

УДК 551.482.215:551.500

Н.Н.Бегалишвили, К.А.Таварткиладзе, Н.А.Бегалишвили

## ОЦЕНКА ВЕКОВЫХ ИЗМЕНЕНИЙ МИКРОКЛИМАТА И СТОКА ДЛЯ НЕКОТОРЫХ ВОДОСБОРОВ РЕК ГРУЗИИ

По современным представлениям происходящее в настоящее время изменение глобального климата связано с нарушением равновесного состояния энергетического баланса в системе «атмосфера – подстилающая поверхность – гидросфера». Причиной этого могут быть возрастание содержания в атмосфере «парниковых газов», увеличение концентрации аэрозолей, трансформация подстилающей поверхности, вызывающая изменение альбедо и др. На фоне отмеченного глобального потепления изменение регионального климата может иметь неоднородный характер. По - видимому, местные физико-географические условия, характер мезо - и микроциркуляционных процессов, особенности радиационного баланса горной территории и другие факторы явились причиной умеренного похолодания на территории Западной Грузии и потепления в Восточной Грузии в течение последнего столетия [1]. При этом влагосодержание атмосферы на территории Грузии местами или увеличивается, или остается неизменным [2].

Цикл влагооборота в системе «атмосфера – подстилающая поверхность» включает превращение водяного пара по схеме: влагосодержание – облачность – осадки – испарение – сток. Так как облачность, осадки и испарение существенно зависят от режимов температуры и влажности в атмосфере, то их изменения могут оказать значительное влияние и на влагооборот. Поэтому представляет значительный интерес изучение влияния особенностей изменения регионального климата на водный баланс и формирование стока рек в Грузии.

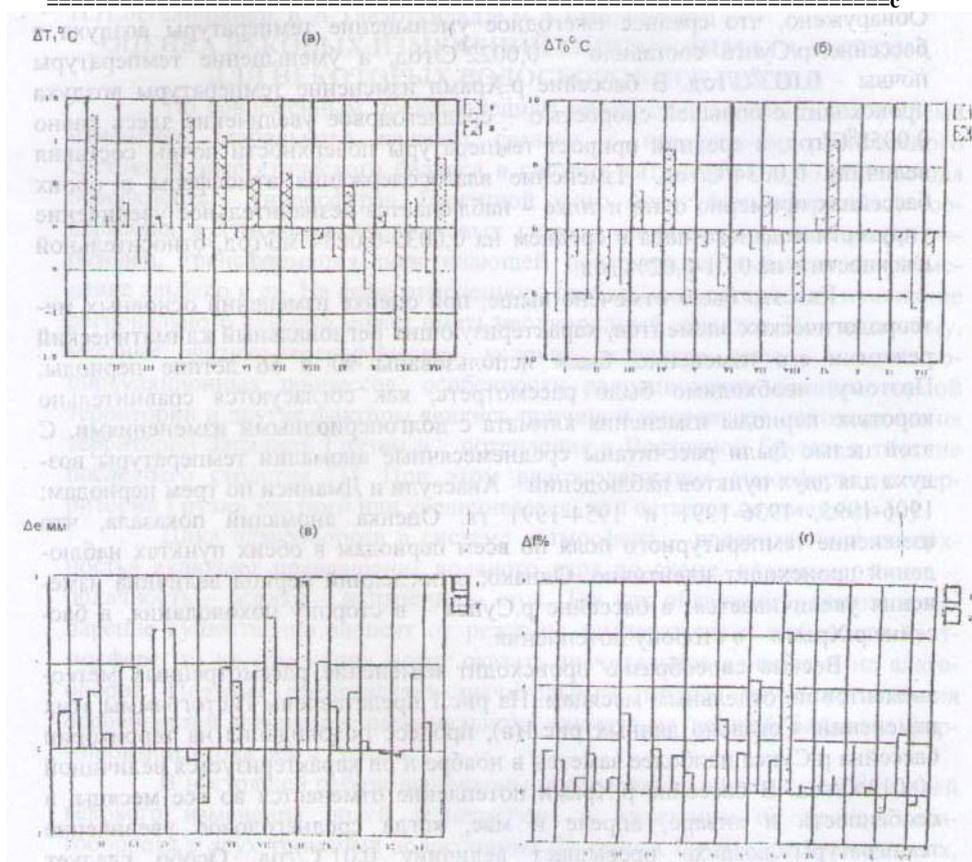
В настоящей работе выполнены исследования влияния особенностей векового изменения полей температуры и влажности на процесс влагооборота в двух типичных водосборных бассейнах Грузии, расположенных, соответственно, в зонах похолодания (р.Супса, Западная Грузия) и потепления (р.Храми, Восточная Грузия).

