



EUROPEAN Geographical Studies

Has been issued since 2014.
E-ISSN 2413-7197
2020. 7(1). Issued once a year

EDITORIAL BOARD

Dr. Rybak Oleg – Scientific Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Sochi, Russian Federation (Editor-in-Chief)

Dr. Elizbarashvili Elizbar – Georgian Technical University, Tbilisi, Georgia (Deputy Editor-in-Chief)

Dr. Abdrakhmatov Kanat – Institute of seismology NAS, Bishkek, Kyrgyzstan

Dr. Barmin Aleksandr – Astrakhan State University, Astrakhan, Russian Federation

Dr. Basilashvili Tsisana – Georgian Technical University, Tbilisi, Georgia

Dr. Chincharashvili Iza – Iakob Gogebashvili Telavi State University, Telavi, Georgia

Dr. Deene Shivakumar – Central University of Karnataka, Karnataka, India

Dr. Kalinichenko Valerii – Don State Agrarian University, Persianovsky, Russian Federation

Dr. Rajović Goran – International Network Centre for Fundamental and Applied Research, Russian Federation

Dr. Tikunov Vladimir – Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation

Journal is indexed by: **CiteFactor** (USA), **CrossRef** (UK), **EBSCOhost Electronic Journals Service** (USA), **Electronic scientific library** (Russia), **Open Academic Journals Index** (USA), **Sherpa Romeo** (Spain), **Universal Impact Factor** (Australia).

All manuscripts are peer reviewed by experts in the respective field. Authors of the manuscripts bear responsibility for their content, credibility and reliability.

Editorial board doesn't expect the manuscripts' authors to always agree with its opinion.

Postal Address: 1367/4, Stara Vajnorska
str., Bratislava – Nove Mesto, Slovak
Republic, 831 04

Website: <http://ejournal9.com/en/index.html>
E-mail: aphr.sro@gmail.com

Founder and Editor: Academic Publishing
House Researcher s.r.o.

Release date 15.09.20.
Format 21 × 29,7/4.

Headset Georgia.

Order № 117.

European Geographical Studies

2020

Is. 1

CONTENTS

Articles

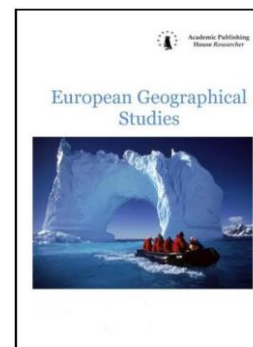
Global Warming Impact on Ecosystems N. Berdzenishvili, N. Berdzenishvili	3
Water Balance of Small River Basins in the Sochi Black Sea Coast N.A. Bityukov	8
Trešnjevička Small River and Enviroment – Mountain Beauty: A Geographical Review J. Bulatović, G. Rajović	31
Waves of Heat and Cold over the Territory of Georgia in Terms of Global Warming E.Sh. Elizbarashvili, M.E. Elizbarashvili, Sh.E. Elizbarashvili, N.B. Kutaladze	37
Contamination of Soils by Arsenic in Ambrolauri Municipality and Its Impact on the Health of the Population L.U. Shavliashvili, M.A. Arabidze, E.M. Bakradze, G.P. Kuchava, G.I. Kordzakhia	48
Forest Cover for the Safety of Biosphere and Environment T.Z. Basilashvili	57
Current Problems of Fresh Water and Trends in the Flow of Water in the Rivers of the South Caucasus in Georgia T.Z. Basilashvili	68

Copyright © 2020 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
2020, 7(1): 3-7

DOI: 10.13187/egs.2020.1.3
www.ejournal9.com



Articles

Global Warming Impact on Ecosystems

Nana Berdzenishvili ^{a, *}, Ninaka Berdzenishvili ^b

^a Iakob Gogebashvili Telavi State University, Telavi, Georgia

^b Caucasus International University, Tbilisi, Georgia

Abstract

The impact of climate change on a particular species can ripple through a food web and affect a wide range of other organisms. Climate change and shifts in ecological conditions could support the spread of pathogens, parasites, and diseases, with potentially serious effects on human health, agriculture. Climate change, along with habitat destruction and pollution, is one of the important stressors that can contribute to species extinction. It has been established that the most vulnerable system is the Black Sea coastline, which has a strategic importance for the rehabilitation of the country's economy and development of foreign trade.

Keywords: global warming, ecosystems, climate resources, population, habitat, food.

1. Introduction

Climate change affects the living world, including people, through changes in ecosystems, biodiversity, and ecosystem services. Ecosystems entail all the living things in a particular area as well as the non-living things with which they interact, such as air, soil, water, and sunlight. Biodiversity refers to the variety of life, including the number of species, life forms, genetic types, and habitats and biomes (which are characteristic groupings of plant and animal species found in a particular climate). Biodiversity and ecosystems produce a rich array of benefits that people depend on, including fisheries, drinking water, fertile soils for growing crops, climate regulation, inspiration, and aesthetic and cultural values. These benefits are called “ecosystem services” – some of which, like food, are more easily quantified than others, such as climate regulation or cultural values. Changes in many such services are often not obvious to those who depend on them.

2. Materials and methods

The study used materials from the meteorological database of the Institute of Hydrometeorology of the Georgian Technical University and published data ([Berdzenishvili, 2012](#), [Berdzenishvili, 2017](#), [Berdzenishvili, 2018](#)). Cartographic and statistical methods for processing observations were used.

* Corresponding author

E-mail addresses: nanaka.berdzenishvili@yahoo.com (N. Berdzenishvili),
ninaka1998@outlook.com (N. Berdzenishvili)

3. Discussion

Ecosystem services contribute to jobs, economic growth, health, and human well-being. Although we interact with ecosystems and ecosystem services every day, their linkage to climate change can be elusive because they are influenced by so many additional entangled factors. Ecosystem perturbations driven by climate change have direct human impacts, including reduced water supply and quality, the loss of iconic species and landscapes, distorted rhythms of nature, and the potential for extreme events to overwhelm the regulating services of ecosystems. Even with these well-documented ecosystem impacts, it is often difficult to quantify human vulnerability that results from shifts in ecosystem processes and services. For example, although it is more straightforward to predict how precipitation will change water flow, it is much harder to pinpoint which farms, cities, and habitats will be at risk of running out of water, and even more difficult to say how people will be affected by the loss of a favorite fishing spot or a wildflower that no longer blooms in the region. A better understanding of how a range of ecosystem responses affects people – from altered water flows to the loss of wildflowers – will help to inform the management of ecosystems in a way that promotes resilience to climate change.

The impact of climate change on a particular species can ripple through a food web and affect a wide range of other organisms. For example, the figure below shows the complex nature of the food web for polar bears. Not only is the decline of sea ice impairing polar bear populations by reducing the extent of their primary habitat, it is also negatively impacting them via food web effects. Declines in the duration and extent of sea ice in the Arctic leads to declines in the abundance of ice algae, which thrive in nutrient-rich pockets in the ice. These algae are eaten by zooplankton, which are in turn eaten by Arctic cod, an important food source for many marine mammals, including seals. Seals are eaten by polar bears. Hence, declines in ice algae can contribute to declines in polar bear populations (CCSP, 2008).

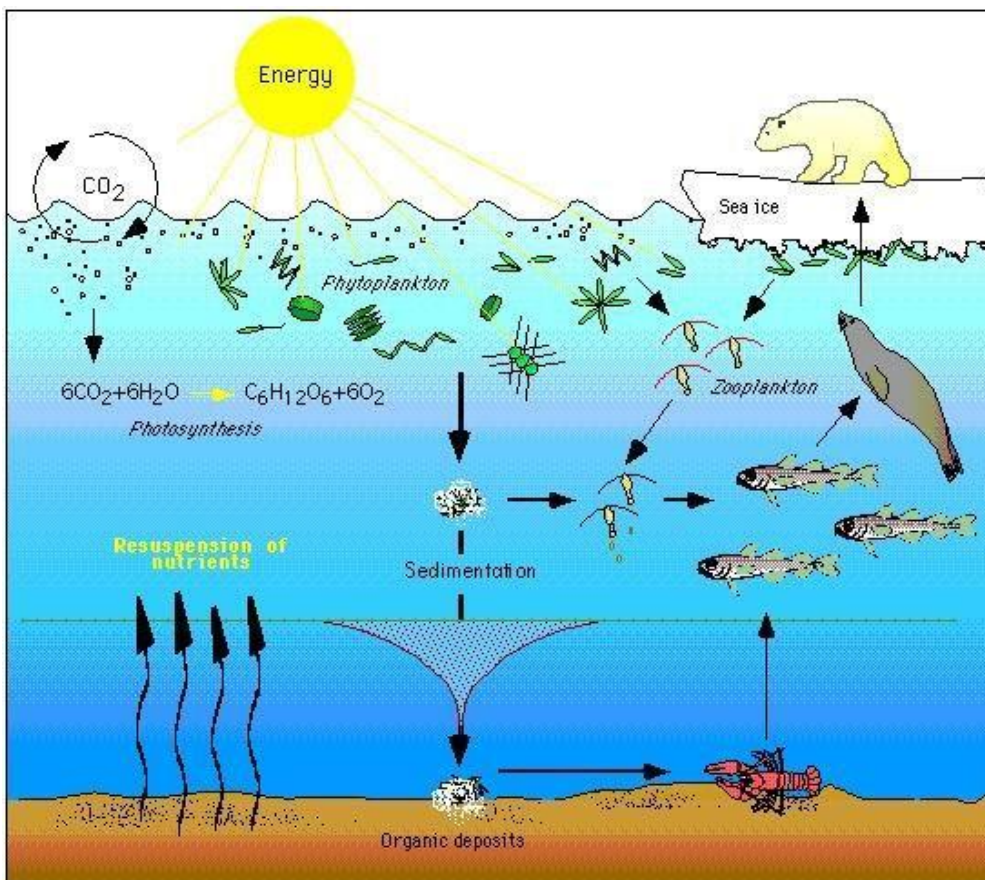


Fig. 1. The Arctic food web is complex. The loss of sea ice can ultimately affect the entire food web, from algae and plankton to fish to mammals. Source: NOAA (2011)

Climate change and shifts in ecological conditions could support the spread of pathogens, parasites, and diseases, with potentially serious effects on human health, agriculture, and fisheries. For example, the oyster parasite, *Perkinsus marinus*, is capable of causing large oyster die-offs. This parasite has extended its range northward from Chesapeake Bay to Maine, a 310-mile expansion tied to above-average winter temperatures. For more information about climate change impacts on agriculture, visit the Health Impacts page.

Climate is an important environmental influence on ecosystems. Changing climate affects ecosystems in a variety of ways. For instance, warming may force species to migrate to higher latitudes or higher elevations where temperatures are more conducive to their survival. Similarly, as sea level rises, saltwater intrusion into a freshwater system may force some key species to relocate or die, thus removing predators or prey that are critical in the existing food chain.

Climate change not only affects ecosystems and species directly, it also interacts with other human stressors such as development. Although some stressors cause only minor impacts when acting alone, their cumulative impact may lead to dramatic ecological changes (IPCC, 2014). For instance, climate change may exacerbate the stress that land development places on fragile coastal areas. Additionally, recently logged forested areas may become vulnerable to erosion if climate change leads to increases in heavy rain storms.

For many species, the climate where they live or spend part of the year influences key stages of their annual life cycle, such as migration, blooming, and reproduction. As winters have become shorter and milder, the timing of these events has changed in some parts of the country:

1. Earlier springs have led to earlier nesting for 28 migratory bird species on the East Coast of the United States (IPCC, 2014).
2. Northeastern birds that winter in the southern United States are returning north in the spring 13 days earlier than they did in a century ago (CCSP, 2008).
3. In a California study, 16 out of 23 butterfly species shifted their migration timing and arrived earlier (CCSP, 2008).
4. Because species differ in their ability to adjust, asynchronies can develop, increasing species and ecosystem vulnerability. These asynchronies can include mismatches in the timing of migration, breeding, pest avoidance, and food availability. Growth and survival are reduced when migrants arrive at a location before or after food sources are present (CCSP, 2008; USGCRP, 2014).

As temperatures increase, the habitat ranges of many North American species are moving north and to higher elevations. In recent decades, in both land and aquatic environments, plants and animals have moved to higher elevations at a median rate of 36 feet (0.011 kilometers) per decade, and to higher latitudes at a median rate of 10.5 miles (16.9 kilometers) per decade. While this means a range expansion for some species, for others it means movement into less hospitable habitat, increased competition, or range reduction, with some species having nowhere to go because they are already at the top of a mountain or at the northern limit of land suitable for their habitat (USGCRP, 2014a; USGCRP, 2009). These factors lead to local extinctions of both plants and animals in some areas. As a result, the ranges of vegetative biomes are projected to change across 5-20 % of the land in the United States by 2100 (USGCRP, 2014a).

For example, boreal forests are invading tundra, reducing habitat for the many unique species that depend on the tundra ecosystem, such as caribou, arctic foxes, and snowy owls. Other observed changes in the United States include a shift in the temperate broadleaf/conifer forest boundary in the Green Mountains of Vermont; a shift in the shrubland/conifer forest boundary in New Mexico; and an upward elevation shift of the temperate mixed/conifer forest boundary in Southern California.

As rivers and streams warm, warmwater fish are expanding into areas previously inhabited by coldwater species (USGCRP, 2009). As waters warm, cold water fish, including many highly-valued trout and salmon species, are losing their habitat, with projections of 47 % habitat loss by 2080 (USGCRP, 2014a). In certain regions in the western United States, losses of western trout populations may exceed 60 percent, while in other regions, losses of bull trout may reach about 90 % (USGCRP, 2009). Range shifts disturb the current state of the ecosystem and can limit opportunities for fishing and hunting. See the Agriculture and Food Supply Impacts page for information about how habitats of marine species have shifted northward as waters have warmed.

Climate change, along with habitat destruction and pollution, is one of the important stressors that can contribute to species extinction. The IPCC estimates that 20-30 % of the plant and animal species evaluated so far in climate change studies are at risk of extinction if temperatures reach the levels projected to occur by the end of this century (IPCC, 2014). Global rates of species extinctions are likely to approach or exceed the upper limit of observed natural rates of extinction in the fossil record (IPCC, 2014). Examples of species that are particularly climate sensitive and could be at risk of significant losses include animals that are adapted to mountain environments, such as the pika; animals that are dependent on sea ice habitats, such as ringed seals and polar bears; and coldwater fish, such as salmon in the Pacific Northwest (USGCRP, 2014a; USGCRP, 2009).

As a result of activities, conducted within the first National Communication, the systems most vulnerable to climate change in Georgia have been identified. It has been established that the most vulnerable system is the Black Sea coastline, which has a strategic importance for the rehabilitation of the country's economy and development of foreign trade. The second important vulnerable system in Georgia is agriculture, where special attention is paid to wheat in Eastern Georgia. Also, in spite of a sufficient supply of water resources, appropriate attention is being paid increase the efficiency of water utilization.

Georgia occupies the southeastern part of Europe, to the South of the watershed of Great Caucasian Range, in Transcaucasia, lying between the Black and Caspian Seas. Total area of the country is 69,700 km², 46 % of which is located at the altitude of 0-1000 m a.s.l. The Likhi Range, crossing the country almost meridionally in the middle of territory, divides the country into 2 different regions that is reflected mainly in the climate.

