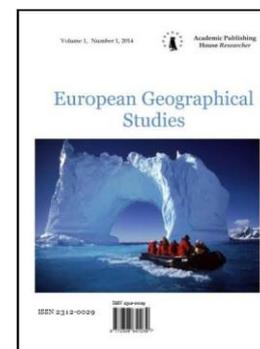


Copyright © 2019 by Academic Publishing House Researcher s.r.o.



Published in the Slovak Republic
European Geographical Studies
Has been issued since 2014.
E-ISSN: 2413-7197
2019, 6(1): 10-20

DOI: 10.13187/egs.2019.1.10
www.ejournal9.com



The Dependence of Precipitation on Air Temperature During Global Warming in Georgia

Elizbar Sh. Elizbarashvili ^{a, b, *}

^a Georgian Technical University, Institute of Hydrometeorology, Georgia

^b Iakob Gogebashvili Telavi State University, Georgia

Abstract

Based on the observations of 60 meteorological stations of Georgia for the period 1936-2015, the effect of air temperature on the pattern of changes in precipitation during global warming was investigated. The regression equations for calculating the characteristics of precipitation depending on the characteristics of temperature were obtained. In the long-term series of temperature and precipitation, oscillations of opposite cyclical nature with the duration of the Brickner cycle were revealed.

The correlation between the amount of precipitation and temperature is mainly negative and significant with a confidence of 0.99 or 0.95, with the exception of July, when these characteristics are uncorrelated in Western Georgia.

The interrelation of the rates of change in temperature and precipitation under global warming is also negative and well manifested in all seasons of the year and in terms of a year, but in the cold period of the year a positive relationship prevails.

Keywords: temperature, precipitation, correlation coefficient, coefficient of determination, significance.

1. Введение

Исследуя корреляционные связи между колебаниями температуры и осадков в Западной Европе, Брикнер выдвинул положение о противоположности хода между этими элементами ([Bruckner, 1890](#)). Позднее отрицательная связь между температурой и осадками для европейской территории России была обнаружена О.А. Дроздовым, в то же время им было показано, что положение Брикнера подтверждается лишь для теплого периода года, в то время как в холодный период года наблюдается прямая связь ([Дроздов, 1983](#); [Дроздов, Григорьева, 1971](#)).

Установление связей между температурой и осадками приобретает особое значение в условиях глобального потепления. Еще А.И. Воейков отмечал, что потепление приводит к уменьшению количества осадков на значительной части территории континентов ([Воейков, 1884](#)). Уменьшение осадков с ростом температуры объясняется изменениями меридионального градиента температуры, который оказывает влияние на характер атмосферной циркуляции. В самых общих чертах уменьшение меридионального градиента температуры приводит к уменьшению потоков водяного пара, поступающего с океанов

* Corresponding author
E-mail addresses: elizbar@hotmail.com (E.Sh. Elizbarashvili)

вглубь умеренных широт континентов, и уменьшению количества осадков на значительной части внутриконтинентальных районов, и наоборот (Будыко, 1974).

В настоящее время установлено, что при глобальном потеплении в высоких широтах отмечается рост количества осадков, в особенности холодного периода года, а в низких широтах-уменьшение осадков (IPCC Climate change, 1990; 1996; 2007; Vinnikov, 1990; Trenberth, 2011; Dai, Qian, Trenberth, Milliman, 2009). Граница раздела проходит примерно на широте 55° северной широты. Таким образом, Грузия, расположенная в субтропических широтах, южнее указанной границы, находится в зоне уменьшения количества осадков (Рисунок 1).



Рис. 1. Местоположение Грузии на Земном Шаре

Однако, выполненные нами исследования (Элизбарашвили и др., 2013а; Элизбарашвили и др., 2013б; Elizbarashvili et al, 2012а; Elizbarashvili et al, 2012b и др.) показали, что благодаря чрезвычайно разнообразной природе Грузии, что обусловлено её расположением на границе Азии с Восточной Европой, контрастным рельефом и разнообразными ландшафтами с множеством различных типов климата, этот тезис не всегда оправдывается. Аналогичная картина отмечается и в других регионах Земного Шара. Зависимость изменения атмосферных осадков от температуры определяется множеством факторов, в том числе, главным образом от географических условий и, характерных для этих условий, циркуляционных процессов атмосферы (Nicholson, 1995; Allan, Haylock, 1993; Hanssn-Bauer, Forland, 1994; Smitth, 1995).

Таким образом, установление знака и степени связи количества атмосферных осадков от температуры воздуха при глобальном потеплении является актуальной задачей. В глобальном масштабе такая задача была рассмотрена ранее (Dai et al., 2009).

Целью настоящей статьи является количественная оценка влияния температуры воздуха на характер изменения атмосферных осадков при глобальном потеплении с учетом годового хода и физико-географических особенностей территории Грузии.

2. Материалы и методы исследования

В качестве исходных данных использованы материалы наблюдений около 60 метеорологических станций Грузии за период 1936–2015 годы.

Использованы, апробированные в климатологии статистические методы и методы корреляционного анализа. Значимость коэффициента корреляции проверялся путем сравнения абсолютной величины коэффициента корреляции с его критическими значениями для различных значений надежности вывода p . Если величина коэффициента корреляции превышала ее критическое значение при некотором уровне p , то с надежностью вывода p отвергалась гипотеза о некоррелированности рассматриваемых величин и взаимосвязь между ними считалась надежной (Румшиский, 1971).