Для оценки изменения составляющих влагооборота были использованы фактические ряды гидрометеорологических наблюдений на станциях и постах, расположенных на территориях указанных водосборов. Общее число пунктов наблюдений составило порядка 10 в каждом из бассейнов. Однако, оценка изменения микроклимата выполнена по данным наиболее длительных рядов наблюдений метеостанций Анасеули, Ацана, Бахмаро, Дабла-Цихе и Шрома – в бассейне р.Супса и пунктов Болниси, Дманиси, Тетри-Цкаро, Марнеули и Цалка – в бассейне р.Храми. Величины изменения метеозадающих элементов установлены с помощью линейной аппроксимации их временных рядов. В частности, при расчете изменения температуры воздуха, упругости водяного пара и относительной влажности были использованы среднемесячные данные за 90 лет (1906-1995), а для температуры поверхности почвы – 56-летние эмпирические ряды (1936-1991). Обнаружено, что среднее ежегодное уменьшение температуры воздуха в бассейне р.Супса составило  $-0,0022^{\circ}\text{C}/\text{год}$ , а уменьшение температуры почвы  $-0,033^{\circ}\text{C}/\text{год}$ . В бассейне р.Храми изменение температуры воздуха происходит с большей скоростью – среднегодовое увеличение здесь равно  $0,0058^{\circ}\text{C}/\text{год}$ , а средний прирост температуры поверхности почвы составил величину  $0,0034^{\circ}\text{C}/\text{год}$ . Изменение влагосодержания атмосферы в обоих бассейнах примерно одно и то же – наблюдается незначительное увеличение упругости водяного пара в среднем на  $0,0032-0,0034$  мб/год, относительной влажности – на  $0,01-0,02\%/год$ .

Как это было отмечено выше, при оценке изменений основных метеорологических элементов, характеризующих региональный климатический режим и его изменение, были использованы 90 и 56 летние периоды. Поэтому, необходимо было рассмотреть, как согласуются сравнительно короткие периоды изменения климата с долгодлительными изменениями. С этой целью были рассчитаны среднемесячные аномалии температуры воздуха для двух пунктов наблюдений – Анасеули и Дманиси по трем периодам: 1906-1995, 1936-1991 и 1954-1991 гг. Оценка аномалий показала, что изменение температурного поля по всем периодам в обоих пунктах наблюдений происходит идентично. Однако, в последний период величина изменения увеличивается: в бассейне р.Супса – в сторону похолодания, в бассейне р.Храми – в сторону потепления.

Весьма своеобразно происходит изменение рассмотренных метеозадающих элементов по отдельным месяцам. На рис.1 представлены гистограммы этих изменений. Согласно данным рис.1(а), процесс похолодания на территории бассейна р.Супса наиболее заметен в ноябре и он характеризуется величиной  $-0,013^{\circ}\text{C}/\text{год}$ . В бассейне р.Храми потепление отмечается во все месяцы, в особенности в январе, апреле и мае, когда среднегодовое увеличение температуры воздуха превышает величину  $0,01^{\circ}\text{C}/\text{год}$ . Особо следует отметить факт повсеместного потепления в апреле, характерного для всей территории республики. В этот месяц среднегодовое увеличение температуры и в Западной Грузии, и в Восточной Грузии достигает максимума.

Картина изменения температуры подстилающей поверхности кардинально отличается от распределения изменения температуры воздуха (см.рис 1(б)). В бассейне р.Супса в течение всего года и, в особенности в холодный период, наблюдается резкое понижение температуры поверхностного слоя почвы до  $-0,06^{\circ}\text{C}/\text{год}$  (январь, май и декабрь). В бассейне р.Храми также отмечается похолодание почвы, кроме марта, апреля, июля и сентября. Однако, в отмеченные месяцы большие положительные аномалии, в особенности в апреле ( $0,063^{\circ}\text{C}/\text{год}$ ) и в сентябре ( $0,071^{\circ}\text{C}/\text{год}$ ), определяют общую среднегодовую положительную тенденцию в температурном поле подстилающей поверхности.