Western Georgia is rich in rivers, the biggest of which are Rioni and Enguri. The biggest river in Eastern Georgia is Mtkvari with its several confluents flowing down from the Great Caucasus. There are tens of lakes in Georgia. The biggest of them is Paravani with the area of its water plane of 37.5 km². Over 20 regulating water reservoirs are constructed on a number of rivers. Swamps occupy approximately 600 km² of the country's territory, and glaciers occupy the area of 511 km².

4. Conclusion

Almost all types of climate are presented over Georgian territory except savanna and tropical forests. The Black Sea coastal zone has humid subtropical climate. Mean annual temperature here is 14-15°C and annual precipitation sums range from 1500 to 2500 mm. On the Plains of Eastern Georgia the climate is dry-subtropical with average annual temperatures in the range of 11-13 °C and annual precipitation sums between 400-600 mm. In mountainous areas this value reaches 800-1200 mm.

In the cold period of the year stable snow cover does not form in both regions of Georgia up to the altitude of 400 m a.s.l. Duration of bright sunshine over the most part of the country's territory ranges from 1900 to 2200 hours. Warming period with 10 °C threshold value on the plains comprises 120-160 days, while in a mountainous zone it reaches 220-320 days.

References

- Berdzenishvili, 2012 – Berdzenishvili, N. (2012). Anthropogenization in Georgia. *European Researcher*. Vol.(37). №12-2. Pp. 2266-2270.
- Berdzenishvili, 2017 – Berdzenishvili, N. (2017). Water resources of Georgia and their ecological condition. *Semi-Annual International Peer-Reviewed Akademic Journal. IBSU Scientific Journal of technical Science (IBSUSJH)*. P. 4.
- Berdzenishvili, 2018 – Berdzenishvili, N. (2018). Aerosol effect in the atmosphere. *Proceedings of the Institute of Geophysics*. Tbilisi. P. 2.
- CCSP, 2008 – CCSP (2008). The Effects of Climate Change on Agriculture, Land Resources, Water Resources, and Biodiversity in the United States. A Report by the U.S. Climate Change Science Program and the Subcommittee on Global Change Research, USA.
- Elizbarashvili, 2017 – Elizbarashvili, E. (2017). Climate of Georgia. Institute of Hydrometeorology. Tbilisi.
- IPCC, 2014 – IPCC (2014). Settele, J., Scholes, R., Betts, R., Bunn, S., Leadley, P., Nepstad, D., Overpeck, J.T. and Taboada, M.A. Terrestrial and Inland Water Systems. In: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation and Vulnerability*.

[USGCRP, 2009](#) – USGCRP (2009). Global Climate Change Impacts in the United States. Climate Change Impacts by Sectors: Ecosystems. Karl, T.R., Melillo, J.M., Peterson T.C. (eds.). United States Global Change Research Program. Cambridge University Press, New York, NY, USA.

[USGCRP, 2014](#) – USGCRP (2014). Horton, R., Yohe, G., Easterling, W., Kates, R., Ruth, M., Sussman, E., Whelchel, A., Wolfe, D. and Lipschultz, F. 2014: Ch. 16: Northeast.

[USGCRP, 2014a](#) – USGCRP (2014). Groffman, P.M., Kareiva, P., Carter, S., Grimm, N.B., Lawler, J., Mack, M., Matzek, V. and Tallis, H. 2014: Ch. 8: Ecosystems, Biodiversity, and Ecosystem Services. Climate Change Impacts in the United States.

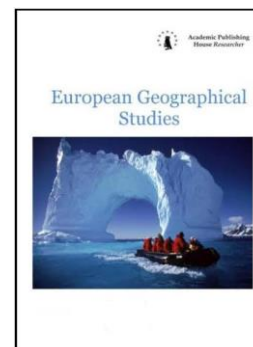
[Varazanashvili et al., 2012](#) – Varazanashvili, O., Tsereteli, N., Amiranashvili, A., Tsereteli, E., Elizbarashvili, E., Dolidze, J., Qaldani, L., Saluqvadze, M., Adamia, S., Arevadze, N., Gventcadze, A. (2012). Vulnerability, hazards and multiple risk assessment for Georgia. *Natural Hazards Journal of the International Society for the Prevention and Mitigation of Natural Hazards*. 64: 2021-2056.

Copyright © 2020 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
2020, 7(1): 8-30

DOI: 10.13187/egs.2020.1.8
www.ejournal9.com



Water Balance of Small River Basins in the Sochi Black Sea Coast

Nikolai A. Bityukov ^{a,*}

^a Sochi national park, Sochi, Russian Federation

Abstract

The article is devoted to the analysis of the hydrological regime of small rivers of the Black sea coast of the Caucasus, located in the mid-mountain and low-mountain zones. Based on the GIS-technologies, maps of the distribution of high-altitude zones of these rivers' basins with hypsographic curves have been developed. For the mid-mountain zone of the Sochi Black sea region, the analysis of the hydrological regime of the Psii river basin with a catchment area of 20.4 km² and an average height of 664 m above sea level (a tributary of the Shakhe river) is given. To characterize the low-mountain hydrology, we consider the Kuapse river catchment area with an area of 14.6 km² and an average height of 322 m, which flows into the Black sea. It was found that the input part of the water balance of these rivers in the form of precipitation measured at weather stations in the estuaries of rivers is understated due to the high-altitude zoning of catchments. To account the influence of this factor, the correction coefficients were calculated equal to an increase in precipitation by 4.5 % for every 100 m of elevation in the mid-mountain zone, and by 17.3 % per 100 m of elevation in the low – mountain zone.

As a result of calculations for the mid-mountain zone, it was found that for r. Psii the main part of the balance is occupied by shallow-water ground nutrition – in total, it reaches 66 % with slope runoff. The total evaporation here is about 1/3 of the balance.

For the low-mountain zone, the annual water balance of the Kuapse river basin is as follows: in mm of layer 3520 = 1539 + 1981 or in % 00=44.0 + 56.0. Here precipitation is spent on 44 % on runoff, and 56 % is spent on total evaporation. During the cold period, more than half of the precipitation goes to runoff, and only 45 % – to total evaporation. During the warm period, out of 1644 mm of precipitation, 533 mm (31.0 %) is spent on runoff, and the remaining 1111 mm (69.0 %) is total evaporation.

Keywords: the Sochi Black sea coast, geomorphology of Caucasus, a river network, pools of the rivers, norms of deposits, hydrological mode of the rivers.

1. Введение

Анализ речной сети Сочинского Причерноморья показал, что в соответствии с геоморфологическими условиями региона впадающие в Черное море реки можно разделить на три уровня. Первый уровень представлен основными реками, формирующимися в высокогорной территории Сочинского Причерноморья; второй уровень рек, представлен водотоками, имеющими начало в среднегорной зоне; и третий уровень – это малые реки, сформированные в низкогорье. При этом большое значение для гидрологического режима

* Corresponding author

E-mail addresses: nikbit@mail.ru (N.A. Bityukov)

рек имеют размеры площади водосбора. Изучение влияния горных лесов на формирование стока рек показывает, что этот фактор поддается анализу именно для малых водосборов ввиду однородности физико-географических условий для них (Битюков, 2018; Битюков, Ткаченко, 2017).

Для характеристики водорегулирующей роли горных лесов Сочинского Причерноморья привлечены материалы многолетних наблюдений на постах Росгидромета. (Государственный водный кадастр, 1988, 2004; Ресурсы поверхностных вод СССР, 1973, 1975).

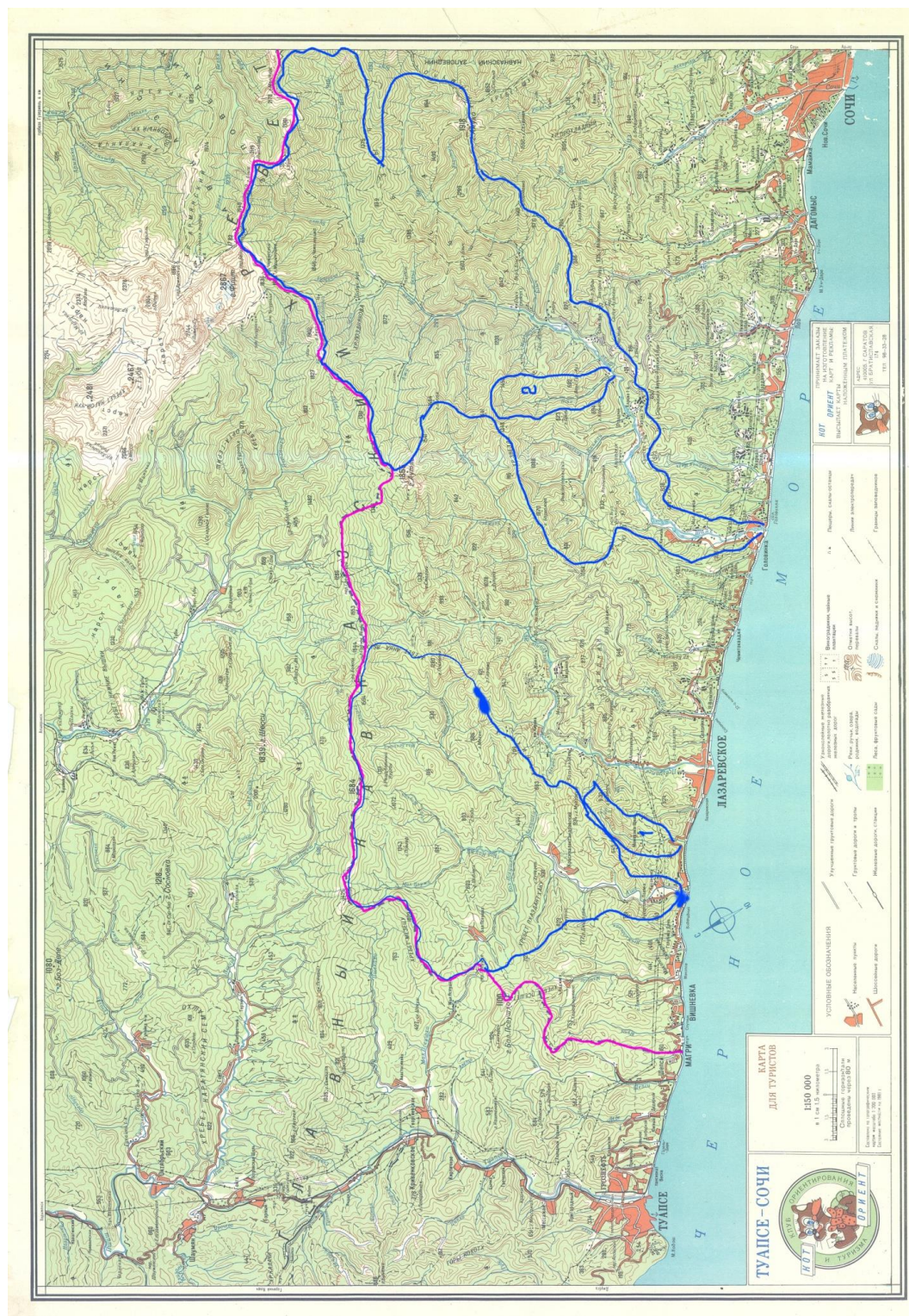


Рис. 1. Схема расположения малых водосборов (1 – бассейн реки Куапсе; 2 – бассейн реки Псий). Красная линия – границы Сочинского национального парка

Водный баланс бассейнов рек этой территории характеризуется резко ограниченным контуром, внутри которого происходит почти весь процесс круговорота влаги. Осадки, выпадающие в бассейнах рек в виде дождя и снега, частично расходуются на испарение и транспирацию, остальная их часть в виде поверхностных и подземных вод возвращается в море. При подборе бассейна, репрезентующего средние условия Сочинского Причерноморья использовались следующие условия:

- а) наиболее близкое к центру подрайона расположение бассейна;
- б) наименьшая величина площади бассейна (из рек, имеющих гидрологические наблюдения), что облегчает точность расчёта элементов баланса;
- в) наличие длительного ряда наблюдений за стоком и осадками;
- г) наименьшее хозяйственное воздействие на площадь с лесными насаждениями.

Далее приведен анализ гидрологического режима двух малых рек, представляющих среднегорную зону – бассейн реки Псий с площадью водосбора 20,4 км² (притока реки Шахе) и низкогорную зону – бассейн реки Куапсе с площадью 14,6 км² ([Рисунок 1](#)).

2. Материалы и методы

Водный баланс бассейна р. Псий.

Для среднегорной зоны буково-каштановых лесов репрезентативным является бассейн р. Псий – правобережного притока р. Шахе (площадь водосбора – 20,4 км², длина реки – 9,8 км). Бассейн р. Псий характеризуется очень четким ограничением в пространстве (при юго-западной ориентации). Водораздельная линия бассейна проходит по хребтам с высотами до 695 м, а в верхней части – до 1356 м над ур.м. и выше. Средняя высота бассейна – 664 м над ур. моря. В верхней части бассейна преобладают склоны крутизной более 30° (занимают 35 % площади бассейна), в средней и нижней частях – склоны 20-30° (около 40 %), 11-20° (около 20 %) и до 10° (не более 5 %) ([Рисунок 2](#)).

Верхняя треть бассейна занята разновозрастными буковыми насаждениями II-го класса бонитета, средняя – преимущественно спелыми каштановыми древостоями II-го класса бонитета, а нижняя – дубравами (бонитет II) и частично буковыми насаждениями (бонитет III).

Общая площадь букняков – 44,5 %, дубрав – 26,4 %, каштанников – 25,5 %. Насаждения характеризуются высокими полнотами и слабо затронуты хозяйственной деятельностью. В некоторых наиболее пологих участках бассейна на месте вырубленных древостоев созданы плантации орехоплодных и сады (общая их площадь около 3,6 %).

Наблюдения за осадками и стоком в бассейне р. Псий велись с 1945 по 1988 гг. Наблюденные величины осадков были исправлены на ветровой недоучёт осадков и смачивание. Суммарный поправочный коэффициент в течение года изменялся в пределах от 1,04 до 1,08 (Справочник по климату СССР, вып. 13, ч. IV). Поскольку высота установки осадкомера равна 188 м, а высоты склонов водосбора изменяются от 150 до 1400 м, существенное значение приобретает расчёт среднего для бассейна слоя выпадающих осадков ([Битюков, 2007, 2018](#)).