3. Обсуждение

Многолетний ход температуры и осадков

Несмотря на текущие процессы глобального потепления, в отдельных районах Грузии температура воздуха даже понижается, а количество осадков возрастает. Сказанное подтверждается [Рисунком 2](#), где представлен многолетний ход температуры и осадков и соответствующие уравнения регрессии для 4-х пунктов, расположенных в различных физико-географических условиях Грузии: Тбилиси, расположенный на высоте 404м в условиях степного континентального климата Восточной Грузии, Дедоплис Цкаро, расположенный в степном континентальном климате Восточной Грузии (800м), Поти, расположенный на побережье Черного моря, и Кеда, расположенный в Абхазии, в 40 км от Черноморского побережья (256 м).

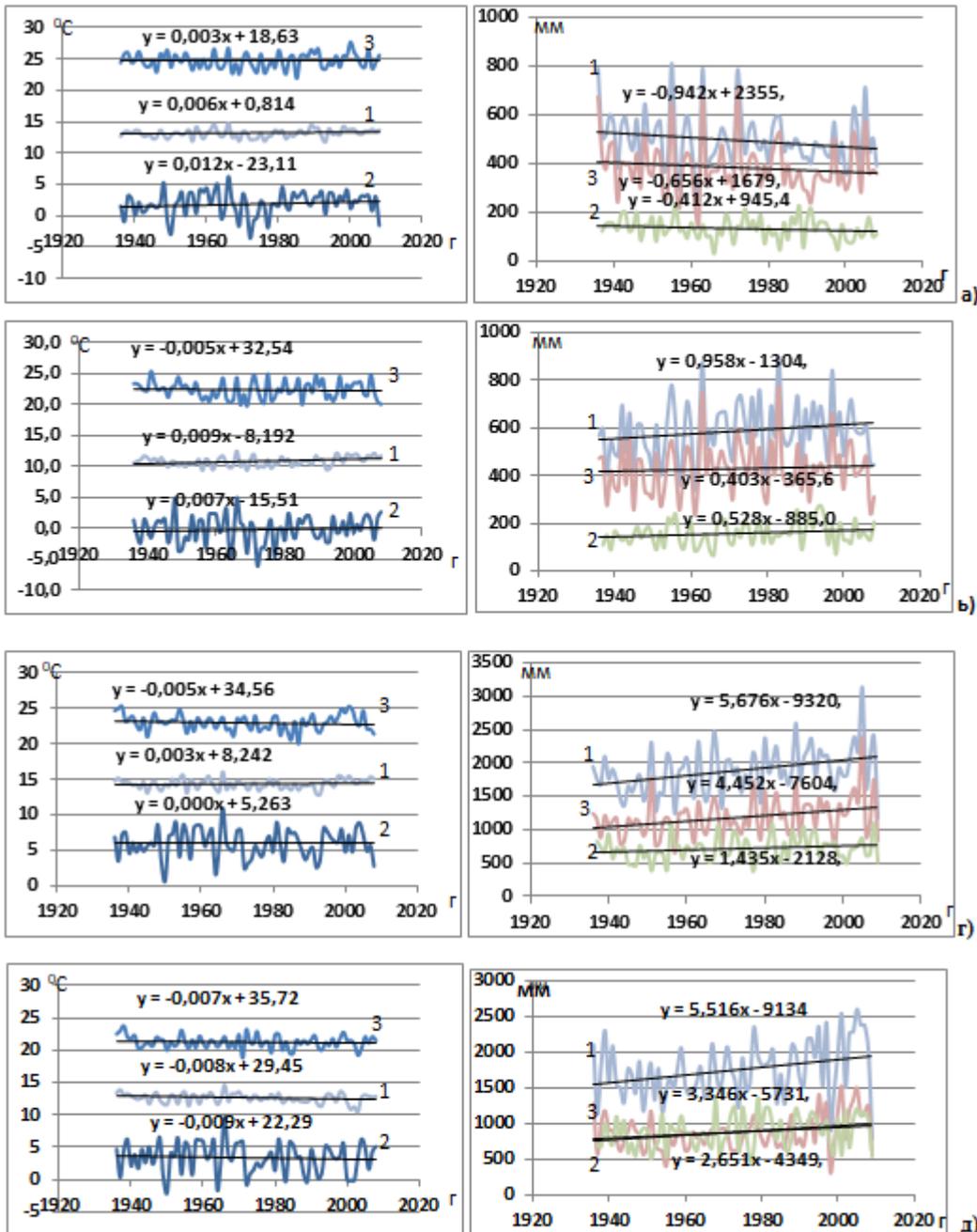


Рис. 2. Многолетний ход температуры воздуха (1 – год, 2 – январь, 3 – июль) и атмосферных осадков (1 – год, 2 – холодный период, 3 – теплый период) и соответствующие уравнения регрессии: а) Тбилиси, б) Дедоплис Цкаро, г) Поти, д) Кеда

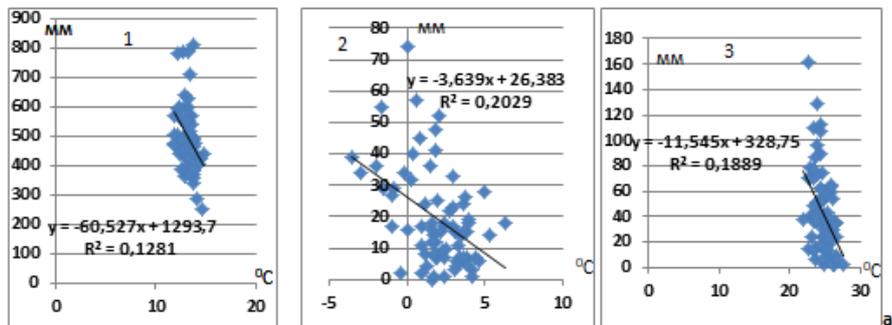
Как следует из [Рисунка 2](#) в Кеда, расположенном в Аджарии, в 40 км от Черноморского побережья, средняя годовая температура воздуха уменьшается со значительной скоростью (0.08° за декаду), а годовая сумма осадков возрастает со скоростью 55 мм за декаду, с надежностью вывода 0.95. В Потти, на побережье Черного моря, при незначительном потеплении (0.03 за декаду) годовое количество осадков также существенно возрастает (57 мм за декаду), это изменение статистически значимо на уровне надежности 0.99. Если причиной увеличения осадков в указанных пунктах может быть увеличение потоков водяного пара, поступающего с Черного моря, то трудно объяснить возрастание осадков, правда с меньшей скоростью, на уровне надежности 0.90, на континентальной станции Дедоплис Цкаро, где отмечается значительное потепление (0.09 за декаду).

