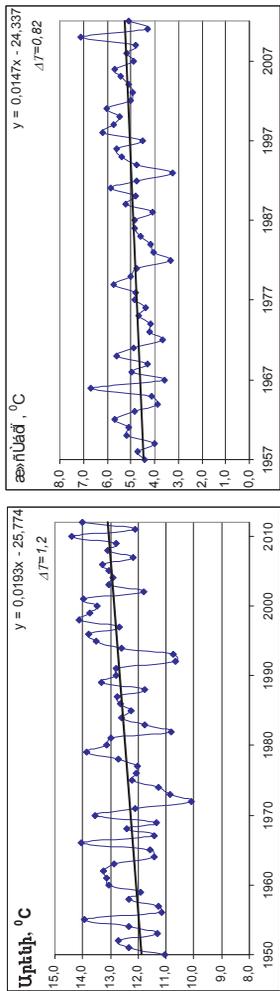


Рис. 2. Изменения средней годовой температуры воздуха на метеорологических станциях Арени (1950–2012 гг.) (слева) и Джермук (1957–2012 гг.) (справа) по отношению к норме 1961–1990 гг.

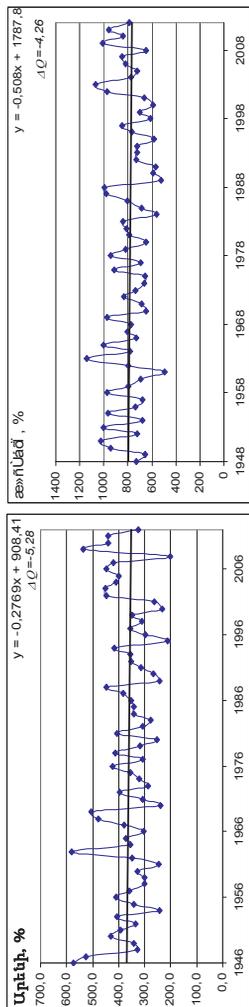


Рис. 3. Изменения количества годовых осадков на метеорологических станциях Арени (1946–2012 гг.) (слева) и Джермук (1948–2012 гг.) (справа) по отношению к норме 1961–1990 гг.

Проанализировав изменения индексов трех станций за данный период, оценены тенденции их увеличения и уменьшения и количественные изменения. Результаты показывают, что для разных станций изменения индексов имеют разные тенденции. Так, число холодных дней (FD0) в Арени и Воротанском перевале уменьшилось, соответственно, на 11 и 20 дней, а в Джермуке увеличилось на 4 дня. Число летних дней (SU25) увеличилось в Арени на 18, в Джермуке на 20, а в Воротане на 2 дня. Длительность вегетационного периода (GSL) в области также увеличилась: в Арени на 23, в Джермуке на 15, а в Воротане на 11 дней. Максимальное количество осадков за 5 дней (RX5days) в Арени увеличилось на 12 мм, а в Джермуке в Воротане уменьшилось, соответственно, на 5 и 8 мм. Последовательное число сухих дней (CDD) в Арени и Джермуке увеличилось на 4, в Воротане на 10 дней.

Для города Джермук оценены изменения теплых и холодных волн, здесь теплыми/холодными волнами считаются те случаи, когда в течение пяти и более дней максимальная/минимальная суточная температура более чем на 3 °C была выше/ниже относительно средней суточной максимальной/минимальной нормы за 1961–1990 гг. Длительность теплых и холодных волн – это число последовательных дней. Результаты показывают, что за наблюдаемый период в Джермуке число случаев теплых волн увеличилось на 18, а число холодных волн уменьшилось на 21.

Рассчитаны также среднее число и длительность наблюдаемого сухого периода в вегетационный период. Сухим считается тот период, когда последовательно в течение 10 и более дней суточное количество осадков меньше 1 мм. Анализ показывает, что на станции Джермук в вегетационный период частота случаев сухого периода за 1981–2011 гг. существенных изменений не претерпела – уменьшилась всего на 1 случай. Однако суммарная длительность сухих периодов за тот же промежуток времени уменьшился почти на 24 дня.

Область Вайоц Дзор – один из сельскохозяйственных регионов Армении, следовательно, здесь чрезвычайно важна правильная оценка и прогнозирование засушливых условий. Принимая за основу это обстоятельство, было осуществлено изучение засухи, для

чего были применены различные методики. Здесь приводится оценка засухи в период 1960–2014 гг. по данным метеорологической станции Арени области Вайоц Дзор согласно гидротермическому коэффициенту Селянинова. Засуха оценивается за период от 2-й декады апреля до 2-й декады октября. Для оценки засухи мы использовали ряд индексов, и они были классифицированы: отсутствие засухи, слабая, средняя, сильная и очень сильная засуха. В рассмотренный период суммарное количество очень сильных и сильных засух по декадам выросло на 0,4 случая. Значения случаев засух колеблются в Арени в интервале 3–11, максимальное число случаев в Арени было отмечено в 1990 году – 11 случаев, минимальное в 1963 году – 3 случая. Наиболее опасным является период, когда засушливые условия отмечаются в течение нескольких декад подряд. Так, в Арени последовательно повторяющиеся засушливые декады наблюдались в 1978 году – 9 декад, в 2010 году – 6 декад.