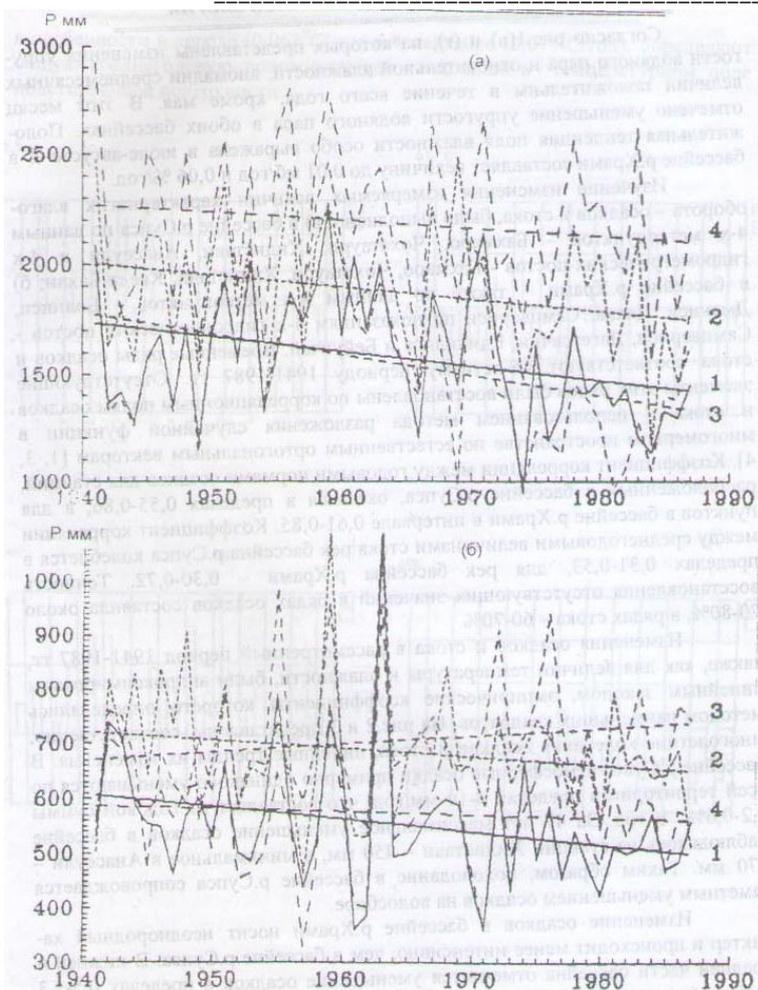
რის. 1. Среднемесечные аномалии температуры воздуха (а), температуры поверхности почвы (б), упругости водяного пара (в) и относительной влажности (г) в бассейнах р. Супса (1) и р. Храми (2).

Согласно рис.1(в) и (г), на которых представлены изменения упругости водяного пара и относительной влажности, аномалии среднемесечных величин положительны в течение всего года, кроме мая. В этот месяц отмечено уменьшение упругости водяного пара в обоих бассейнах. Положительная тенденция поля влажности особо выражена в июле-августе и в бассейне р.Храми составляет величину до 0,01 мб/год и 0,06 %/год.