Из [Рисунка 2](#) следует также, что на этих 3-х станциях (Дедоплис Цкаро, Потти, Кеда) в условиях глобального потепления уменьшается средняя июльская температура, а суммы осадков холодного и теплого периодов года также увеличиваются. Увеличение осадков холодного периода года в Дедоплис Цкаро статистически незначимо. Тбилиси является единственным пунктом, где при возрастании годовой и месячных температур, отмечается тенденция уменьшения годовых и сезонных сумм осадков. Уменьшение годовых сумм осадков и осадков теплого периода в Тбилиси статистически значимы на уровне надежности 0.90, а уменьшение сумм осадков холодного периода года статистически незначимо.

Таким образом, зависимость многолетнего хода осадков от многолетнего хода температуры в различных физико-географических условиях Грузии имеет различный характер. Возрастание количества осадков может наблюдаться как на фоне уменьшения температуры, также на фоне ее увеличения. В большинстве случаев же количество осадков уменьшается.

Корреляционные связи между температурой и количеством осадков

Несмотря на различный характер многолетнего изменения температуры и осадков в различных физико-географических условиях Грузии, корреляционная связь осадков от температуры в основном отрицательная ([Рисунок 3](#)).



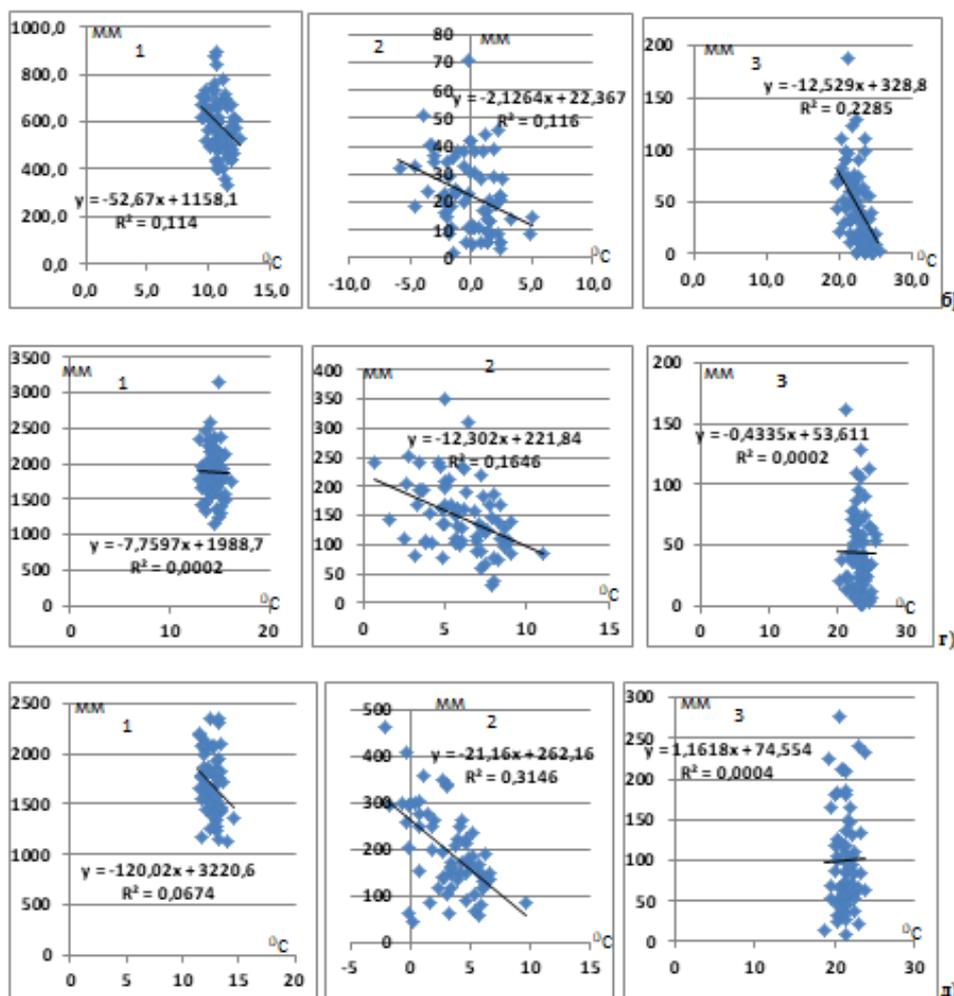


Рис. 3. Зависимость количества атмосферных осадков от температуры воздуха, соответствующие уравнения регрессии и коэффициенты детерминации (R^2): а) Тбилиси, б) Дедоплис Цкаро, г) Поти, д) Кеда. 1 – год, 2 – январь, 3 – июль.