Изменение климата в области в будущем

Для оценки будущих изменений климата нами были использованы результаты региональной модели PRECIS в этой области. Эти результаты были сравнены с данными фактических наблюдений. Согласно результатам модели PRECIS, при сценарии выбросов A2 прогнозируется наибольший рост температуры воздуха в области Вайоц Дзор. Для оценки пространственного распределения изменения температуры воздуха было осуществлено статистическое перемасштабирование (даунскейлинг), для которого были оценены температурные градиенты воздуха (изменение температуры на каждые 100 м высоты) в годовом и месячном разрезе на основании базовых (1961–1990 гг.) средних значений метеорологических станций Арени и Воротан.

Температурный градиент в холодные месяцы значительно меньше (0,5 °C/100 м), чем в теплые месяцы (0,9 °C/100 м), что обусловлено стратификацией атмосферы. На основании значений градиентов восстановлены средние значения температуры воздуха за 1961–1990 гг. на территории области. Полученные результаты

были сравнены с наблюдаемыми фактическими данными станций, расположенных на разных высотах, оценены отклонения между ними, максимальное значение которых составило 0,5 °С летом и 0,3 °С зимой, что находится в пределах допустимой неточности. Принимая за основу изменение температуры по высоте, были составлены карты распределения температуры в системе ГИС. Такое распределение температуры в области Вайоц Дзор полностью соответствует ее климатической картине. Климатические и прогнозируемые значения средней годовой температуры приведены в таблице. Карты пространственного распределения температуры за 1961–1990 и 2071–2100 гг. представлены на рис. 4.

Как видно из рис. 4 и таблицы, в области ожидается постоянный непрерывный рост температуры воздуха, и до 2100 г. на территории области потеплеет приблизительно на 6 °С. Средняя годовая температура в бассейне реки Арпа достигнет 16–18 °С, а в возвышенных местах – около 8–10 °С.

Таблица

Средняя базовая (1961–1990 гг.) и прогнозируемая для 2030, 2070 и 2100 гг. годовая температура воздуха и количество осадков по результатам модели PRECIS

Станция	Температура воздуха (°С)				Количество осадков (мм)			
	Норма	2030	2070	2100	Норма	2030	2070	2100
Джермук	4,8	6,2	8	10,8	779	719,0	657,5	613,1
Арени	12,3	13,7	15,5	18,3	385	355,4	324,9	303,0
Ехегнадзор	10,8	12,2	14	16,8	417	384,9	351,9	328,2
Мартирос	6,9	8,3	10,1	12,9	618	570,4	521,6	486,4
Воротанский перевал	2,7	4,1	5,9	8,7	667	615,6	562,9	524,9
Вайоц Дзор	10,4	11,8	13,6	16,4	411	379,4	346,9	323,5