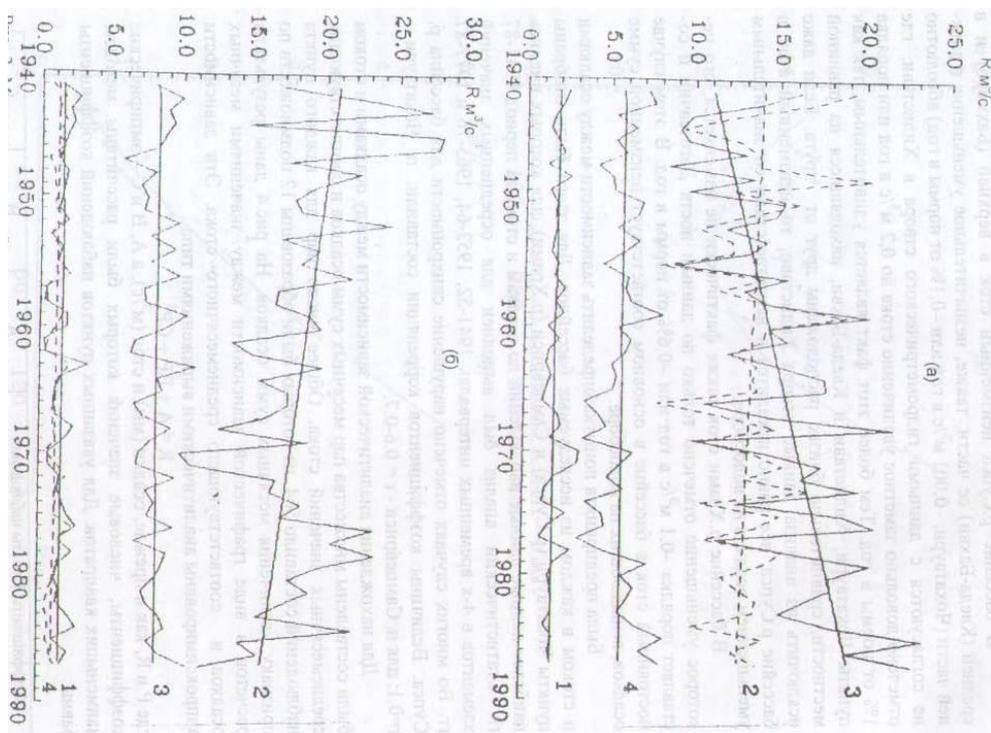
Изучение изменения измеряемых величин характеристик влагооборота – осадков и стока, было выполнено: а) в бассейне р.Супса по данным 4-х метеопунктов - Бахмаро, Чохатаури, Хидистави, Анасеули и 4-х гидрометрических постов - Бахмаро, Чохатаури, Хидистави, Кведа-Бахви; б) в бассейне р.Храми – также по данным 4-х метеопунктов - Болниси, Дманиси, Цалка, Самцвериси по показаниям 4-х гидрологических постов - Самцвериси, Дагетсачин, Едикилиса и Бейукчай. Временные ряды осадков и стока соответствуют 46-летнему периоду 1941-1987 гг. Отсутствующие элементы этих рядов были восстановлены по корреляционным полям осадков и стока с использованием метода разложения случайной функции в многомерном пространстве по естественным ортогональным векторам [1, 3, 4]. Коэффициент корреляции между годовыми нормами осадков для станций, расположенных в бассейне р.Супса, оказался в пределах 0,55-0,86, а для пунктов в бассейне р.Храми в интервале 0,61-0,85. Коэффициент корреляции между среднегодовыми величинами стока рек бассейна р.Супса колеблется в пределах 0,31-0,53, для рек бассейна р.Храми – 0,30-0,72. Точность восстановления отсутствующих значений в рядах осадков составила около 70-80%, в рядах стока – 60-70%.

Изменения осадков и стока в рассмотренный период 1941-1987 гг, также, как для величин температуры и влажности, были аппроксимированы линейным законом, эмпирические коэффициенты которого определялись методом наименьших квадратов. На рис.2 и 3 представлены, соответственно, многолетние колебания осадков и стока, линейные тренды их изменения. В бассейне р.Супса атмосферные осадки примерно одинаково уменьшаются по всей территории в пределах 4-10 мм/год, что составляет от годовой суммы 0,2-0,6% в год. За 47 лет максимальное уменьшение осадков в бассейне наблюдалось на станции Хидистави – 450 мм, а минимальное в Анасеули – 170 мм. Таким образом, похолодание в бассейне р.Супса сопровождается заметным уменьшением осадков на водосборе.

Изменение осадков в бассейне р.Храми носит неоднородный характер и происходит менее интенсивно, чем в бассейне р.Супса. В нижней и средней части бассейна отмечается уменьшение осадков в пределах 0,5-2,3 мм/год (порядка 0,1-0,4% от годовой суммы в год). В верховьях бассейна тенденция меняет знак и здесь увеличение осадков за 47 лет составляет более, чем 70 мм (0,2%/год). При территориальном усреднении изменение осадков на водосборе является незначительным (-0,68мм/год или -0,1%/год).