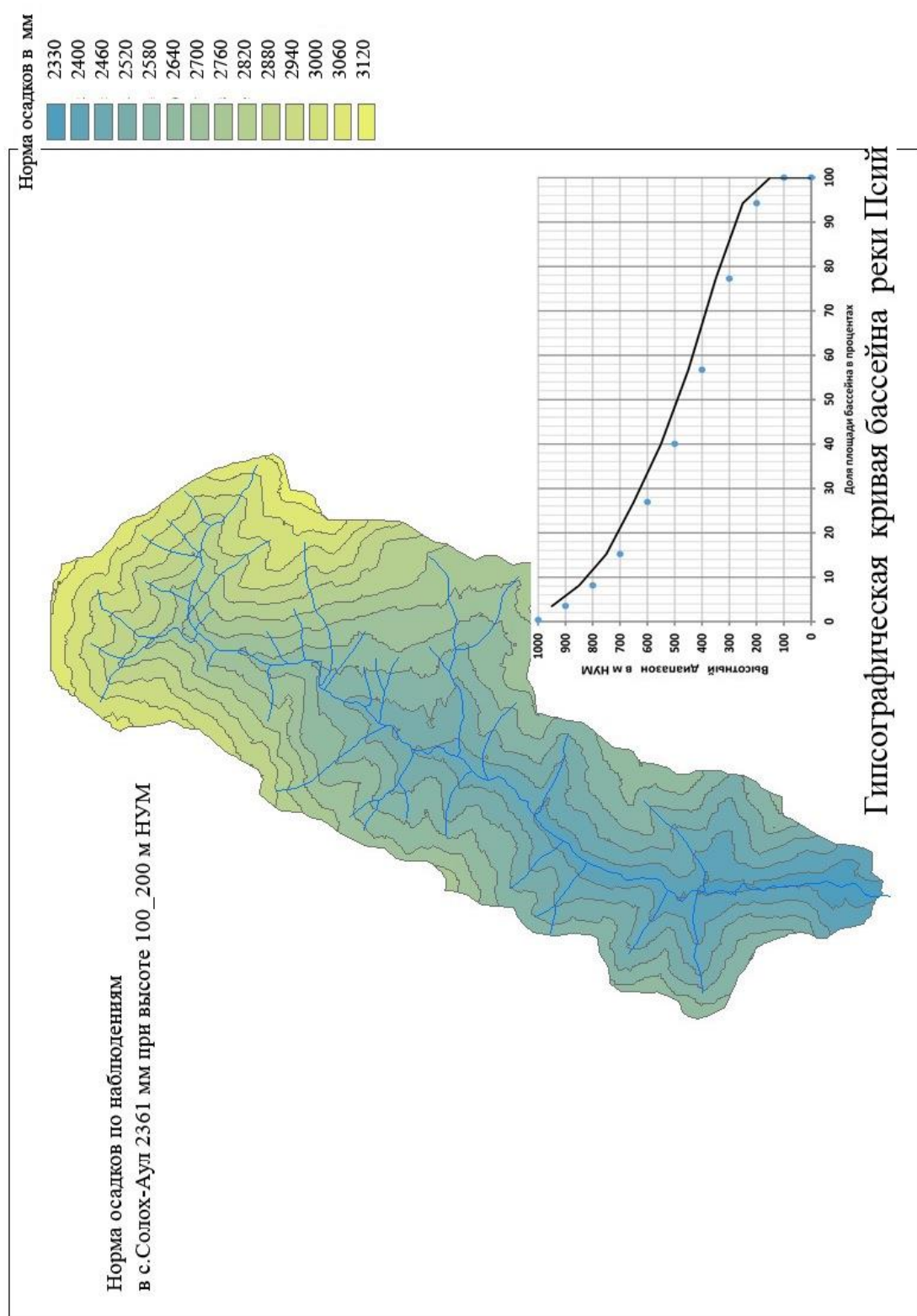


Рис. 2. Цифровая модель рельефа бассейна реки Псий с гипсографической кривой водосбора

На [Рисунке 2](#) приведена цифровая модель рельефа бассейна реки Псий. Плувиометрический градиент был определен по метеостанциям Красная Поляна (566 м) и Ачишхо (1880 м), которые также, как и бассейн р.Псий, находятся за передовыми от моря хребтами. Он составил увеличение 4,4 % от осадков на нижележащей станции на 100 м

подъема. С учётом гипсографической кривой был определен поправочный коэффициент на высоту бассейна $K_{oc} = 1,188$.

Таким образом, для дальнейших расчетов годовых и сезонных сумм осадков в бассейнах реки Псий приняты величины плювиометрических градиентов (повышение осадков с высотой), полученных непосредственными наблюдениями (Битюков, 1990, 2013, 2018):

- для холодного периода (с 1.XI по 30 марта гидрологического года) равен 5,3-4,9 % на каждые 199 м подъема, а в среднем 5,0 % на каждый 100 м подъема;

- для теплого периода (с 1 апреля по 30 октября) плювиометрический градиент равен 3,6-4,2 % на каждые 100 м подъема, а в среднем 4,1 % на 100 м. Следует отметить, что величина плювиометрического градиента в некоторой степени зависит от интенсивности ливня. Так, для исключительно интенсивного ливня в июле 1956 г. по данным МС Красная Поляна и МС Ачишхо плювиометрический коэффициент получен равным 9,7 % на 100 м.

Для расчета среднего слоя осадков, выпавших на горный водосбор, необходимо ввести поправку к наблюдениям в нижней части бассейна, учитывающую плювиометрический градиент. Поправочный коэффициент K_x , учитывающий увеличение осадков с высотой местности, для небольшого речного бассейна можно рассчитать по формуле (Битюков, Ткаченко, 2017; Коваль, Битюков, 2001):

$$K_x = \frac{K_{1x}f_1 + K_{2x}f_2 + \dots + K_{nx}f_n}{F} \quad (1)$$

где: $K_{1x}, K_{2x} \dots K_{nx}$ – осадки на уровне горизонтали 50 м, 150 м, 250 м и т.д., в долях от осадков исходной нижележащей станции; $f_1, f_2, \dots f_n$ – площади бассейна, заключенные между горизонталями, кратными 100 м; F – площадь бассейна.

3. Обсуждение

На [Рисунке 3](#) приведен график средних для бассейна величин осадков и стока по сезонам за многолетний период наблюдений. Гидрологическим годом при этом условлено считать период с 1/XI до 31/X. Средняя дата появления снежного покрова 20/X-8/XII (в пределах высоты бассейна), образование устойчивого покрова – около 24/XII, схода снежного покрова – около 5/IV. Поэтому за холодный сезон принят период XI-III, а теплый – IV-X.

Как показывают наблюдения ([Рисунок 3](#)), осадки холодного периода обычно превышают осадки теплого сезона (в 1,5-2,5 раза), и водность года определяется в основном водностью холодного периода. Колебания как годовых, так и сезонных сумм осадков очень велики. Так, минимум годовых осадков отмечен в 1957 г – 2156 мм; за теплый период – также в этом году – 478 мм, за холодный период – 1241 мм (1951 г).

Максимумы осадков наблюдались: за год – 3861 мм (1958 г), за холодный сезон – 2565 (1958 г), за теплый сезон – 1540 мм (1956 г). Если осадки колеблются в многолетнем разрезе не более чем в 2 раза, то колебания стока гораздо больше: годовой – в 2,2 раза (максимум 2485 мм в 1963, минимум 1128 мм в 1955 г), зимний – в 2,7 раза (максимум 1966 мм в 1963 г, минимум 738 мм в 1951 г), а летний – в 7,7 раза (1097 мм в 1956 г и 143 мм в 1957 г).

Отсюда ясно, что водный баланс даже в пределах одного и того же небольшого бассейна может изменяться во времени весьма значительно из-за колебания его приходной части ([Таблица 1](#))

Расчёт суммарного испарения как разницы между осадками и стоком, разумеется, имеет приближенный характер даже при условии полного дренирования руслом реки глубоких грунтовых вод.

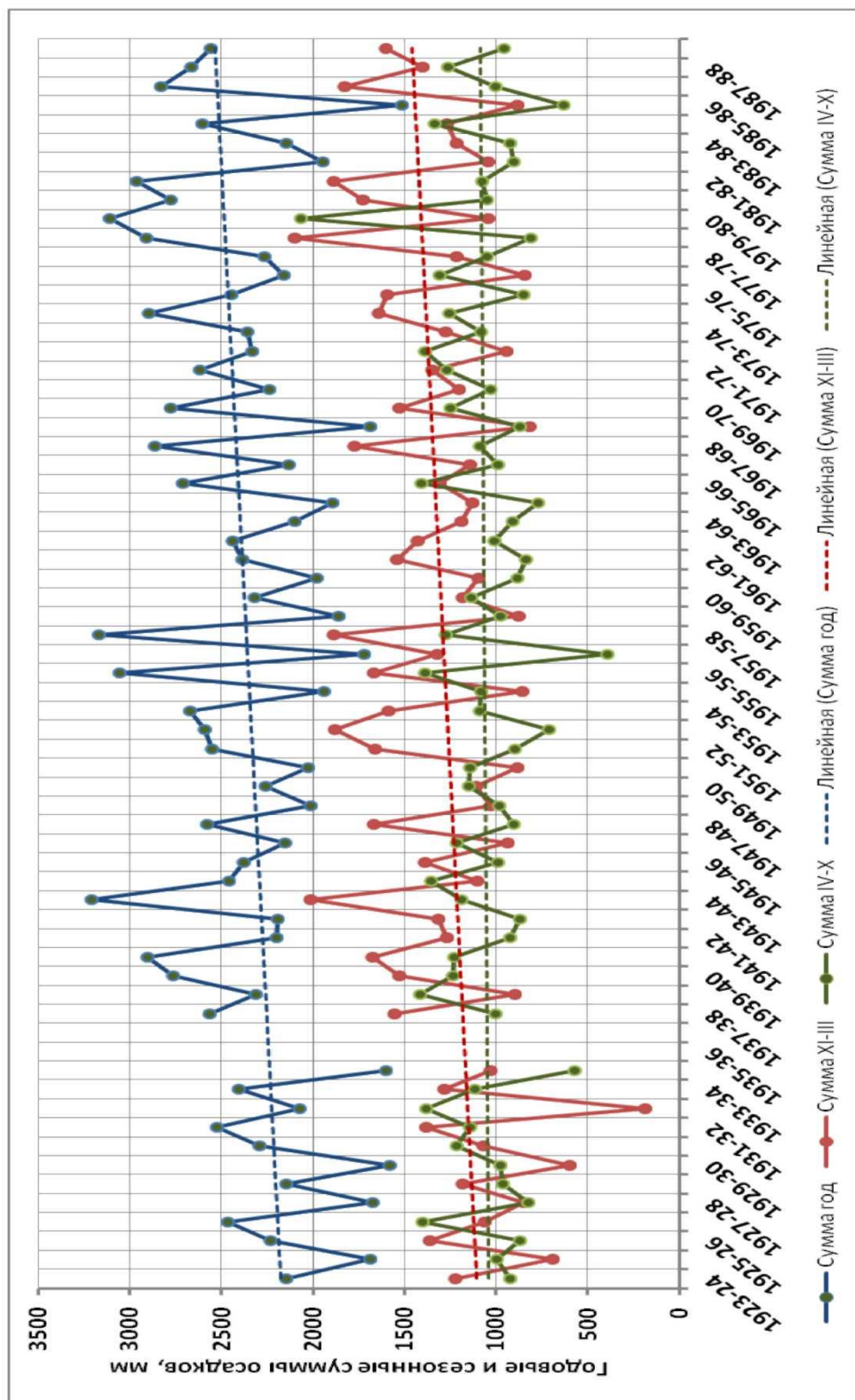


Рис. 3. Хронологический график годовых и сезонных сумм осадков на МС Солох-Аул за весь период наблюдений (1923–1988 гидрологические годы)

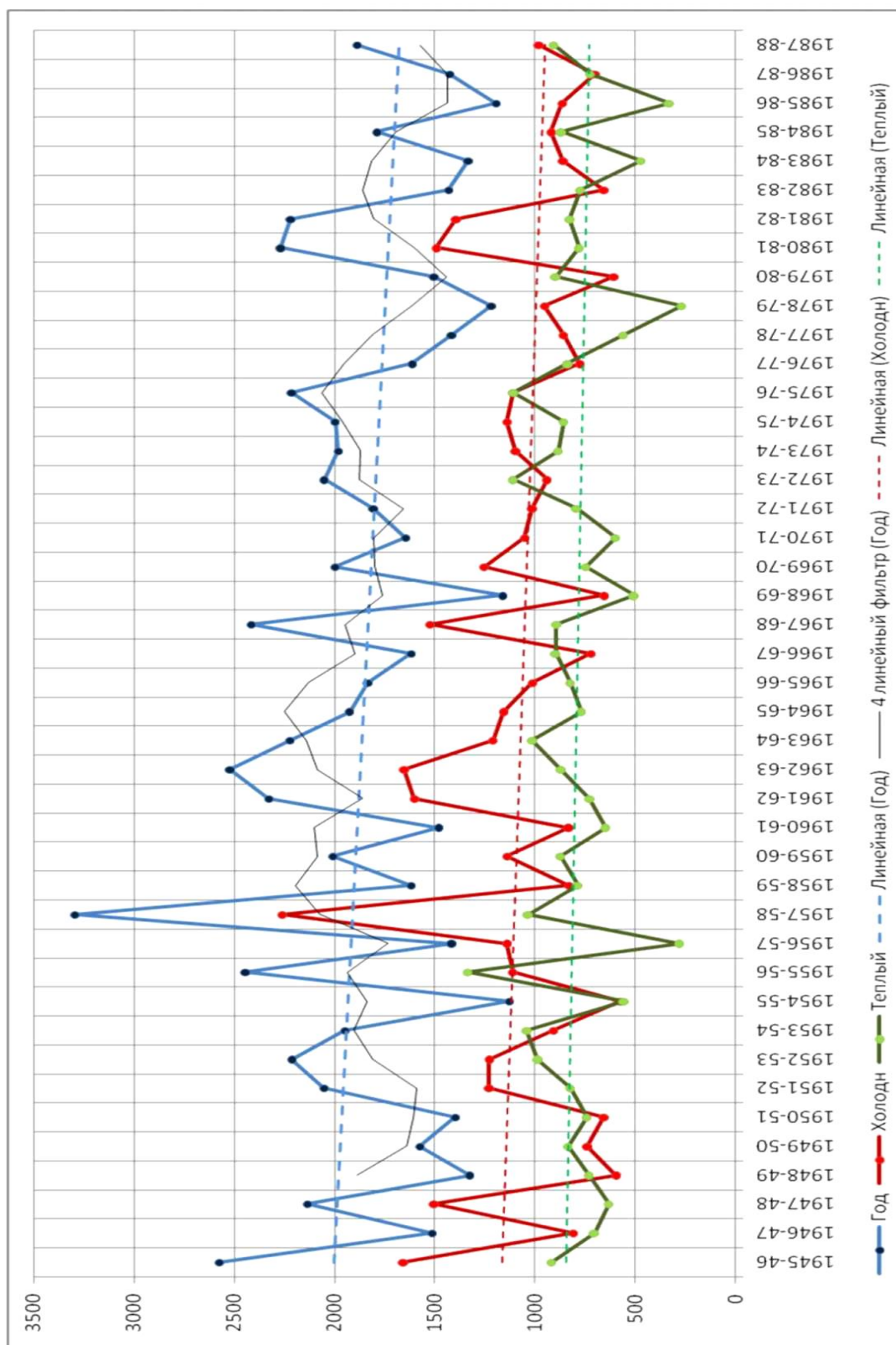


Рис. 4. Хронологический график сезонных и годовых сумм стока р Псий у с. Тух-Аул (в мм слоя)

Таблица 1. Водный баланс бассейна р. Псий (площадь 20,4 км², средняя высота 664 м над ур. моря) за период 1946–1968 гидр. годы