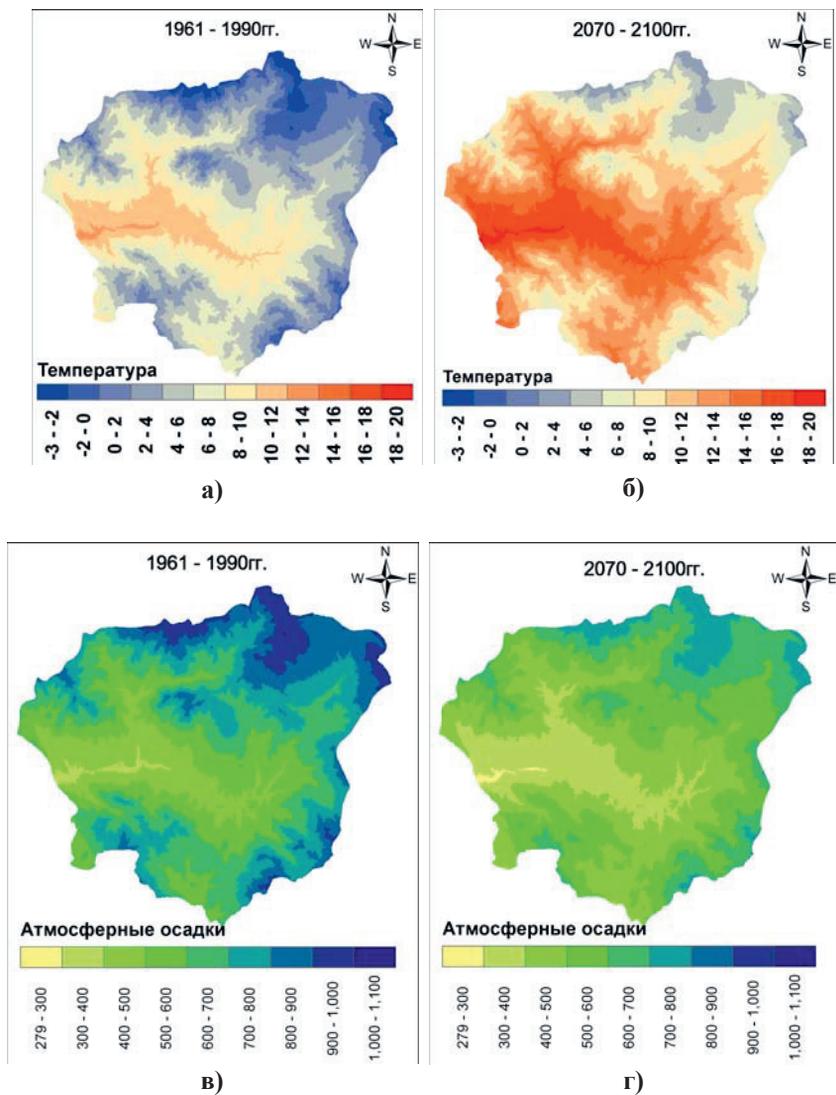


Рис. 4. Пространственное распределение средней годовой температуры воздуха (а, б) и атмосферных осадков (в, г) в области Вайоц Дзор базовое (1961–1990 гг.) и прогнозируемое (2070–2100 гг.).

Для оценки распределения осадков на территории области использовалось изменение количества осадков по высоте. Рассчитано количество месячных и годовых осадков в области за 1961–1990 гг. и посредством ГИС составлены карты пространственного распределения осадков (рис. 4 в). Используя подход, что и для температуры, и принимая за основу модельные результаты PRECIS, составлены карты распределения осадков и для 2070–2100 гг. (рис. 4 г). Следует отметить, что модельный прогноз осадков содержит много неопределенностей.

Заключение

Результаты данного исследования показывают, что оценка изменений климата в Армении является актуальной и приоритетной задачей. Результаты оценок фактических и ожидаемых изменений температуры в регионе Вайоц Дзор на юго-востоке Армении указывают на значительное потепление. Согласно наблюдениям, средняя годовая температуры воздуха в долинных частях Вайоц Дзора выросла на 1,2 °C за 1950–2013 гг. по отношению к норме 1961–1990 гг., а в возвышенных частях – на 0,8 °C. В предыдущих работах [1, 3, 4] авторами также было показано, что на территории Армении наблюдается значительный рост температуры, причем максимальный рост приходится на летний сезон. В отличие от температуры, изменения осадков являются статистически не значимы. Годовое количество осадков по отношению к среднему за 1961–1990 гг. уменьшилось на 4–5 %. Следует отметить, что наблюдается увеличение числа засух и тепловых волн в исследуемом регионе. Данные модели PRECIS показывают, что область будет иметь новую климатическую картину. Температура воздуха в Вайоц Дзоре в конце XXI века может увеличиться на 6 °C относительно нормы 1961–1990 гг. Однако эти результаты нужно принимать как ориентировочные, учитывая существующие неопределенности. Сценарии будущего изменения температуры воздуха и атмосферных осадков явились основой для оценки уязвимости экосистем в области в Национальных докладах по изменению климата.

Список использованных источников

1. Мелконян Г.А., Овсепян А.Р., Ирицян А.Р., Халатян Е.С., Геворгян А.М. Оценка изменения климата на территории Армении // Труды Института гидрометеорологии Грузинского технического университета. – 2013. – Т. 119. – С. 33–38.
2. Мелконян Г.А., Халатян Е.С. Изменчивость климатических экстремумов на территории Армении // Научные проблемы и пути их решения: научн. конф. – М., 2009.
3. Gevorgyan A., Melkonyan H.A. Regional impact of the Armenian Highland as an elevated heat source: ERA-Interim reanalysis and observations // *Climate Dynamics*. – 2015. – Vol. 44. – P. 1541–1565. – doi: 10.1007/s00382-014-2236-z.
4. Gevorgyan A. Surface and tropospheric temperature trends in Armenia // *Int. J. Clim.* – 2014. – Vol. 34. – P. 3559–3573. – doi: 10.1002/joc.3928.
5. Jones R.G., Noguer M., Hassell D.C., Hudson D., Wilson S.S., Jenkins G.J., Mitchell J.F.B. Generating high resolution climate change scenarios using PRECIS. – Met Office Hadley Centre, Exeter, UK, 2004. – 40 p.
6. Piani C., Haerter J.O., Coppola E. Statistical bias correction for daily precipitation in regional climate models over Europe // *Theor. Appl. Climatol.* – 2010. – Vol. 99. – P. 187–192. – doi 10.1007/s00704-009-0134-9.
7. Reference book «Climate of Armenia»: Vol. I. Air and soil temperature. Vol. II Atmospheric precipitation and snow cover. Vol. III. Wind and atmospheric pressure. – Yerevan, Armenia, Armstatehydromet, 2011–2013.
8. Zhang X., Yang F. RCLimDex (1.0) User Manual. – Climate Research Branch, Environment Canada, Downsview, Ontario, Canada, 2004.

Поступила в редакцию 15.09.2015 г.