რის.2. Многолетние колебания осадков и их линейные тренды в бассейнах р. Супса (а) – станции 1.Бахмаро, 2.Чохатаури, 3.Хидистави, 4.Анасеули, р. Храми (б) – станции 1.Болниси, 2.Дманиси, 3.Цалка, 4.Самцвериси.



რის. 3. Многолетние колебания стока и их линейные тренды в бассейнах р. Супса (а) – посты 1.Бахмаро, 2.Чохатаури, 3.Хидистави, 4.Кведа-Бахви, р. Храми (б) – посты 1.Самцвериси, 2.Дагетсачин, 3.Едикилиса, 4.Бейукчай.

В бассейне р.Супса неизменный сток в верхней (Бахмаро) и в средней (Кведа-Бахви) ее части, также, незначительное уменьшение в нижней части (Чохатаури,  $-0,001 \text{ м}^3/\text{с}$  в год или  $-0,1\%$  от нормы в год) абсолютно не согласуются с данными гидрометрического створа в Хидистави, где отмечено довольно заметное увеличение стока до  $0,2 \text{ м}^3/\text{с}$  в год или порядка  $1\%$  от нормы в год. Тем более этот факт является удивительным, так как пункты Чохатаури, Хидистави и Кведа-Бахви, находящиеся на равнинной местности, сравнительно близко расположены друг от друга. Если даже исключить из анализа данные створа Хидистави, то неизменный сток в бассейне р.Супса, все равно находится в несоответствии со значительным уменьшением осадков на водосборе.

В бассейне р.Храми сток также фактически не изменяется, его некоторое уменьшение отмечено только по данным поста Дагетсачин и составляет порядка  $-0,1 \text{ м}^3/\text{с}$  в год или  $-0,6\%$  от нормы в год. В этом случае постоянный сток в бассейне в основном соответствует неизменной сумме осадков, выпадающих на водосборе.

Была предпринята попытка определить зависимости между осадками и стоком в каждом из исследуемых бассейнов. Для этого были отобраны пункты Чохатаури (р.Супса) и Самцевриси (р.Храми), для которых имелись наиболее полные данные наблюдений по осадкам и стоку за период 1941-87 гг. Статистический анализ был выполнен для осредненных значений элементов в 4-х временных интервалах 1941-52, 1953-64, 1965-76 и 1977-87 гг. Во многих случаях отмечено нарушение синхронности для бассейна р. Супса. Величины коэффициентов корреляции составили: п. Чохатаури -  $r=0.1$ ; для п. Самцевриси -  $r = 0.6-0.7$ .

Для нахождения аналитической зависимости между осадками и стоком были составлены множества пар месячных сумм осадков и соответствующих среднемесячных значений стока. Общее число пар для каждого пункта наблюдений составило 564, из которых были образованы 12 подмножеств по признаку увеличения месячных сумм осадков. На рис.4 даны результаты расчетов в виде графической зависимости между значениями месячных осадков и соответствующего среднемесячного стока. Эти зависимости аппроксимированы аналитическими выражениями типа

$$R = A + BP + CP^2,$$

где  $P$  и  $R$ , как и прежде, осадки (мм) и сток ( $\text{м}^3/\text{с}$ ), а  $A$ ,  $B$  и  $C$  – эмпирические коэффициенты, числовые значения которых были рассчитаны методом наименьших квадратов. Для указанных пунктов наблюдений коэффициенты равны:

Коэффициенты Пункты наблюдений	A	B	C
п. Чохатаури	15.57	-0.0406	0.00012
п. Самцевриси	0.30	0.0190	0.00011