Гидрологические годы	Осадки, мм			Сток, мм			Суммарное испарение, мм		
	Холодный период (XI-1У)	Теплый период (У-Х)	Гидрологический год	Холодный период (XI-1У)	Теплый период (У-Х)	Гидрологический год	Холодный период (XI-1У)	Теплый период (У-Х)	Гидрологический год
1946-47		1342		945	569	1514		773	
1947-48	2170	1072	3242	1750	391	2141	420	681	1101
1948-49	1516	1262	2778	884	439	1323	632	823	1455
1949-50	1446	1388	2834^	1024	548	1572	422	640	1262
1950-51	1241	1305	2546	738	659	1397	503	646	1149
1951-52	2250	965	3215	1542	510	2052	708	455	1164
1952-53	2508	762	3270	1656	557	2213	852	205	1057
1953-54	2100	1250	3350	1154	786	1940	946	464	1410
1954-55	1500	941	2441	866	262	1128	634	679	1313
1955-56	2300	1540	3840	1347	1097	2444	953	443	1396
1956-57	1678	478	2156	1272	143	1415	406	335	741
1957-58	2565	1296	3861	1704	722	2426	861	574	1435
1958-59	1390	947	2337	1120	496	1616	270	451	721
1959-60	1670	1250	2920	1324	684	2008	346	566	912
1960-61	1500	994	2494	1025	463	1488	475	531	1006
1961-62	2210	910	3120	1904	426	2330	306	484	790
1962-63	2490	1010	3500	1966	519	2485	524	491	1015
1963-64	1600	1035	2635	1444	778	2222	156	257	413
1964-65	1715	666	2381	1460	465	1925	255	201	456
1965-66	1960	1508	3468	1244	588	1832	716	920	1636
1966-67	1623	1057	2682	946	672	1618	679	385	1064
1967-68	2340	1250	3590	1819	599	2418	521	651	1172
Средние	1894	1090	2984	1322	564	1886	351	529	1080

Таблица 2. Расчленение гидрографов стока р. Псий по видам питания в осенний, зимне-весенний и летний периоды года

Гидрологические годы	Грунтовый сток, мм				Склоновый сток, мм				Коэффициенты склонового стока			
	XI-XII	I-V	VI-X	Сумма за год	XI-XII	I-V	VI-X	Сумма за год	XI-XII	I-V	VI-X	Средн. годовой
1946-47	118	528	252	898	82	255	279	616	-	0,24	0,22	-
1947-48	298	732	161	1192	348	494	279	949	0,41	0,37	0,10	0,29
1948-49	109	564	181	854	48	354	107	468	0,12	0,23	0,08	0,17

1949-50	68	628	233	929	30	379	66	642	0,10	0,29	0,18	0,23
1950-51	114	393	252	759	115	386	233	638	0,26	0,31	0,16	0,25
1951-52	162	807	183	1152	237	524	137	900	0,30	0,31	0,18	0,28
1952-53	129	1001	203	1333	159	664	139	880	0,26	0,33	0,09	0,27
1953-54	84	731	277	1112	80	593	57	827	0,13	0,34	0,29	0,25
1954-55	54	502	123	679	43	367	154	449	0,13	0,30	0,04	0,18
1955-56	163	741	235	1139	240	441	39	1304	0,27	0,26	0,48	0,34
1956-57	249	582	71	902	263	244	623	513	0,37	0,23	0,01	0,24
1957-58	147	896	375	1418	325	511	6	1008	0,36	0,29	0,14	0,26
1958-59	173	696	231	1100	114	270	172	516	0,30	0,24	0,15	0,22
1959-60	201	635	285	1121	207	416	132	887	0,33	0,34	0,24	0,30
1960-61	143	573	220	936	129	276	264	551	0,22	0,26	0,17	0,22
1961-62	268	923	177	1368	327	516	146	962	0,36	0,36	0,15	0,31
1962-63	118	1069	256	1443	191	746	119	1042	0,28	0,40	0,11	0,30
Среднее	139	708	218	1079	173	438	103	774	0,26	0,30	0,16	0,26

Поскольку кривая истощения запасов воды в бассейне по оси времени имеет длительность 4-5 и более месяцев, ясно, что бассейновое регулирование стока по времени превышает пределы сезонов. За счёт этого суммарное испарение теплого периода занижено, а холодного периода – завышено (в мае стекают осадки, выпавшие в апреле и марте). Более достоверны величины суммарного испарения за год, но наиболее правильным будет расчёт водного баланса, осредненный для одного или нескольких гидрологических циклов (т.е. периодов от одного самого маловодного года до другого). В начале периода наблюдений наименьшим по сумме осадков был 1951 г., следующий – 1955 г, затем 1957, 1959 и 1965 г. Определив средние значения осадков и стока за гидрологический цикл 1951-1965 гг, получим следующее уравнение водного баланса бассейна р.Псий:

$$2940 \text{ мм} = 1940 + 1000 \text{ мм или } 100 \% = 66,0 \% + 34,0 \% \quad (2)$$

Полученное уравнение (в %) соответствует распределению элементов баланса, полученному на стационаре "Аибга" в 1967 гидрологическом году, близком по осадкам к среднемноголетней норме (Битюков, 2013).

Очень важно расчленить укрупненные показатели расходной части баланса на их составляющие, с тем, чтобы отчётливее выявить водорегулирующую роль леса (Таблица 2).

Суммарное испарение, составляющее 34 % от выпадающих осадков, включает: перехват осадков пологом леса, который будет зависеть от осадков и составляет в среднем 13,5 % (т.е. 400 мм), транспирацию (если принять по данным стационара "Аибга" в среднем около 380 мм, то это даст 12,9 % от осадков); испарение с почвы летом – около 90 мм (3,1 %) и зимой – 130 мм (4,5 %).

Расчленение стока р. Псий по видам питания, приведенное в Таблице 2, получено путем срезки пиков паводков на гидрографах стока. При этом предполагалось, что в течение 5-7 дней после дождя склоновый сток, имеющий наиболее значительные скорости добегания, полностью пройдет через замыкающий створ. В течение гидрологического года было выделено 3 самых характерных периода: начало холодного времени года (XI-XII), когда осадки обычно выпадают на предварительно увлажненную почву; зимне-весенний период (I-V), когда в бассейне происходит накопление снега и последующее его таяние, и летний период (VI-X), когда ливни выпадают обычно на иссушенную почву.

Склоновый сток в среднем составляет 53 % в XI-XII, 38 % – в I-V и 43 % – в VI-X от годового объема стока. Коэффициенты склонового стока в XI-XII изменялись в пределах 0,10-0,41 (в среднем 0,26), в I-V от 0,23 до 0,40 (в среднем 0,30), в VI-X – от 0,01 до 0,48 (в среднем 0,16). На Рисунке 5 приведен график динамики коэффициентов сезонного и годового стока р. Псий за весь период наблюдений. (1945–1988 гидрологические годы).

Объём склонового стока зависит от величины и интенсивности ливня, предварительного увлажнения почвы, интенсивности впитывания и других факторов. Коэффициент склонового стока характеризует суммарное действие всех факторов. Так, ноябрьские и декабрьские ливни в разные годы выпадают как на увлажненную, так и на неувлажненную почву, и коэффициенты стока варьируют весьма значительно. В зимне-весенний период при хорошем увлажнении почвы коэффициенты склонового стока достигают 0,30, хотя интенсивности осадков и снеготаяния гораздо меньше, чем в осенние и летние ливни. Летом склоновый сток уменьшается в среднем почти в 2 раза, а вариация его наибольшая.

Коэффициенты склонового стока для отдельных паводков при осадках 97-216 мм колеблются в пределах 0,027-0,61, а во время максимального за весь период наблюдений ливня в июне 1956 г. при осадках 384 мм коэффициент склонового стока достиг 0,90.

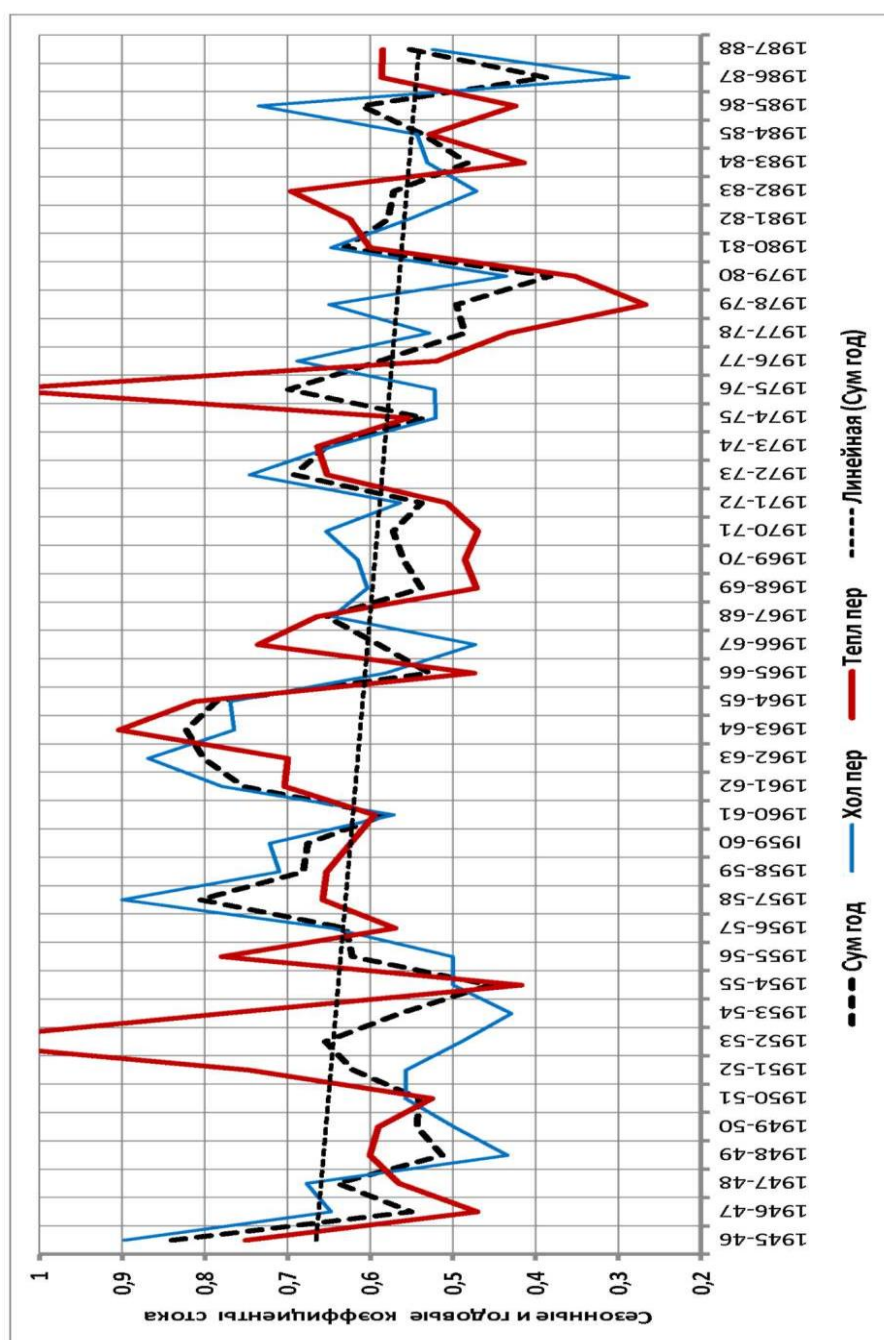


Рис. 5. Динамика сезонных и годовых коэффициентов стока р. Псей у с. Тух-Аул за период 1945-1988 гидр годы (в долях от ед-цы)

Однако, выпадение сильных ливней на очень увлажненную почву в летний период случается довольно редко. Летом осадки до 20 мм обычно не дают стока, а стокообразующими являются ливни более 20 мм.

Таким образом, в среднемноголетнем разрезе водный баланс бассейна реки Псий можно представить по формуле (1) в следующем виде:

$$2940 = 774 \text{ мм} + (90 \text{ мм} + 380 \text{ мм} + 400 \text{ мм}) + 0 + (130 \text{ мм} + 1166 \text{ мм}) \quad (3)$$

$$\text{или в \% от осадков: } 100 = 26,3 + (3,1 + 12,9 + 13,5) + (4,5 + 39,7) \quad (4)$$

В этом балансе преобладает инфильтрация в почвоподстилающие грунты и суммарное испарение. Расчет суммарного испарения как разницы между осадками и стоком имеет приближенный характер даже при условии полного дренирования руслом реки глубоких грунтовых вод, поскольку имеет место бассейновое регулирование стока.

Наиболее правильным будет расчет водного баланса для одного или нескольких гидрологических циклов, т.е. периода от одного из самого маловодного года до другого. Для бассейна р. Псий средний баланс за гидрологический цикл 1951-65 гг. выглядит следующим образом:

$$\text{в мм: } 2940 = 1940 + 1000; \quad (5)$$

$$\text{в \%: } 100,0 = 66,0 + 34,0. \quad (6)$$

Основную часть в балансе здесь занимает глубоководное грунтовое питание – в сумме со склоновым стоком оно достигает 66 % для р. Псий. Суммарное испарение составляет здесь около 1/3 баланса.

На малом бассейне р. Псий для отдельных паводков коэффициенты склонового стока (при осадках 100-200 мм) колеблются от 0,03 до 0,61, а во время максимального ливня в июле 1956 г. при слое осадков 384 мм коэффициент стока за паводок достиг 0,90. Обычные же осадки не превышают 20 мм, и летом стока не дают (стокообразующими являются ливни более 20 мм).

Водный баланс бассейна р. Куапсе

Бассейн реки Куапсе расположен в северо-западной части Большого Сочи, примерно в 7 км к северу от посёлка Лазаревское, в 75 км к северо-западу от Центрального района Сочи (Рисунок 1). Долина реки Куапсе зажата между Ашейским хребтом на севере и хребтом Безымянным на юге. Рельеф местности в низовьях в основном холмистый, в верхней части гористый с резкими перепадами относительных высот и обрывами. Средневзвешенная высота водосбора составляет 322,1 м над уровнем моря. В верховьях реки Куапсе расположены две горные вершины – Муззосуку (924 м НУМ) и Бозтепе (931 м НУМ). Вся территория бассейна заросла густым широколиственным лесом, имеются карстовые пещеры.

Гидрографическая сеть представлена рекой Куапсе и её притоками, а также озером «Счастье». В верховьях река принимает в себя множество родниковых речек различной величины. Также в бассейне реки расположены несколько водопадов, среди которых наиболее выделяются водопады – Мамедова, Берендеева Борода, Купала, Безымянная и др. Перед входом в ущелье долина реки загромождена глыбами жёлто-серого песчаника.

Климат на территории бассейна влажный при среднегодовой температуре воздуха около +13,5°C, со средними температурами июля около +24,0°C, и средними температурами января около +6,0°C. Среднегодовое количество осадков по данным ближайшей метеостанции Сочи 1556 мм (среднее за 113 лет наблюдений). При этом осадки холодного периода составляют 773 мм, а теплого сезона – 784 мм, то есть примерно равное количество осадков по сезонам и большим различиям по интенсивности дождей. На Рисунке 6 представлена цифровая модель рельефа бассейна реки Куапсе с гипсографической кривой водосбора.

В административном отношении на территории водосбора реки Куапсе располагается село Мамедова Щель, которое с 1965 года включено в состав Красноалександровского сельского округа (ныне Лыготхский) Большого Сочи, и делится на три микрорайона – собственно Мамедова Щель, а также Верхняя Мамедка и Родничок. Устье реки Куапсе считается частью курортного посёлка Лазаревское. Гидроним Куапсе в переводе с адыгейского «кьопсе» означает «кабан-река», так как раньше эти животные выбирали ее местом своего водопоя. Не исключено, что такое имя было дано речушке из-за бурного нрава во время непогоды.