Несмотря на слабую корреляцию и значительный разброс точек, по значениям коэффициента детерминации можно судить о вкладе температуры воздуха в суммарном количестве осадков. Например, в январе холодные воздушные массы, перемещающиеся на территории Грузии с запада, с Черного моря, являясь влагонесущими, приносят значительное количество осадков в основном в Западной Грузии. Судя по коэффициентам детерминации вклад температуры в формировании январских осадков составляет в Кеда – 31 %, а в Поти – 16 %. Перемещаясь в Восточной Грузии воздушные массы теряют влагу и количество осадков уменьшается, что и является причиной некоторого уменьшения коэффициента детерминации (Тбилиси, Дедоплис Цкаро) и соответственно уменьшения роли температуры воздуха (12–20 %). Эти оценки значимы с надежностью вывода 0.99.

В июле влияние температуры на формирование осадков в Западной Грузии ослабляется, коэффициенты детерминации равны нулю. В континентальном же климате Восточной Грузии, где сильно развиты конвективные процессы, часто выпадают ливневые осадки, что вызывает уменьшение температуры. В результате коэффициент детерминации возрастает (0.19–0.23). Таким образом, взаимосвязь между температурой воздуха и количеством осадков в июле в Восточной Грузии также является значимой с надежностью вывода 0.99, в то время, как эти характеристики в Западной Грузии не коррелируемы.

Роль среднегодовых температур в формировании годового количества осадков в Восточной Грузии значительнее (11–13 %), чем в Западной Грузии (до 7 %). Связь годовых сумм осадков со среднегодовой температурой в Восточной Грузии значима также с

надежностью вывода 0.99. На станциях же Западной Грузии или не значима, или значима с надежностью вывода 0.95.

Зависимость скорости изменения осадков от скорости изменения температуры в условиях глобального потепления

На **Рисунке 4** представлены зависимости скорости изменения осадков от скорости изменения температуры для различных интервалов временного осреднения по данным метеорологических станций за период 1936–2015 годы, а также соответствующие уравнения регрессии и коэффициенты детерминации.

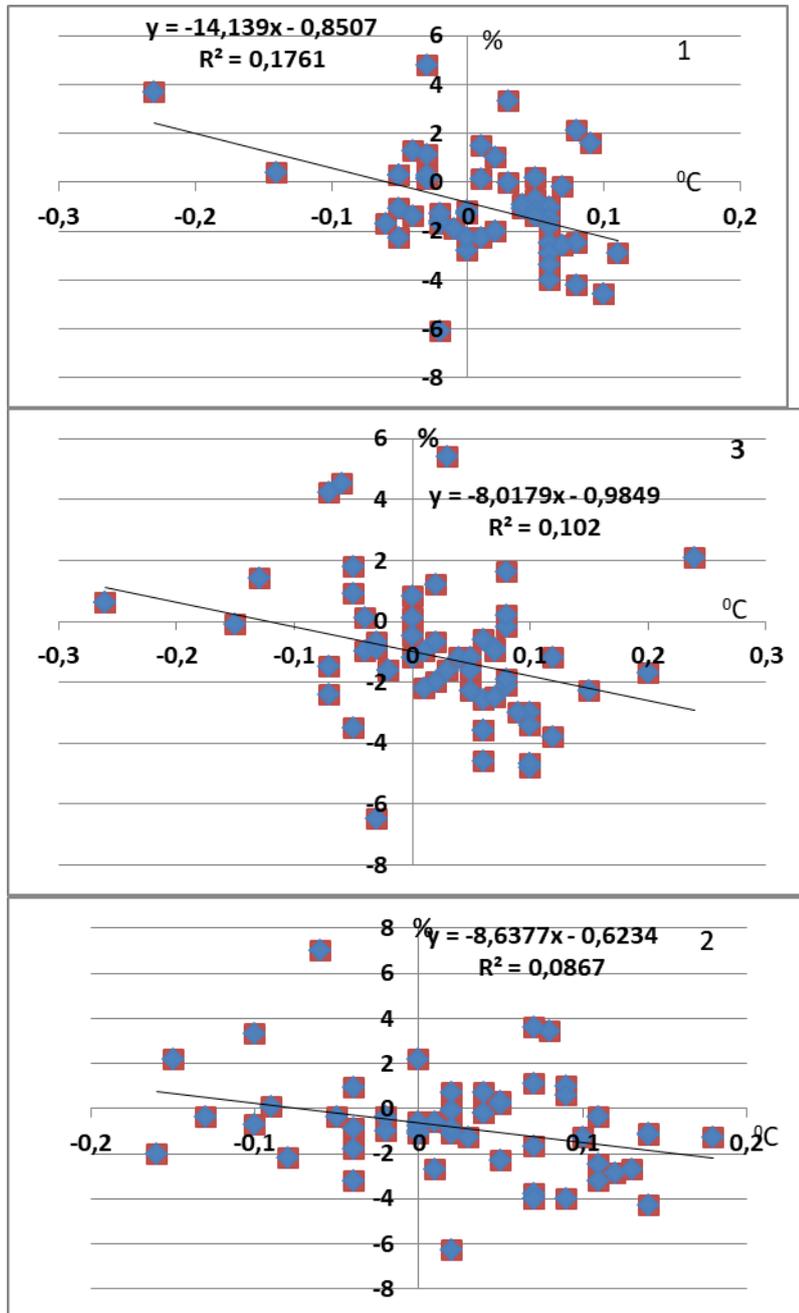


Рис. 4. Зависимость скорости изменения осадков (% за декаду) от скорости изменения температуры (°C за декаду) по данным метеостанций, соответствующие уравнения регрессии и коэффициенты детерминации (R^2): 1 – год, 2 – холодный период, 3 – теплый период

Из [Рисунка 4](#) следует, что несмотря на некоторый разброс точек, взаимосвязь в изменении скоростей температуры и осадков в условиях глобального потепления в основном отрицательна и хорошо проявляется в теплый период года и в целом за год. Результаты оценки показали, что скорость изменения годовой суммы осадков и осадков теплого периода года с надежностью вывода 0.99 зависит от скорости изменения температуры за соответствующие интервалы осреднения. Для холодного периода года взаимосвязь скоростей изменения температуры и осадков значима с надежностью вывода 0.95.