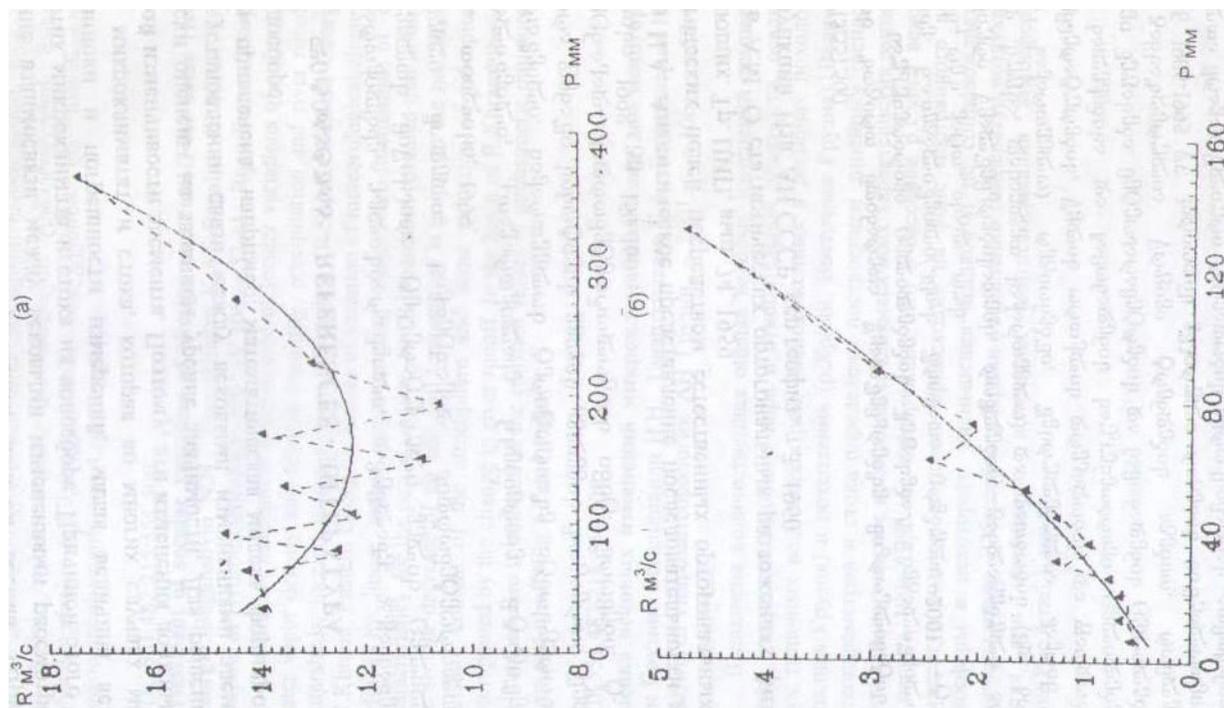


Рис. 4. Зависимость среднемесячного стока от месячных сумм осадков в пунктах Чохатаури (а) и Самцевриси (б).

Таким образом, по эмпирическим данным весьма затруднено установление взаимосвязи между вековыми изменениями рассмотренных характеристик микроклимата и стока на водосборе. Причиной этого могут являться ошибки и погрешности измерений, малая величина вековых изменений микроклимата и стока, которая во многих случаях меньше естественной изменчивости элемента. Поэтому, эти изменения должны быть статистически оценены на заданном уровне значимости. Для решения же задачи об установлении связи между вековыми изменениями элементов может быть привлечена, например, математическая модель формирования стока на водосборе.

ლიტერატურა – REFERENCES - ЛИТЕРАТУРА

1. კ.თავართქილაძე, ე.ელიზბარაშვილი, დ.მუმლაძე, ჯ.ვაჩანაძე. საქართველოს მიწისპირა ტემპერატურული ველის ცვლილების ემპირული მოდელი. საქ.მეცნ.აკად. ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტ., თბილისი, 1999.
2. ნ.ბეგალიშვილი, კ.თავართქილაძე, ნ.ნებიერიძე, მ.ტატიშვილი, ლ.ყურაშვილი. საქართველოს ტერიტორიაზე ატმოსფეროს მიწისპირა ფენაში სინოტივის ველის კვლევის ზოგიერთი შედეგი. საქ.მეცნ.აკად. ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტ. შრომები, ტ. 101, თბილისი, 1998, გვ. 150-160 .
3. Багров Н.А. Аналитическое представление последовательности метеорологических полей посредством естественных ортогональных составляющих. Тр. ЦИП, вып. 74, 1959.
4. Обухов А.М. О статистических ортогональных разложениях физических функций. Изв. АН СССР, сер.геофиз., т.3, 1960.