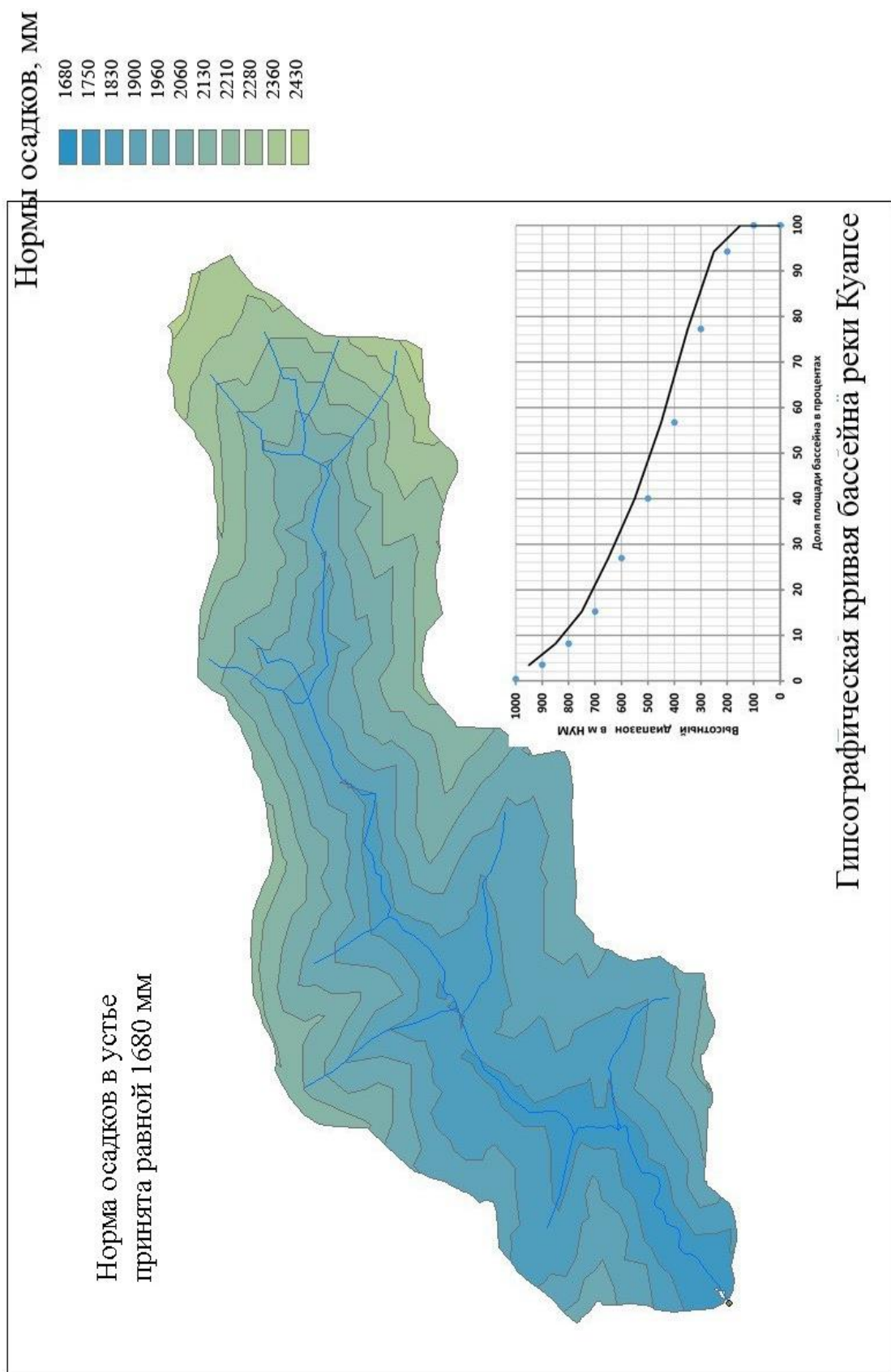


Рис. 6. Цифровая модель рельефа бассейна реки Куапсе (площадь водосбора 14,6 км², средневзвешенная высота бассейна 329,1 м НУМ)

На [Рисунке 7](#) представлена динамика сезонных и годовых сумм осадков на ближайшей к бассейну реки Куапсе метеостанции Сочи (высота 57 м НУМ). За 113-летний период наблюдений среднемесячные осадки изменялись от 87 до 180 мм, а максимальные за месяцы – от 269 до 581 мм. Многолетняя норма осадков здесь составила 1560 мм за гидрологический год при колебаниях сезонных сумм: за холодный период – от 348 до 1180 мм (среднее 776 мм), а за теплый период от 381 до 1329 мм (среднее 784 мм).

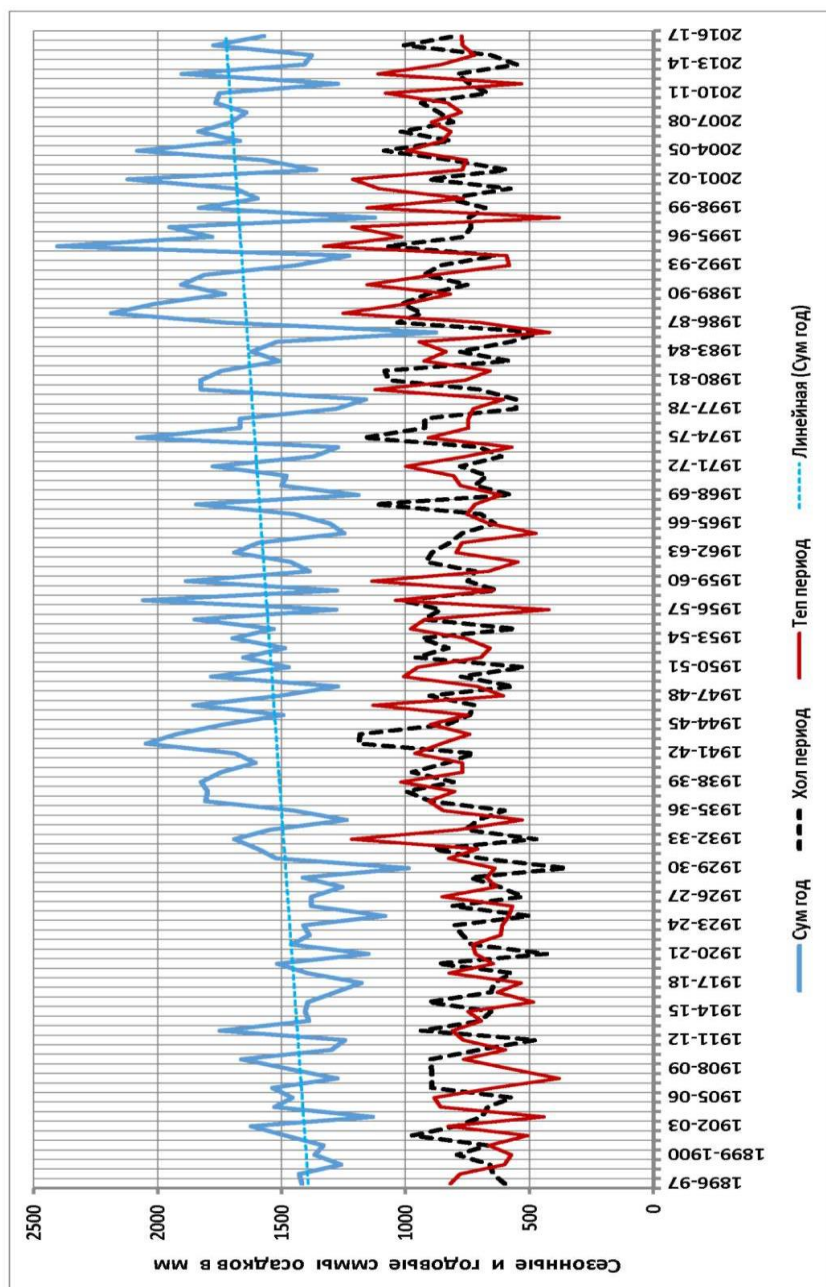


Рис. 7. Динамика сезонных и годовых сумм осадков на метеостанции Сочи за весь период наблюдений (1896–2017 гидрологические годы)

При водно-балансовых расчетах для горных водосборов, как и показано выше, важным является величина суммы осадков в устьевой части водосбора, а также принятое значение плувиометрического коэффициента (повышение осадков с высотой местности) ([Битюков, 2018](#)). Расчеты по имеющимся наблюдениям на метеостанциях показали, что среднее значение плувиометрического коэффициента для среднегорной зоны равен: $(3,8+6,5+4,8+4,8+5,8)/5 = 5,14$ % на 100 м. В высокогорной зоне (600-2000 м НУМ) средний

плювиометрический коэффициент для годовых сумм осадков можно принять 4,8 % на 100 м подъема. Если принять указанные значения поправок на величины осадков для бассейна реки Куапсе (Рисунок 6), то расчеты коэффициентов стока будут получены неверные (около половины значений их будут превышать 1,0, что в природе не может быть). В связи с этим нами предпринята попытка расчета плювиометрического коэффициента по паре метеостанций: МС Сочи (высота 57 м НУМ с нормой осадков 1560 мм за 67-летний период параллельных наблюдений) и МС СолохАул (высота 197 м НУМ с нормой годовых осадков 2361 мм за тот же период).

При указанных условиях в смежном с бассейном реки Куапсе бассейне реки Шахе в ниже-горной зоне плювиометрический градиент будет равен 17,3 % на 100 м подъема.

Для анализа ряда наблюдений за стоком реки Куапсе были привлечены материалы наблюдений за стоком на близлежащих водосборах рек Западный Дагомыс и Аше. За период параллельных наблюдений на реках Куапсе и Зап. Дагомыс 1975–2004 гидр. годы был построен хронологический график годовых сумм стока (Рисунок 8), а на Рисунок 9 показаны графики связи сезонных сумм.

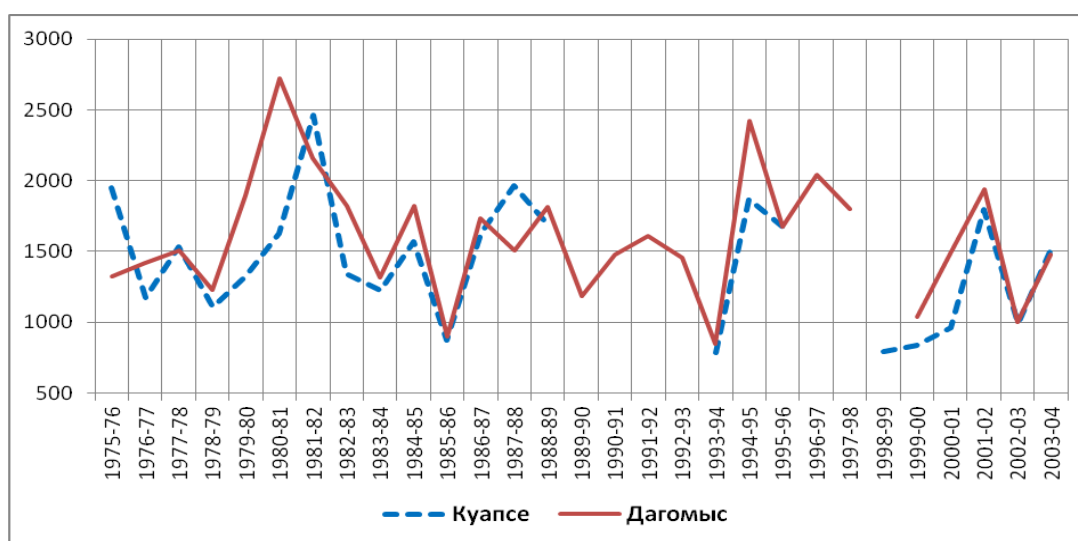


Рис. 8. Сравнение динамики годовых сумм стока (в мм слоя) рек Куапсе и Западный Дагомыс

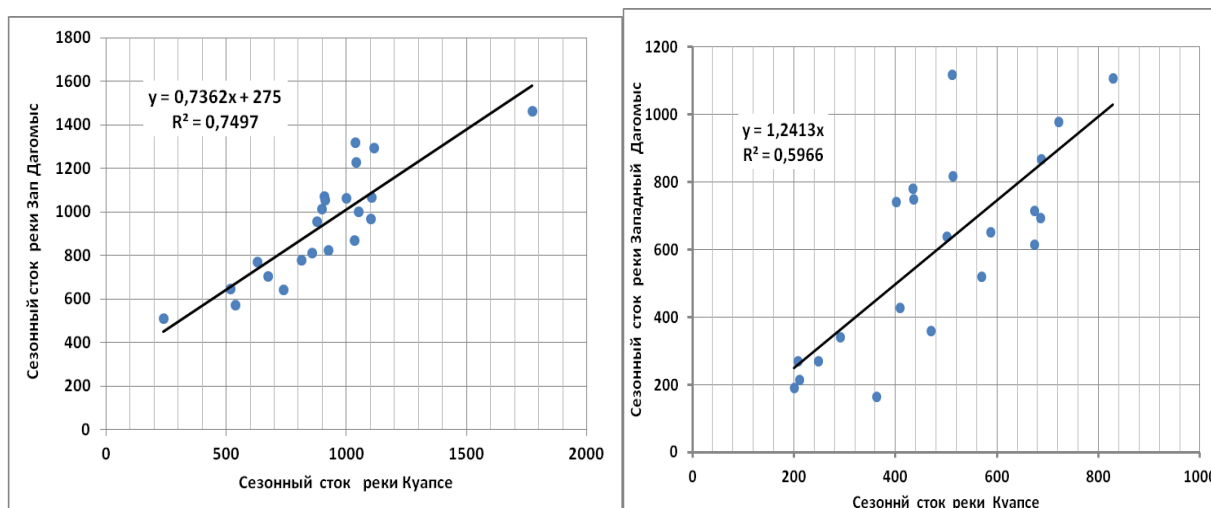


Рис. 9. Связь сезонного стока Куапсе и Зап Дагомыс, за холодный (слева) и теплый (справа) сезоны (в мм слоя)

С применением полученных зависимостей были продлены пропущенные периоды наблюдений в бассейне реки Куапсе.

Материалы, приведенные в [Таблице 3](#), показывают, что расчеты стока по данным двум смежным водосборам дают сравнимые результаты, при этом сток на малом водосборе р. Куапсе в среднем на 150 мм больше, чем на более значительном водосборе р. Аше, что соответствует общим гидрологическим закономерностям.

Таблица 3. Сравнение средних величин стока по параллельным наблюдениям на реках Куапсе у с. Мамедова Щель и Аше у с. Аше

Наименование гидроствора	Площадь водосбора, км ²	Характеристики стока	Средние нормы стока, мм			Период наблюдений, годы
			Гидрол год	Холодный сезон	Теплый сезон	
Р. Аше у с. Аше	238	Средний	1492,3	935	530,3	1954–1980
		Максимальный	2885,4	2138,4	929,2	
		Минимальный	689,8	401,1	67,5	
Р. Куапсе у с. Мамедова Щель	14,6	Средний	1639,2	1115,9	523,3	1954–1980
		Максимальный	2888,7	1962,6	1401,2	
		Минимальный	705,2	320,7	40,5	

На [Рисунке 10](#) представлена динамика сезонных и годовых сумм стока реки Куапсе у с. Мамедова Щель за весь период наблюдений (1945–2004 гидрологические годы) с восстановленными пропусками. Можно отметить резкие колебания как годового стока (в пределах от 705 мм в засушливый год до 2889 мм – в наиболее многоводный год), так и сезонного стока. Так, в холодный период при средней величине 1116 мм стока колебался от 321 мм до 1962 мм, а в теплый сезон при среднем значении 523 мм сток колебался от 40 мм до 1401 мм. Таким образом, сток холодного сезона превышает сток теплого сезона в 2,13 раза, что свидетельствует о значительном расходовании влаги на водосборе в период вегетации (учитывая, что количество выпадающих осадков примерно равное по сезонам – [Рисунок 7](#)).