Из [Рисунка 4](#) следует также, что в среднем за год на 40 метеостанциях из 58, что составляет около 69 %, преобладает отрицательная связь между скоростями изменения температуры и осадков. В большинстве из них при повышении температуры осадки уменьшаются (30 станций). Это главным образом метеостанции, расположенные в переходной от субтропического к умеренному климатической зоне (26 станций), исключением являются некоторые станции влажной субтропической климатической зоны (Бахмаро, Корбоули, Кутаиси, Квезани). По данным 8 метеорологических станций (14 %) с увеличением температуры осадки также увеличиваются. В этой группе имеются в одинаковом количестве станции, расположенные во влажной субтропической зоне, также в переходной от субтропического к умеренному климатической зоне, в том числе в сухой континентальной подзоне. На остальных 20 станциях температура воздуха уменьшается, на 10 из них (17 %) осадки возрастают. Все они расположены во влажной субтропической климатической зоне. На остальных 10 станциях с уменьшением температуры осадки также уменьшаются. В эту группу поровну входят станции из обеих климатических зон, в особенности из сухой климатической подзоны.

Аналогичная ситуация отмечается в теплый период года. В холодный период года по данным большинства станций преобладает положительная связь.

Таким образом, характер изменения температуры и осадков на метеорологических станциях Грузии находится в тесной связи с типом климата. В переходной от субтропического к умеренному климатической зоне при повышении температуры осадки главным образом уменьшаются, хотя в редких случаях, в особенности в сухой континентальной подзоне, отмечается увеличение осадков. Во влажной субтропической климатической зоне температура воздуха по данным большинства станций уменьшается, а осадки преимущественно возрастают.

Циклические колебания температуры и осадков

В предыдущих разделах предполагалось, что тренды температуры и осадков имеют линейный характер. Однако, как было показано Дроздовым ([Дроздов, Григорьева, 1971](#)), внутри вековой ход осадков характеризуется циклическими колебаниями, что многие авторы связывают с внешними факторами: солнечной активностью, атмосферной циркуляцией, прозрачностью атмосферы и т.д. Многолетний ход осадков на территории Грузии также характеризуется циклическостью, длительность которой хорошо соответствует длительности брикнеровского цикла колебания осадков (30-35 лет) ([Bruckner, 1902](#)).

Это хорошо видно из [Рисунка 5](#), на которой многолетние изменения осадков были описаны полиномами 6-ой степени, что позволило погасить колебания вызванные случайными факторами (короткопериодические циклические колебания, местная циркуляции, микроклиматические особенности и т.д.) и выделить главные тенденции их колебания.

Из [Рисунка 5](#) следует, что в конце 30-х годов прошлого века во всех пунктах, за исключением Дедоплис Цкаро, в циклическом колебании осадков отмечается многоводная фаза. Она сменяется маловодной фазой уровня осадков (1940–1950 гг.). Далее осадки возрастают и пик многоводной фазы соответствует 60-70 годам. В 80-ые годы опять наступает маловодная фаза осадков (1975–1990 гг.), после чего осадки возрастают, и начиная с конца XX и начала XXI веков, начинается маловодная фаза осадков.