შპმ 551.482.215:551.500

საქართველოს ზოგირთ მდინარეთა წყალშემკვრებზე მიკროკლიმატის და ჩამონადენის საუკუნობრივი ცვლილებების შეფასება/ნ.ბეგალიშვილი, კ. თავართქილაძე, ნ.ბეგალიშვილი /ს.ბი-ს შრომათა კრებული.\_2001. \_ტ.106.\_ გვ.213-222. \_რუს.; რეზ. ქართ., ინგლ., რუს.

ორი ტიპური წყალშემკვრებისათვის, რომლებიც განლაგებული არიან აცივების (მდ. სუფსა, დასავლეთ საქართველო) და დათბობის (მდ. ხრამი, აღმოსავლეთ საქართველო) რეგიონებში, შესრულებულია ჰაერის და ნიადაგის ტემპერატურების, წყლის ორთქლის დრეკადობის და ფარდობითი ტენიანობის, ნალექებისა და ჩამონადენის საუკუნობრივი ცვლილებების რაოდენობრივი შეფასება. მეტეოპარამეტრების და ჩამონადენის ცვლილებათა სიდიდეები განსაზღვრულია წრფივი ტრენდების აგებით, რომლებიც წარმოადგენენ 1906-1995 წწ პერიოდის ემპირული რიგების საშუალოთვიური მახასიათებელთა მრავალწლიური რყევადობის აპროქსიმაციას. აღმოჩენილია, რომ მდ. სუფსას აუზში ჰაერის და ნიადაგის ტემპერატურების დაწვევა მიმდინარეობს მუდმივი ატმოსფეროს ტენშემცველობისა და ნალექთა შემცირების ფონზე და მას თან არ სდევს ჩამონადენის სიდიდის ცვლილება. მდ.ხრამის აუზში ჰაერის და ნიადაგის ტემპერატურის მატება აღინიშნება ატმოსფეროს ტენშემცველობის, ნალექებისა და ჩამონადენის უცვლელი სიდიდეებისათვის. ილ.4,ცხრ1.,ლიტ.დას.4.

UDC 551.482.215:551.500

Assessment of secular variation of climate and runoff for some river watersheds in Georgia./ **Begalishvili N.N., Tavartkiladze K.A., Begalishvili N.A./** Transactions of the Institute of Hydrometeorology. 2001.-V.106.-p. 213-222.- Russ.:Summ.Georg., Eng., Russ.

Quantitative assessment is performed of secular variations of air and soil temperatures, water vapor density and relative humidity, precipitation and river runoff for two typical watersheds, located in the regions of cooling (R.Supsa, Western Georgia) and warming (R.Khrami, Eastern Georgia). Values of variation of meteorological elements and runoff are defined by linear trends approximating multi-year fluctuation of empirical series' characteristics for the period of 1906-1995. It has been revealed that in the basin of R.Supsa the secular decrease of air and soil temperature is going on the background of permanent moisture content of the atmosphere and some reduction of precipitation, and is not accompanied by the change in river runoff. In the basin of R.Khrami the increase of air and soil temperature is detected at the constant values of atmospheric moisture content, precipitation and runoff. Fig.4, Tab.1, Ref.4.

УДК551.482.215:551.500

Оценка вековых изменений микроклимата и стока для некоторых водосборов рек Грузии./ **Бегалишвили Н.Н., Таварткиладзе К.А., Бегалишвили Н.А. /**Сб. Трудов Института гидрометеорологии АН Грузии. – 2001. – т.106. – с.213-222. –Русск.; рез. Груз.,Анг.,Русск.

Выполнена количественная оценка вековых изменений температур воздуха и почвы, упругости водяного пара и относительной влажности, осадков и стока для двух типичных водосборов рек, расположенных в регионах похолодания (р.Супса, Западная Грузия) и потепления (р.Храми, Восточная Грузия). Величины изменений метеопараметров и стока определены построением линейных трендов, аппроксимирующих многолетние колебания среднемесячных характеристик эмпирических рядов за период 1906-1995 гг. Обнаружено, что в бассейне р.Супса вековое понижение температур воздуха и почвы происходит на фоне постоянного влагосодержания атмосферы и некоторого уменьшения осадков и не сопровождается изменением величины стока. В бассейне р.Храми увеличение температур воздуха и почвы отмечается при неизменных величинах влагосодержания атмосферы, осадков и стока. Рис.4, таб.1, лит.4.