В [Таблице 4](#) приведены результаты расчета коэффициентов годового и сезонных сумм стока по бассейнам рек Псий и Куапсе, выполненные с учетом высотных поправок для годовых и сезонных сумм осадков.

На [Рисунке 11](#) представлена многолетняя динамика коэффициентов годового и сезонных сумм стока реки Куапсе за весь период гидрологических наблюдений. Анализ графика показывает, что как годовые, так и сезонные значения этого параметра для бассейна прибрежных малых бассейнов характеризуются резкими колебаниями. Так, годовые коэффициенты стока при средней величине 0,44 изменялись в пределах от 0,20 в засушливые годы до 0,88 в многоводные годы; для холодного периода средняя величина коэффициента стока равна 0,55 при колебаниях от 0,17 до почти 1,0; для теплого сезона средняя величина 0,32 при колебаниях от 0,05 до 0,73.

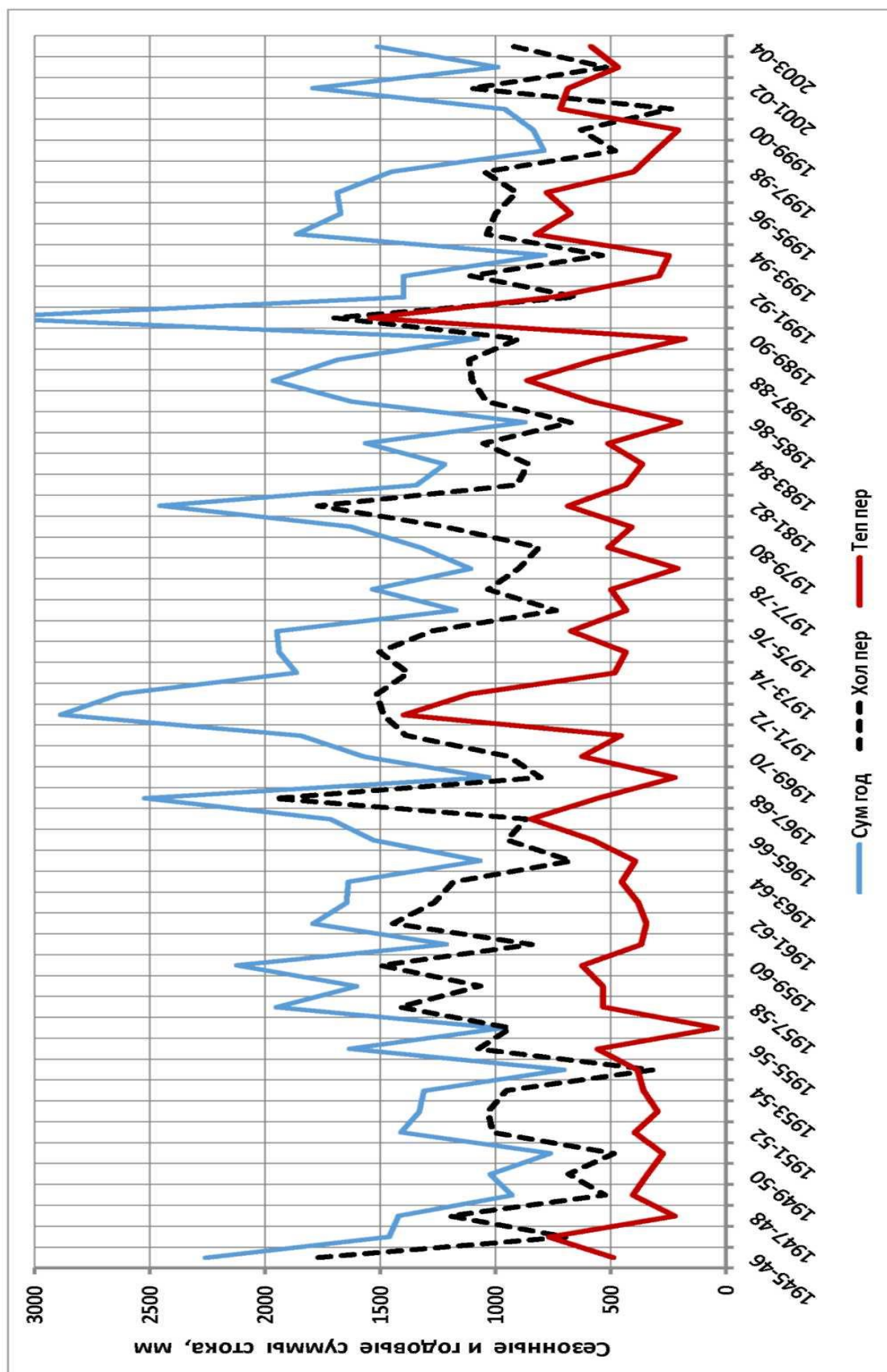


Рис. 10. Динамика сезонного и годового стока реки Куапсе у с. Мамедова Щель за период наблюдений 1945–2005 гидрологические годы ($F = 14,6 \text{ км}^2$)

Обращает на себя внимание уменьшение коэффициентов стока в период вегетации почти в два раза в сравнении со стоком холодного сезона. При этом величина водности года имеет слабую корреляцию со значением коэффициента стока (R^2 менее 0,3).

Таблица 4. Сезонные и годовые коэффициенты стока с водосборов рек Куапсе и Псий (в долях от единицы, т.е. суммы стока, поделённые на соответствующие суммы осадков)

Гидрол. годы	Коэффициенты стока р. Куапсе			Коэффициенты стока р. Псий_		
	Холодный период	Теплый период	Годовой	Холодный период	Теплый период	Годовой
1945-46	1,001	0,326	0,691	0,898	0,751	0,84
1946-47	0,403	0,34	0,367	0,648	0,471	0,551
1947-48	0,56	0,183	0,424	0,677	0,566	0,64
1948-49	0,39	0,285	0,336	0,434	0,601	0,513
1949-50	0,371	0,169	0,266	0,499	0,591	0,544
1950-51	0,392	0,144	0,242	0,558	0,526	0,541
1951-52	0,444	0,286	0,384	0,557	0,748	0,621
1952-53	0,524	0,226	0,405	0,49	1,126	0,655
1953-54	0,428	0,236	0,35	0,43	0,778	0,565
1954-55	0,243	0,196	0,215	0,5	0,418	0,456
1955-56	0,488	0,302	0,403	0,501	0,78	0,622
1956-57	0,458	0,048	0,339	0,647	0,57	0,63
1957-58	0,586	0,256	0,434	0,9	0,658	0,806
1958-59	0,711	0,414	0,573	0,71	0,653	0,681
1959-60	0,842	0,275	0,524	0,722	0,624	0,676
1960-61	0,492	0,277	0,398	0,572	0,595	0,582
1961-62	0,664	0,316	0,548	0,78	0,704	0,754
1962-63	0,596	0,239	0,443	0,869	0,7	0,802
1963-64	0,605	0,295	0,468	0,765	0,904	0,823
1964-65	0,366	0,415	0,383	0,77	0,813	0,787
1965-66	0,624	0,435	0,536	0,582	0,475	0,529
1966-67	0,525	0,562	0,542	0,473	0,736	0,59
1967-68	0,734	0,39	0,613	0,646	0,665	0,653
1968-69	0,591	0,181	0,396	0,604	0,472	0,538
1969-70	0,551	0,402	0,48	0,616	0,486	0,56
1970-71	0,867	0,282	0,573	0,654	0,47	0,573
1971-72	0,802	0,701	0,75	0,564	0,508	0,538
1972-73	1,036	0,732	0,881	0,746	0,652	0,692
1973-74	0,828	0,425	0,664	0,645	0,664	0,653
1974-75	0,54	0,239	0,421	0,521	0,555	0,535
1975-76	0,581	0,451	0,528	0,523	1,055	0,699
1976-77	0,337	0,291	0,318	0,688	0,52	0,589
1977-78	0,784	0,344	0,554	0,529	0,433	0,486
1978-79	0,68	0,174	0,438	0,65	0,268	0,496
1979-80	0,485	0,228	0,338	0,436	0,353	0,383
1980-81	0,479	0,27	0,401	0,648	0,601	0,631

1981–82	0,688	0,52	0,631	0,554	0,625	0,579
1982–83	0,658	0,235	0,416	0,472	0,696	0,572
1983–84	0,461	0,217	0,345	0,531	0,415	0,483
1984–85	0,77	0,272	0,48	0,544	0,529	0,537
1985–86	0,616	0,238	0,452	0,735	0,425	0,611
1986–87	0,424	0,419	0,422	0,288	0,587	0,388
1987–88	0,495	0,344	0,415	0,525	0,585	0,552
1988–89	0,462	0,285	0,382	-	-	-
1989–90	0,415	0,11	0,284	-	-	-
1990–91	0,952	0,669	0,792	-	-	-
1991–92	0,295	0,423	0,352	-	-	-
1992–93	0,541	0,251	0,436	-	-	-
1993–94	0,357	0,209	0,292	-	-	-
1994–95	0,406	0,311	0,358	-	-	-
1995–96	0,549	0,331	0,434	-	-	-
1996–97	0,52	0,32	0,404	-	-	-
1997–98	0,593	0,528	0,573	-	-	-
1998–99	0,299	0,133	0,201	-	-	-
1999–00	0,319	0,135	0,239	-	-	-
2000–01	0,173	0,325	0,267	-	-	-
2001–02	0,512	0,283	0,391	-	-	-
2002–03	0,37	0,305	0,336	-	-	-
2003–04	0,476	0,388	0,438	-	-	-
Средние	0,548	0,315	0,44	0,607	0,613	0,604
Макс	1,036	0,732	0,881	0,9	1,126	0,84
Миним	0,173	0,048	0,201	0,288	0,268	0,383
Лет	62	62	62	46	46	46

Приведенные данные свидетельствуют о больших различиях в формировании режима стока в различных частях территории Сочинского Причерноморья, которые обусловлены как режимом выпадения осадков, так и различиями в почвенно-растительных и геоморфологических характеристиках.

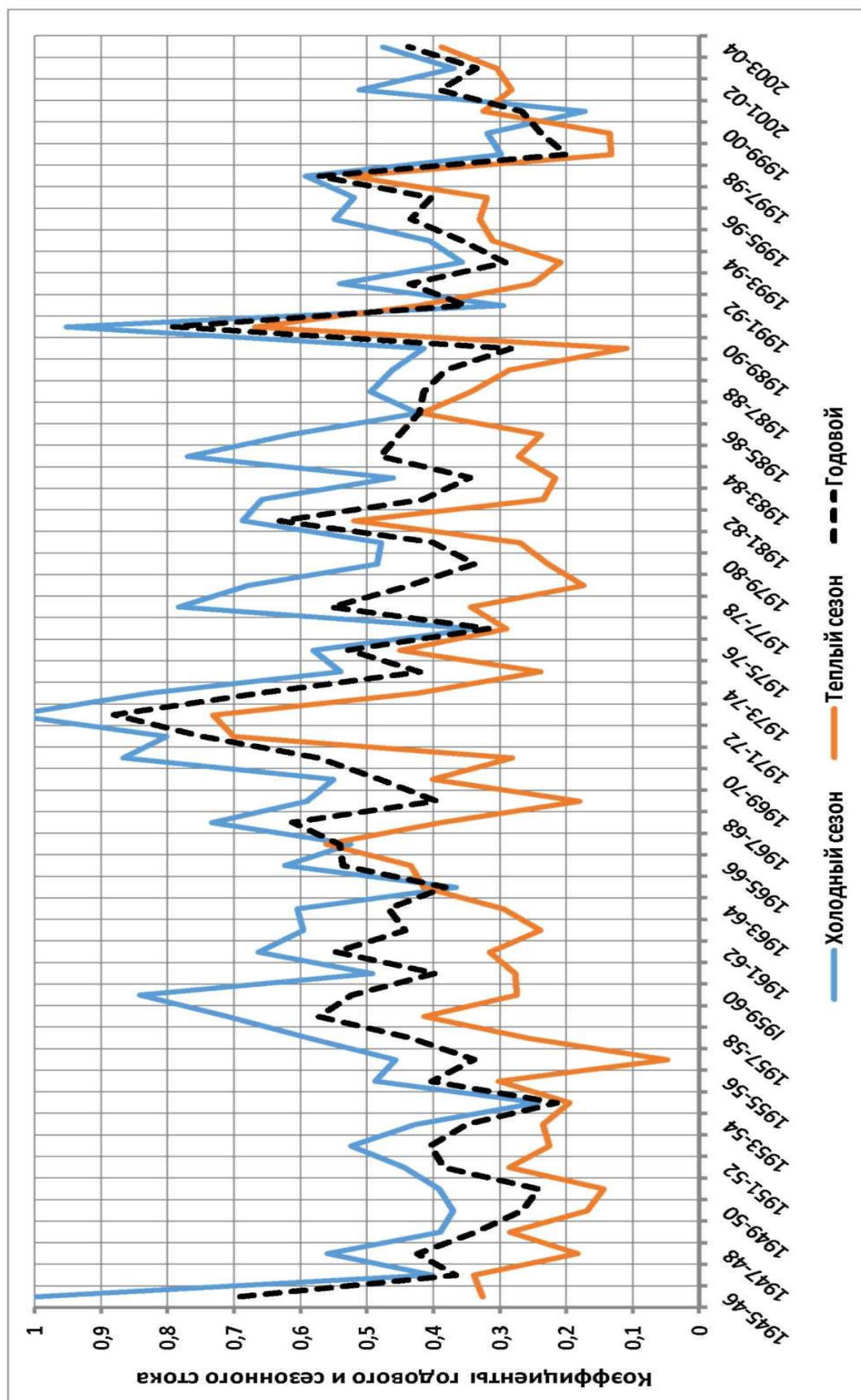


Рис. 11. Динамика коэффициентов сезонного и годового стока в бассейне реки Куапсе за период 1945–2005 гидрологические годы (в долях от ед-цы)

На [Рисунке 12](#) представлен совмещенный график изменений коэффициентов стока в среднегорной зоне (река Псий) и нижнегорной зоне (река Куапсе).