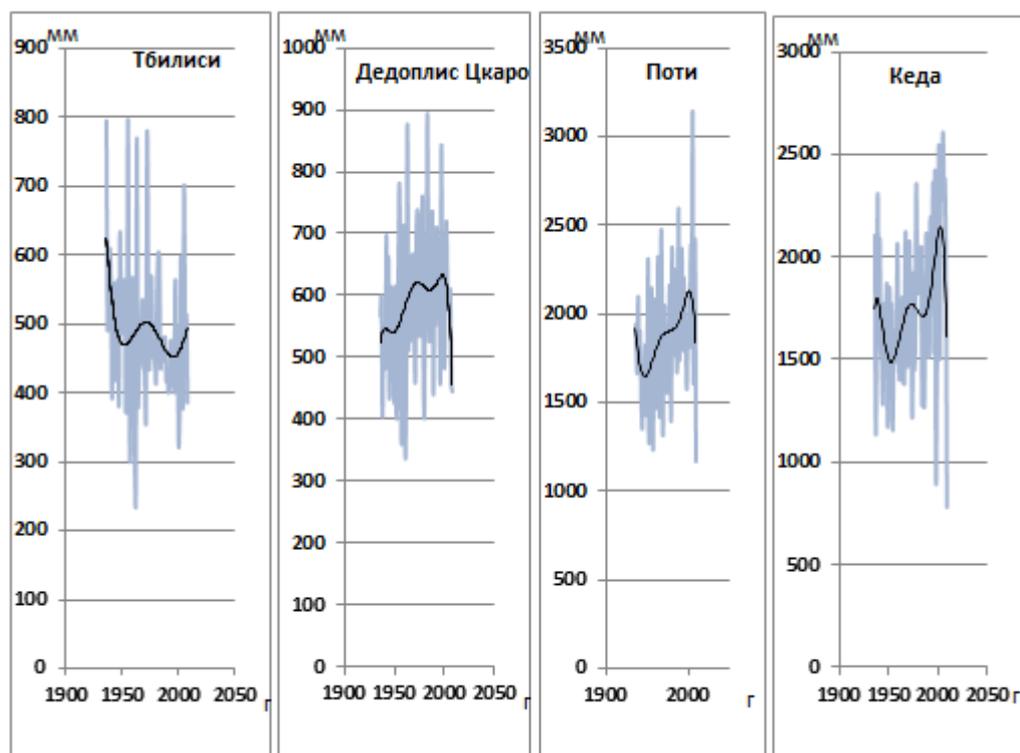


Рис. 5. Циклические колебания осадков

Колебания циклического характера отмечаются и в рядах температуры воздуха, хотя они менее выражены и в основном противоположны по фазе колебаниям осадков. Например, многоводной фазе осадков в начале 30-х годов соответствует некоторое потепление, которое в конце 30-х и в начале 40-х годов сменяется похолоданием. При уменьшении осадков в 40-50-ые годы отмечается повышенный фон температуры (1945–1955 гг.). В 60-ые 70-ые годы отмечается новая волна холода, соответствующая максимальной фазе осадков. Маловодной фазе осадков 1975-1990 годов соответствует увеличение температуры. Начало этого периода характеризовалось интенсивными засухами на всей территории Европы. С конца XX и начала XXI веков начинается интенсивное потепление и уменьшение осадков.

Циклические колебания температуры и осадков в некоторой степени можно объяснить циклическим характером атмосферной циркуляции. Так, в конце 30-х годов прошлого века увеличение уровня осадков на фоне кратковременного повышения температуры происходило в эпоху восточной циркуляции. Такой характер колебания температуры и осадков объясняется положительной корреляцией температуры и количества осадков с восточными вторжениями воздушных масс (Elizbarashvili, Aladashvili, 1999). В 40–50-е годы ослабляется роль восточной циркуляции и господствующим становится меридиональная циркуляция, в результате формируется маловодная фаза осадков с повышенной температурой. В 50–60-ые годы параллельно меридиональной циркуляции активизируется восточная циркуляция, поэтому температура уменьшается, а количество осадков возрастает, хотя не достигает уровня предыдущей многоводной фазы эпохи восточной циркуляции. Со второй половины 60-х годов преобладающим является опять восточная циркуляция, на что накладывается глобальное потепление, в результате чего температура возрастает, а осадки уменьшаются. Рост температуры и уменьшение осадков, начатое с конца прошлого века и продолжающееся по настоящее время, можно объяснить интенсивными процессами глобального потепления.

Будущее климата, по всей вероятности, также будет зависеть от особенностей циркуляции атмосферы. Поэтому вполне можно согласиться с недавно предложенным альтернативным сценарием климата, основанной не на современных климатических моделях, а на реальных вариациях температуры (Вакуленко и др., 2015), согласно которой в

ближайшие десятилетия не только сохранится продолжающаяся уже 15 лет стабилизация температуры, но и возможно некоторое похолодание.

4. Заключение

1. Зависимость многолетнего хода осадков от многолетнего хода температуры в различных физико-географических условиях Грузии имеет различный характер. Возрастание количества осадков может наблюдаться как на фоне уменьшения температуры, также на фоне ее увеличения.

2. Корреляционная связь сумм осадков от температуры в основном отрицательна и значима с надежностью вывода 0.99 или 0.95, исключением является июль, когда эти характеристики в Западной Грузии не коррелируемы.

3. Взаимосвязь скоростей изменения температуры и осадков в условиях глобального потепления в основном отрицательна и хорошо проявляется в теплый период года и в целом за год, однако в холодный период года преобладает положительная связь.

4. Характер изменения температуры и осадков на метеорологических станциях Грузии находится в тесной связи с типом климата. В переходной от субтропической к умеренному климатической зоне при повышении температуры осадки главным образом уменьшаются, хотя в редких случаях, в особенности в сухой континентальной подзоне, отмечается увеличение осадков. Во влажной субтропической климатической зоне температура воздуха по данным большинства станций уменьшается, а осадки преимущественно возрастают.

5. В многолетних рядах температуры и осадков выявлены противоположные по фазе, колебания циклического характера длительностью брикнеровского цикла.

6. Полученные уравнения регрессии между характеристиками температуры и осадков могут быть использованы в сверхдолгосрочных прогностических схемах для проведения соответствующих расчетов.

Литература

[Беручашвили, 1995](#) – *Беручашвили Н.Л.* Кавказ: ландшафты, модели, эксперименты. Тбилиси: Мировой банк, 1995, 315 с.

[Будыко, 1974](#) – *Будыко М.И.* Изменение климата. Л; Гидрометеиздат, 1974. 280 с.

[Вакуленко и др., 2015](#) – *Вакуленко Н.В., Нигматулин Р.И., Сонечкин Д.М.* К вопросу о глобальном изменении климата. Метеорология и гидрология, №9, 2015, С. 89-97.

[Воейков, 1884](#) – *Воейков А.И.* Климаты Земного Шара в особенности России. Санкт-Петербург, 1884, 672 с.

[Дроздов, 1983](#) – *Дроздов О. А.* Влияние термического режима на увлажнение суши. Тр. ГГИ, вып. 280, 1983, с. 3-14.

[Дроздов, Григорьева, 1971](#) – *Дроздов О.А., Григорьева А.С.* Многолетние циклические колебания атмосферных осадков на территории СССР. Л; Гидрометеиздат, 1971, 158 с.

[Румшицкий, 1971](#) – *Румшицкий Л.З.* Математическая обработка результатов Эксперимента. М, Наука, 1971, 192 с.

[Элизбарашвили и др., 2013а](#) – *Элизбарашвили Э.Ш., Татишвили М.Р., Элизбарашвили М.Э., Элизбарашвили Ш.Э., Месхия Р.Ш.* Изменение климата Грузии в условиях глобального потепления. Тбилиси, 2013, 128 с. (на груз. яз).

[Элизбарашвили и др., 2013б](#) – *Элизбарашвили Э.Ш., Татишвили М.Р., Элизбарашвили М.Э., Элизбарашвили Ш.Э., Месхия Р.Ш., Горгишели В.Э., Лашаури К.А.* Создание сеточных массивов климатических данных высокого разрешения для территории Грузии. *Метеорология и гидрология*, 2013, №9, с. 71-79.

[Allan, Haylock, 1993](#) – *Allan R.J., Haylock R.M.* Circulation features associated with the winter rainfall decrease in Southwestern Australia. *J. Climate*, 1993, 6, pp. 1356-1367.

[Bruckner, 1890](#) – *Bruckner E.D.* Klimaschwankungen seit 1700 nebst Bemerkungen über die Klimaschwankungen der Deluvialzeit. Geograph. Abhandt. von. A. Penck., Bd.4, Wien, 1890.

[Bruckner, 1902](#) – *Bruckner E.D.* Zur Frage der 35-jährigen Klimaschwankungen. *Peterm. Geogr. Mitteil.*, Bd. 48, 1902.

[Dai et al., 2009](#) – *Dai A, Qian T, Trenberth K.E., Milliman J.D.* Changes in continental freshwater discharge from 1949-2004. *J. Climat*, 2009, 22, pp. 2773-2791.

Elizbarashvili, Aladashvili, 1999 – Elizbarashvili E., Aladashvili T. On Circulation Factors of Climate Centennial Fluctuation. *Bulletin of the Georgian Academy sciences*, 1999, 159, №1, pp. 68-71.

Elizbarashvili et al., 2012a – Elizbarashvili E., Elizbarashvili M., Tatishvili M., Meskhia R., Shavliasvili L. Climate change tendencies under global warming conditions in Georgia. 12-th International multidisciplinary scientific geoconference. SGEM 2012. Albena, Bulgaria, vol. 4, pp. 293-298.

Elizbarashvili et al., 2012b – Elizbarashvili E., Elizbarashvili M., Tatishvili M., Elizbarashvili S., Meskhia R., Kutaladze N., King L., Keggenhoff I., Khardziani T. Georgian climate change under global warming conditions. *Annals of Agrarian Science*, 2012, 15, pp. 17-25.

Hanssen-Bauer, Forland, 1994 – Hanssen-Bauer J., Forland E. Homogenizing of long Norwegian precipitation series. *J. Climate*, 1994, 7, pp. 1001-1013.

IPCC Climate change, 1990 – IPCC Climate change. Cambridge, UK, 1990, 365 p.

IPCC Climate change, 1996 – IPCC Climate change. Cambridge, UK, 1996, 570 p.

IPCC Climate change, 2007 – IPCC Climate change. Cambridge, UK, 2007, 570 p.

Nicholson, 1995 – Nicholson S.E. Variability of African rainfall on interannual and decadal time scales. *Natural Climate Variability on Decade to-Century Time Scales*, USA, National Academy Press, in Press, 1995.

Smith, 1995 – Smith K. Precipitation over Scotland 1757-1992: Some aspects of temporal variability. *Jnt. J. Climatology*, 1995, 15, pp. 543-556.

Trenberth, 2011 – Trenberth K.E. Changes in precipitation with climate change. *Climate Research*, 2011, Vol. 47, pp. 123-138.

Vinnikov, 1990 – Vinnikov K.Ya., Groisman P.Ya., Lugina K.M. Empirical data on contemporary global changes. *J. Climate*, 1990, vol. 3, pp. 662-677. [Electronic resource]. URL: <http://lin.irk.ru/pdf/11660.pdf>

References

Allan, Haylock, 1993 – Allan R.J., Haylock R.M. (1993). Circulation features associated with the winter rainfall decrease in Southwestern Australia. *J. Climate*, 6, pp. 1356-1367.

Beruchashvili, 1995 – Beruchashvili N.L. (1995). Kavkaz: landschafty, modeli, eksperimenty [Caucasus: landscapes, models, experiments]. Tbilisi: Mirovoi bank, 315 p. [in Russian]

Bruckner, 1890 – Bruckner E.D. (1890). Klimaschwankungen seit 1700 nebst Bemerkungen über die Klimaschwankungen der Deluvialzeit. *Geograph. Abhandt. von. A. Penck., Bd.4, Wien.*

Bruckner, 1902 – Bruckner E.D. (1902). Zur Frage der 35-jährigen Klimaschwankungen. *Peterm. Geogr. Mitteil., Bd. 48.*

Budyko, 1974 – Budyko M.I. (1974). Izmenenie klimata [Changing of the climate]. L.: Gidrometeoizdat, 280 p. [in Russian]

Dai et al., 2009 – Dai A, Qian T, Trenberth K.E., Milliman J.D. (2009). Changes in continental freshwater discharge from 1949-2004. *J. Climat*, 22, pp. 2773-2791.