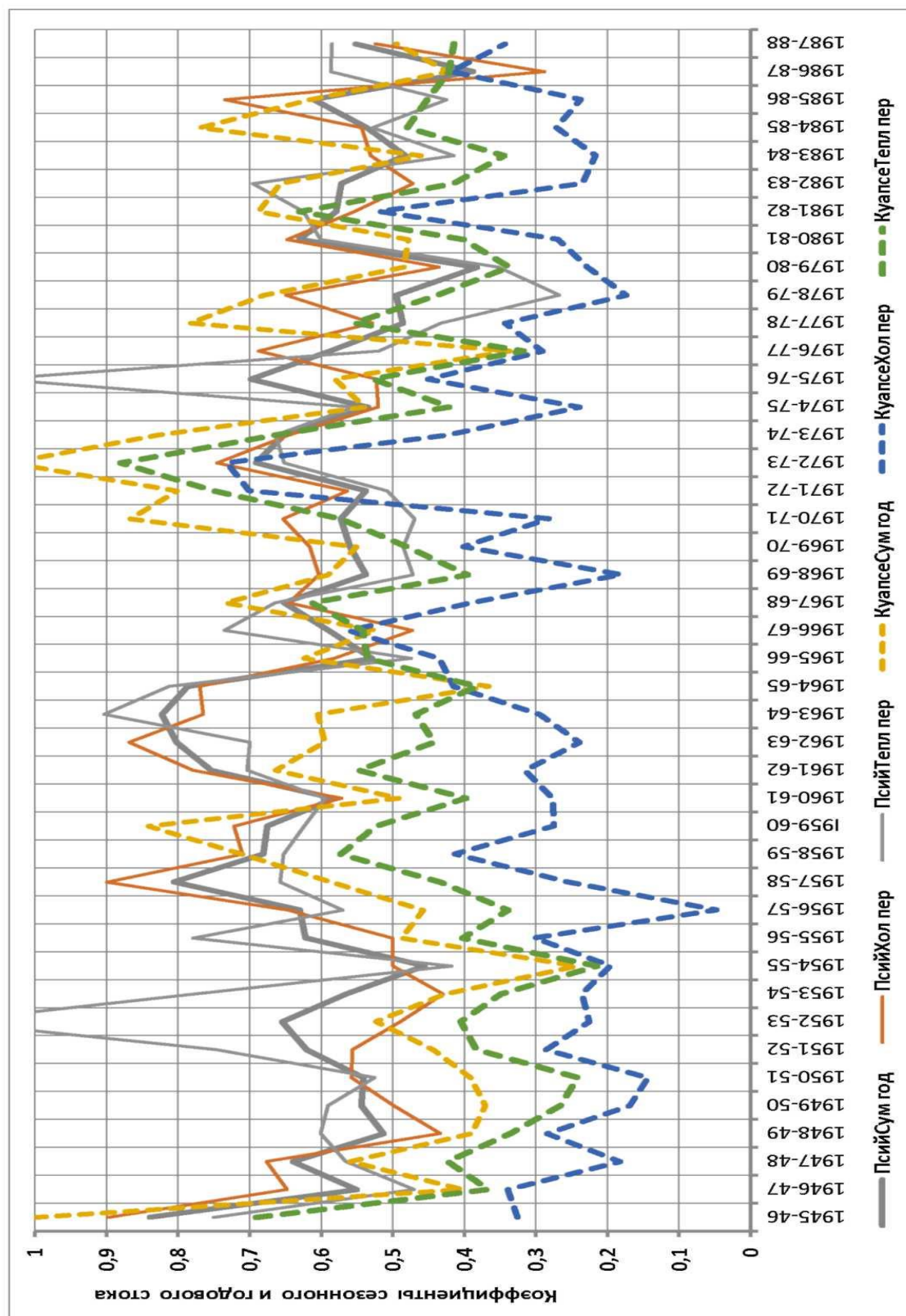


Рис. 12. Многолетняя динамика коэффициентов годового и сезонного стока рек Псий и Куапсе за период параллельных наблюдений (1945–1988 гидрологические годы)

Годовой водный баланс бассейна реки Куапсе выглядит следующим образом: в мм слоя $3520 = 1539 + 1981$ или в % $100 = 44,0 + 56,0$. Здесь осадки расходуются на 44 % на сток, а 56 % уходит на суммарное испарение.

За холодный период водный баланс в мм слоя $1876 = 1015 + 861$, или в % $100 = 54,8 + 45,2$, т.е. в осенне-зимний сезон больше половины осадков уходит на сток, и только 45 % – на суммарное испарение. В теплый период 1644 мм осадков на сток расходуется 533 мм (31,0 %), а остальные 1111 мм (69,0 %) составляет суммарное испарение.

4. Заключение

Изложенные результаты анализа стационарных наблюдений дают представление о наибольшем водорегулирующем воздействии горных лесов на водный баланс территории Сочинского Причерноморья, поскольку были взяты водосборы с лесными насаждениями, не затронутыми или умеренно затронутыми хозяйственной деятельностью. Однако, в процессе хозяйственного освоения региона лесная растительность претерпевает большие изменения, что влечет за собой изменение условий формирования стока поверхностных и грунтовых вод.

Среди расходных статей водного баланса на территориях, занятых растительностью в среднемноголетнем разрезе, преобладает инфильтрация в почвоподстилающие породы (40 %) и суммарное испарение (около 30 %).

Леса способствуют накоплению влагозапасов на водосборных бассейнах в холодный период года. Кривая истощения накопленных в зимний период запасов имеет длительность во времени около 4-5 месяцев, благодаря чему уменьшается напряженность в водоснабжении района в теплое время года.

Основную долю расхода составляет суммарное испарение. В отдельные годы, когда летом осадков выпадает достаточное количество, испарение только за летний период достигает 582 мм. Коэффициент естественной зарегулированности стока K_f для бассейна реки Псий определен $K_f = 0,65$; для реки Куапсе $K_f = 0,44$, а для ЛГС “Аибга” $K_f = 0,75$ (Битюков, 2013). Отсюда следует, что девственные буковые насаждения обладают наибольшим водорегулирующим воздействием на сток рек.

Литература

- Битюков, 1971 – Битюков Н.А. Речной сток в условиях Черноморского побережья Кавказа // Докл. Соч. отд. Геогр. общ-ва при АН СССР. 1971. Вып. 2, С. 184-189.
- Битюков, 1996 – Битюков Н.А. Гидрологическая роль горных лесов Северо-Западного Кавказа // Лесоведение, 1996. № 4. С. 39-50.
- Битюков, 1988 – Битюков Н.А. Водный баланс водосборов в связи с рубками в буковых лесах Северного Кавказа // Лесоведение, 1988. 3. С. 56-65.
- Битюков, 1990 – Битюков Н.А. Методические принципы изучения гидрологической роли горных лесов. // Проблемы лесоведения и лесной экологии: Тез. докл. АН СССР, Госкомлес СССР. 1990. М. С. 8-11.
- Битюков, 2007 – Битюков Н.А. Экология горных лесов Причерноморья. Сочи: ФГУ НИИгорлесэкол, 2007. 397 с.
- Битюков, 2013 – Битюков Н.А. Мониторинг экосистем буковых лесов Сочинского Причерноморья / Монография // Научные труды Сочинского Национального Парка, 2013. Вып. 5. 391 с.
- Битюков, Шагаров, 2013 – Битюков Н.А., Шагаров Л.М. Мониторинг атмосферных осадков в буковых лесах Черноморского побережья Кавказа // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. 2013. №1. С. 67-71.
- Битюков, Ткаченко, 2017 – Битюков Н.А., Ткаченко Ю.Ю. Гидрологический очерк Черноморского побережья Кавказа. Монография. Сочи, ФГБУ Сочинский национальный парк / Научные труды, 2017. Вып. 9. 460 с.
- Битюков, 2018 – Битюков Н.А. Особенности гидрологии Сочинского Причерноморья / Устойчивое развитие особо охраняемых природных территорий. Том 5. Сб. статей V Всерос. научно-практ. конф. Сочи. 2018. С. 50-61.
- Битюков и др., 2012 – Битюков Н.А., Пестерева Н.М., Ткаченко Ю.Ю., Шагаров Л.М. Рекреация и мониторинг экосистем Особо Охраняемых природных территорий Северного Кавказа: / Сочи: ГОУ ВПО СГУ, 2012. 456 с.

Государственный Водный Кадастр, 1971–1988 – Государственный Водный Кадастр. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Часть 1, Реки и каналы. Т. 1, РСФСР. Вып. 1, Бассейны рек северо-восточного побережья Черного моря, бассейн Кубани. Обнинск: ВНИИГМИ МИД, 1971–1988. 400 с.

Государственный водный кадастр, 2004 – Государственный водный кадастр. Ресурсы поверхностных и подземных вод, их использование и качество. М., Метеоагентство Росгидромета. 2004. 350 с.

Коваль, Битюков, 2001 – Коваль И.П., Битюков Н.А. Экологические основы пользования лесом на горных водосборах (на примере Сев. Кавказа). Краснодар, 2001. 408 с.

Коваль, Битюков, 2000 – Коваль И.П., Битюков Н.А. Экологические функции горных лесов Северного Кавказа. М.: ВНИИЦлесресурс, 2000. 480 с.

Коваль и др., 2012 – Коваль И.П., Битюков Н.А. Шевцов Б.П. Экологические основы горного лесоводства / Монография Сочи: ФБГУ «НИИгорлесэкол», 2012. 565 с.

Ресурсы поверхностных вод СССР, 1973 – Ресурсы поверхностных вод СССР. 1973. Том 8, Северный Кавказ. Л.: Гидрометеиздат, 446 с.

Ресурсы поверхностных вод СССР, 1975 – Ресурсы поверхностных вод СССР. Гидрологическая изученность. 1975. Том 8, Северный Кавказ. Л.: Гидрометеиздат, 400 с.

References

Bityukov, 1971 – *Bityukov, N.A.* (1971). Rechnoi stok v usloviyakh Chernomorskogo poberezh'ya Kavkaza [River flow in the conditions of the Black Sea coast of the Caucasus]. *Dokl. Soch. otd. Geogr. obshch-va pri AN SSSR*. Vyp. 2, pp. 184-189. [in Russian]

Bityukov, 1996 – *Bityukov, N.A.* (1996). *Gidrologicheskaya rol' gornyx lesov Severo-Zapadnogo Kavkaza* [The hydrological role of the mountain forests of the North-Western Caucasus]. *Lesovedenie*. № 4. pp. 39-50. [in Russian]

Bityukov, 1988 – *Bityukov, N.A.* (1988). *Vodnyi balans vodosborov v svyazi s rubkami v bukovykh lesakh Severnogo Kavkaza* [The water balance of watersheds in connection with logging in the beech forests of the North Caucasus]. *Lesovedenie*. 3. pp. 56-65. [in Russian]

Bityukov, 2007 – *Bityukov, N.A.* (2007). *Ekologiya gornyx lesov Prichernomor'ya* [ecology of mountain forests of the Black Sea]. Sochi: FGU NIIgorlesekol, 397 p. [in Russian]

Bityukov, 2013 – *Bityukov, N.A.* (2013). *Monitoring ekosistem bukovykh lesov Sochinskogo Prichernomor'ya* [Ecosystem monitoring of the beech forests of the Sochi Black Sea Region]. *Monografiya. Nauchnye trudy Sochinskogo Natsional'nogo Parka*. Vyp.5. 391 p. [in Russian]

Bityukov, Tkachenko, 2017 – *Bityukov, N.A., Tkachenko, Yu.Yu.* (2017). *Gidrologicheskii ocherk Chernomorskogo poberezh'ya Kavkaza* [Hydrological essay on the Black Sea coast of the Caucasus]. *Monografiya. Sochi, FGBU Sochinskii natsional'nyi park. Nauchnye Trudy*. Vyp. 9. 460 p. [in Russian]

Bityukov, 2018 – *Bityukov, N.A.* (2018). *Osobennosti gidrologii Sochinskogo Prichernomor'ya* [Features of the Sochi Black Sea Hydrology]. *Ustoichivoe razvitie osobo okhranyaemykh prirodnykh territorii*. Tom 5. Sb. statei V Vseros. nauchno-prakt. konf. Sochi. pp. 50-61. [in Russian]

Bityukov i dr., 2012 – *Bityukov, N.A., Pestereva, N.M., Tkachenko, Yu.Yu., Shagarov, L.M.* (2012). *Rekreatsiya i monitoring ekosistem Osobo Okhranyaemykh prirodnykh territorii Severnogo Kavkaza* [Recreation and monitoring of ecosystems of the Particularly Protected Natural Territories of the North Caucasus]. Sochi: GOU VPO SGU, 456 p. [in Russian]

Gosudarstvenniy Vodniy Kadastr, 1971–1988 – Gosudarstvenniy Vodniy Kadastr. *Ezhegodnye dannye o rezhime i resursakh poverkhnostnykh vod sushi. Chast' 1, Reki i kanaly* [The State Water Cadastre. The annual data about a mode and resources of a surface water of a land. art 1, the Rivers and channels]. Т. 1, RSFSR. Vyp. 1, Basseiny rek severo-vostochnogo poberezh'ya Chernogo morya, bassein Kubani. Obninsk: VNIIGMI MID, 1971–1988. 400 p. [in Russian]

Gosudarstvenniy Vodniy Kadastr, 2004 – Gosudarstvenniy vodniy kadastr. *Resursy poverkhnostnykh i podzemnykh vod, ikh ispol'zovanie i kachestvo* [The State water cadastre. The resources of superficial and underground waters, their use and quality]. М., Метеоагентство Росгидромета. 2004. 350 p. [in Russian]

Koval', Bityukov, 2001 – *Koval', I.P., Bityukov, N.A.* (2001). *Ekologicheskie osnovy pol'zovaniya lesom na gornyx vodosborakh (na primere Sev. Kavkaza)* [Ecological bases of forest

use in mountainous watersheds (using the example of the North Caucasus)]. Krasnodar, 408 p. [in Russian]

[Koval', Bityukov, 2000](#) – Koval', I.P., Bityukov, N.A. (2000). *Ekologicheskie funktsii gornyykh lesov Severnogo Kavkaza* [Ecological functions of the mountain forests of the North Caucasus]. M.: VNIITslesresurs, 480 p. [in Russian]

[Koval' i dr., 2012](#) – Koval', I.P., Bityukov, N.A. Shevtsov, B.P. (2012). *Ekologicheskie osnovy gornogo lesovodstva* [Ecological foundations of mountain forestry]: Monografiya Sochi: FBGU «NIIGorlesekol», 565 p. [in Russian]

[Resursi poverhnostnih vod SSSR, 1973](#) – Resursi poverhnostnih vod SSSR [Resources of a surface water of the USSR]. 1973. Tom 8. Severniy Kavkaz. L. Gidrometeoizdat. 446 p. [in Russian]

Водный баланс бассейнов малых рек Сочинского Причерноморья

Николай Александрович Битюков ^{a, *}

^a Сочинский национальный парк, Сочи, Российская Федерация

Аннотация. Статья посвящена анализу гидрологического режима малых рек Черноморского побережья Кавказа, расположенных в среднегорной и низкогорной зонах. На основе ГИС-технологий разработаны карты распределения высотных зон бассейнов этих рек с гипсографическими кривыми. Для среднегорной зоны Сочинского Причерноморья приведен анализ гидрологического режима бассейна реки Псий с площадью водосбора 20,4 км² и средней высотой 664 м над уровнем моря (притока реки Шахе). Для характеристики гидрологии низкогорья рассмотрен водосбор реки Куапсе с площадью 14,6 км², и средней высотой 322 м, впадающей в Черное море. Установлено, что приходная часть водного баланса этих рек в виде осадков, измеренных на метеостанциях в устьевых участках рек, является заниженной из-за высотной зональности водосборов. Для учета влияния этого фактора были рассчитаны поправочные коэффициенты, равные увеличению осадков на 4,5 % при подъеме на каждые 100 м – в среднегорной зоне, и на 17,3 % на 100 м подъема – в низкогорной зоне.

В результате расчетов для среднегорной зоны установлено, что для р. Псий основную часть в балансе занимает лубоководное грунтовое питание – в сумме со склоновым стоком оно достигает 66 %. Суммарное испарение составляет здесь около 1/3 баланса.