Drozdov, 1983 – Drozdov O.A. (1983). Vliyanie termicheskogo rezhima na uvlazhnenie sushy [Influence of the thermal regime on land moisture]. Tr. GGI, vyp. 280, pp. 3-14. [in Russian]

Drozdov, Grigor'eva, 1971 – Drozdov. O.A., Grigor'eva A.S. (1971). Mnogoletnie tsiklicheskie kolebaniya atmosferykh osadkov na territorii SSSR [Long-term cyclic fluctuations of precipitation in the USSR]. L.: Gidrometeoizdat, 158 p. [in Russian]

Elizbarashvili et al., 2012a – Elizbarashvili E., Elizbarashvili M., Tatishvili M., Meskhia R., Shavliasvili L. (2012). Climate change tendencies under global warming conditions in Georgia. 12-th International multidisciplinary scientific geoconference. SGEM. Albena, Bulgaria, vol. 4, pp. 293-298.

Elizbarashvili et al., 2012b – Elizbarashvili E., Elizbarashvili M., Tatishvili M., Elizbarashvili S., Meskhia R., Kutaladze N., King L., Keggenhoff I., Khardziani T. (2012). Georgian climate change under global warming conditions. *Annals of Agrarian Science*, 15, pp. 17-25.

Elizbarashvili i dr., 2013a – Elizbarashvili E.Sh., Tatishvili M.R., Elizbarashvili M.E., Elizbarashvili Sh.E., Meskhiya R.Sh. (2013). Izmenenie klimata Gruzii v usloviyakh global'nogo potepeniya. Tbilisi, 128 p. (na gruz. yaz) [Climate change in Georgia in the context of global warming]. [in Russian]

Elizbarashvili i dr., 2013b – Elizbarashvili E.Sh., Tatishvili M.R., Elizbarashvili M.E., Elizbarashvili Sh.E., Meskhiya R.Sh., Gorgisheli V.E., Lashauri K.A. (2013). Sozdanie setochnykh

massivov klimaticheskikh dannykh vysokogo razresheniya dlya territorii Gruzii [Creation of grid arrays of high-resolution climate data for the territory of Georgia]. *Meteorologiya i gidrologiya*, №9, pp. 71-79. [in Russian]

[Elizbarashvili, Aladashvili, 1999](#) – *Elizbarashvili E., Aladashvili T.* (1999). On Circulation Factors of Climate Centennial Fluctuation. *Bulletin of the Georgian Academy sciences*, 159, №1, pp. 68-71.

[Hanssn-Bauer, Forland, 1994](#) – *Hanssn-Bauer J., Forland E.* (1994). Homogenizing of long Norwegian precipitation series. *J. Climate*, 7, pp. 1001-1013.

[IPCC Climate change, 1990](#) – IPCC Climate change. Cambridge, UK, 1990, 365 p.

[IPCC Climate change, 1996](#) – IPCC Climate change. Cambridge, UK, 1996, 570 p.

[IPCC Climate change, 2007](#) – IPCC Climate change. Cambridge, UK, 2007, 570 p.

[Nicholson, 1995](#) – *Nicholson S.E.* (1995). Variability of African rainfall on interannual and decadal time scales. Natural Climate Variability on Decade to-Century Time Scales, USA, National Academy Press, in Press.

[Rumshiskii, 1971](#) – *Rumshiskii L.Z.* (1971). Matematicheskaya obrabotka rezul'tatov Eksperimenta [Mathematical processing of the results of the Experiment]. M, Nauka, 192 p. [in Russian]

[Smith, 1995](#) – *Smith K.* (1995). Precipitation over Scotland 1757-1992: Some aspects of temporal variability. *Jnt. J. Climatology.*, 15, pp. 543-556.

[Trenberth, 2011](#) – *Trenberth K.E.* (2011). Changes in precipitation with climate change. *Climate Research*, Vol. 47, pp. 123-138.

[Vakulenko i dr., 2015](#) – *Vakulenko N.V., Nigmatulin R.I., Sonechkin D.M.* (2015). K voprosu o global'nom izmenenii klimata [To the issue of global climate change]. *Meteorologiya i gidrologiya*, №9, pp. 89-97. [in Russian]

[Vinnikov, 1990](#) – *Vinnikov K.Ya., Groisman P.Ya., Lugina K.M.* (1990). Empirical data on contemporary global changes. *J. Climate*, vol. 3, pp. 662-677. [Electronic resource]. URL: <http://lin.irk.ru/pdf/11660.pdf>

[Voeikov, 1884](#) – *Voeikov A.I.* (1884). Klimaty Zemnogo Shara v osobennosti Rossii [Climates of the globe in particular Russia]. Sankt-Peterburg, 672 p. [in Russian]

Зависимость изменения атмосферных осадков от температуры воздуха при глобальном потеплении на территории Грузии

Элизбар Шалвович Элизбарашвили ^{a, b, *}

^a Грузинский технический университет, Институт гидрометеорологии, Грузия

^b Телавский государственный университет им. Я. Гогешаши, Грузия

Аннотация. По материалам наблюдений 60 метеорологических станций Грузии за период 1936-2015 годы исследованы влияние температуры воздуха на характер изменения атмосферных осадков при глобальном потеплении. Получены уравнения регрессии для расчета характеристик осадков в зависимости от характеристик температуры.

В многолетних рядах температуры и осадков выявлены противоположные по фазе колебания циклического характера длительностью брикнеровского цикла.

Корреляционная связь сумм осадков от температуры в основном отрицательна и значима с надежностью вывода 0.99 или 0.95, исключением является июль, когда эти характеристики в Западной Грузии не коррелируемы.

Взаимосвязь скоростей изменения температуры и осадков в условиях глобального потепления также отрицательна и хорошо проявляется во все сезоны года и в целом за год, однако в холодный период года преобладает положительная связь.

Ключевые слова: температура, осадки, коэффициент корреляции, коэффициент детерминации, значимость.

* Корреспондирующий автор

Адреса электронной почты: elizbar@hotmail.com (Э.Ш. Элизбарашвили)