Для низкогорной зоны годовой водный баланс бассейна реки Куапсе выглядит следующим образом: в мм слоя 3520 = 1539 + 1981 или в % 00=44,0 + 56,0. Здесь осадки расходуются на 44 % на сток, а 56 % уходит на суммарное испарение. За холодный период больше половины осадков уходит на сток, и только 45 % – на суммарное испарение. В теплый период из 1644 мм выпадающих осадков на сток расходуется 533 мм (31,0 %), а остальные 1111 мм (69,0 %) составляет суммарное испарение.

Ключевые слова: Сочинское Причерноморье, геоморфология Кавказа, речная сеть, бассейны рек, нормы осадков, гидрологический режим рек.

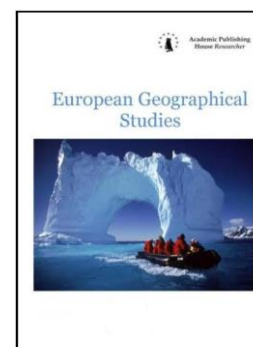
* Корреспондирующий автор
Адреса электронной почты: nikbit@mail.ru (Н.А. Битюков)

Copyright © 2020 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
2020, 7(1): 31-36

DOI: 10.13187/egs.2020.1.31
www.ejournal9.com



Trešnjevička Small River and Environment – Mountain Beauty: A Geographical Review

Jelisavka Bulatović^{a,*}, Goran Rajović^{b,c}

^a Academy of Technical-Art Professional Studies, Serbia

^b International Network Center for Fundamental and Applied Research, Washington, USA

^c Volgograd State University, Volgograd, Russian Federation

Abstract

The Trešnjevik small river springs at the foot of the Trešnjevik pass (1573 m above sea level), formed by "Water Source" and "Smaller Watercourse". In the upper course, on the left side, it receives small streams from the localities of Garevina and Osoja, while in the middle course, it receives streams Lomovi 1 and Lomovi 2. It flows into Rajova (Rajović) Rijeka near alluvial plains Milićević and alluvial plains Rajović. In the middle course, the Trešnjevička River on the left side formed the alluvial plain of Novović, at the foot of Lomovi a small alluvial plain on the right and left side and the most widespread in the basin of Rajova (Rajovića) River – alluvial plains Milićević. In Trešnjevičkoj small river their habitat in the river and found the brown trout, which at the present time there are less and less. There are many reasons for the poor state of the brown trout. The two most destructive techniques are dynamite hunting, followed by net hunting. On Trešnjevik environment and you can spend a great time – skiing, walking, doing sports or hunting and fishing, and the environment itself is a great choice for all kinds of recreation in nature, as well as for all lovers and admirers of almost untouched nature.

Keywords: Trešnjevik, Trešnjevička small river, environment.

1. Introduction

Although the social needs for research of rural settlements in our country are indisputable, we are not able to meet our own current and other needs in this area. In that respect, we lag behind most European and even neighboring countries. By which we confirm the clearly formulated position of Jaćimović (1985) that this arises also because studies of large areas are more popular today, in which the problems of those smaller spatial units cannot be seen at all ... And there are problems (demographic, social and economic) in each of our villages and surroundings ... These problems may stem from the general social attitude towards the countryside and mountainous areas, with a lot of problems and insecurities, and hence, I guess, and disparaging attitude sometimes according to some work about only one, a rural settlement or its smaller prosorni unit?!. We hope that this will not be the case on this occasion.

Starting from the statement of Andrić (2005) "that every man is indebted to his homeland", we felt the need to note something about the Trešnjevičkoj small river. Within the limits of our own knowledge, we had the opportunity to notice one major shortcoming, that, in the otherwise modest

* Corresponding author

E-mail addresses: jelisavka.bulatovic@gmail.com (J. Bulatović), dkgoran.rajovic@gmail.com (G. Rajović)

processing of rural settlements in Montenegro, almost no attention was paid to this issue. These were the basic motives and reasons we were guided by when choosing the future topic.

The mentioned decision later had a decisive effect on the choice of the basic wording of the title, which reads: “Trešnjevička small river and environment – mountain beauty: geographical review”. It is obvious that the very formulation of the title of the topic, certainly represents the starting point for further studies of numerous development issues and the formulation of economic-geographical strategy for the development of rural settlements with the environment.

2. Methodology

The core of the methodological procedure used in this research is the geographical (spatial) method and it included Trešnjevičku small river and environment. The method of observation was supposed to provide insight into the social environment, through direct observation with participation, as well as the creation or use of the following sources: oral, written, visual and biographical (see [Riemann, 2006](#); [Huber et al., 2017](#); [Barnwell, Douglas, 2019](#)).

3. Results and discussion

Lieskovský et al. (2017) citing research Daily (1997), Jianija (2018), Fisher (2010) and Hamududu and Killingtveit (2012) emphasizes that – aesthetic value can be defined as the pleasure that people receive from scenic beauty provided by natural areas and landscapes. It is essential for people’s well-being, for their physical and psychological health. Identification of aesthetic valuable landscapes is helpful in defining areas to be placed under protection or for landscape planning. The aesthetic value of a landscape is based on properties of the landform, structures, climate, vegetation and so on and the way they work together. It is what the landscape offers us but it is sensed and appreciated subjectively. Lieskovský et al (2017) further emphasizes that studies on landscape aesthetics have been carried out since the 1960s. There are two ways to evaluate landscape beauty: subjective and objective approach. In the first case, the assessment is done by observer. The evaluation depends on personal factors like age, gender or education. In the second case, the objective approach is based on expert analysis of the landscape. Standardized approaches for the assessment and monitoring of landscape aesthetics are still missing (see [Leach, Moore, 2010](#); [Nayyeri, Zandi, 2018](#); [Lester et al., 2013](#)). In this text, we indicate only partial images of landscapes, having in mind the subject of research.



Fig. 1. View of the slopes of Trešnjevik – a masterpiece of nature

The basis of the landscape and natural beauty of Trešnjevnik and its surroundings are natural resources and their contents: relief, water, biological base, land, forests, pastures, orchards, Trešnjevica small river, plants and animals (with their individual aesthetic values) ... The main characteristic is the number of natural beauties, rarity and mosaic arrangement of these elements in the landscape. This gives the landscape of Trešnjevnik and its surroundings a special aesthetic value. If we add to this the change of four seasons and dynamism in the plant world (leafing, flowering, growth of color changes, ripening, decline of leaves and fruits ...), crop rotation in cereal fields, the presence of artificial creations (settlements, roads ...), we get a complete picture of a landscape that is constantly changing (see [Rajović, Bulatović, 2018](#)).

Because of all this, it can rightly be said that Trešnjevnik, and Trešnjevčka small river, as its integral part, have beautiful nature, landscapes. On Trešnjevnik environment and you can spend a great time – skiing, walking, doing sports or hunting and fishing, and the environment itself is a great choice for all kinds of recreation in nature, as well as for all lovers and admirers of almost untouched nature. With a very diverse relief, slopes and exposures, the contents of living and non-living nature that dominate the landscape, form the basis of his landscape.

Trešnjevnik Pass – the "entrance door" that separates the tame Bjelasica from the rocky peaks of Komovi. Unfortunately, few people know about the scale of incredible natural attractions, which can be found on the Trešnjevčka small river and its surroundings (the values of flora and fauna, as well as geographical and hydrological characteristics of this area and its surroundings, are incredibly large).

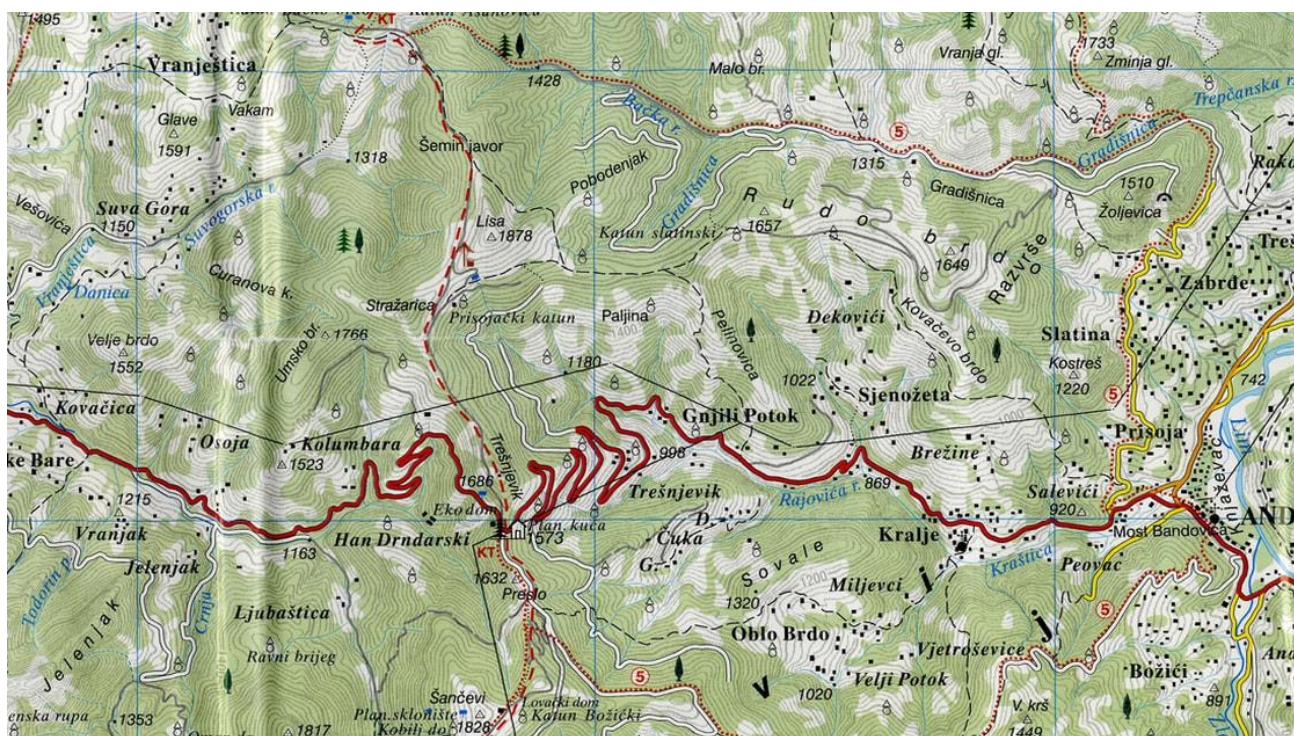


Fig. 2. Trešnjevnik Pass – the "entrance door" that separates the tame Bjelasica from the rocky peaks of Komovi (www.dinarskogorje.com)

Trešnjevčka small river springs below the very foot Trešnjevnik (1573 mnv). In the spring part, it consists of "Water Source" and "Small Watercourse" which move through erosion furrows. By merging these two watercourses, upper streams are formed Trešnjevčke small river. The upper course is characterized by a longitudinal fall of the bed bottom, sudden changes in hydrological parameters and higher flow energy. It is characterized by deep erosion, in which a narrow valley with steep hips is formed (characteristic "V" profile). As this is a zone of sediment production (erosion or degradation of the riverbed), river sediment moves in the bottom. The river route of the Trešnjevčka small river is very winding. Descending through the slopes of Trešnjevnik and widening its course, the water overflows over waterfalls, larger streams: Garevine, Osoja and Lomovi, to then spill

into small vortices, below Lomova Dragoja Rajovića and Krčevine Arsovića and Rajović where the depth of the river is the greatest, and its flow the calmest, and it is characterized by a smaller longitudinal fall of the bottom and more moderate changes in hydrological parameters. The riverbed is indented, as the longitudinal fall decreases, there is an increasing tendency to curve.



Fig. 3. Author of the text GR on Rajova (Rajovića) River (into which flows Trešnjevička smail river) – favorite place to relax in the summer months (Bulatović et al,2018).

The river sediment is smaller than in the upper course, and erosion and backfilling of the riverbed are also present. Observed over a longer period of time, the riverbed is stable, because there is a balance between the energy of the flow and the amount of sediment coming from the upper stream. The river valley has a greater width and milder slopes, bordered by banks – overgrown with vegetation. On this move, the course of the Trešnjevička smail river gained in width and lost in speed. Along the coast, which gently descends towards the water, there are already flood zones – alluvial plains Rajovića and Milićevića. Livestock that once lived on nearby pastures and meadows, was a source of organic ingredients, which reached the water by washing, which created more favorable conditions for the development of aquatic vegetation, and thus small aquatic invertebrates, which find shelter in lush vegetation. The accumulation of mineral material in the whirlpools creates a basis for the development of scarce aquatic vegetation and algae, especially in its lower course, between alluvial plains Milićevića, Krčevina Rajovića and alluvial plains Labovića, where Trešnjevička smail river flows in Rajovu (Rajovića) River. Thus, the lower course begins with the entry of the smail river into the alluvial plain, so it is characterized by a small longitudinal fall. This is the zone of backfilling (rising of the riverbed), in which the sediment arrived from the basin is kept. The riverbed formed in a relatively small sediment is unstable, with pronounced lateral erosion, and the river valley is wide, with a very slight slope. At first glance, almost barren – the Trešnjevička smail river is not completely lifeless. Here and there, in the shelter of large stones, in the "lee", some algae grows, or a stalk of aquatic vegetation rises from a pile of rotten leaves that falls into the smail river. In Trešnjevičkoj smail river almost the only natural food for extremely thinned brown trout, which has been almost non-existent in the last few years. The author of this text, G.R. he remembers his student and business summer vacations, which he spent to a great extent on this river, as well as on Rajova (Rajovića) River and enjoyed fishing for brown trout (hand-catching fish under a rock) together with his father and the locals of the rural settlement Gnjili Potok. There are many reasons for the poor state of the brown trout population. Brook trout, as a valued consumer fish, are poached in all possible and impossible ways. The two most destructive techniques are dynamite hunting, followed by net hunting. At the same time, we are witnessing poaching with fishing tackle, which also takes a big toll. Among such anglers, those who use live baits are in the lead. The entire burden of the fight against poachers is currently falling on the backs of the fish guard service. However, it has several serious obstacles. One of them is the lack of manpower to cover all these, as a rule, very inaccessible terrains, such as

the terrain of Rajova (Rajovića) Rijeka. Trout water as it is and Trešnjevička smail river, you should first of all keep it, and only then think about restocking. In our country, it is the other way around, so they first resort to restocking, and only later think about storage. As long as poaching roams our waters, restocking doesn't make much sense. If at least some things were put in the right place, first of all he would prevent poaching on Rajova (Rajovića) River, limited overfishing by sport, and carried out moderate restocking, but done in the right way, many of our trout rivers, including Trešnjevičku smail river, would simply be reborn and fly fishing on them would become incomparably better.

4. Conclusion

Our research evidence based on similar (Rajović, 2009; Rajović, Rajović, 2010; Rajović, Bulatović, 2012) investigated indicates the following:

1. The small number of relevant sources and the great lack of adequate (scientific and professional) literature have objectively had a limiting effect on the quantity, quality and degree of completeness of the treatment of the presented issues (see Vešović, 1935; Lutovac, 1975; Dašić, 1986). Complex geographical research of Trešnjevnik and the surroundings of the relatively clearly individualized whole has not been conducted so far.

2. When it comes to the lack of literature, we also mention the fact that until fifteen years ago, there was not a single complete text that treated Trešnjevnik and its surroundings from the point of view of any scientific discipline. It was not until 1995 and 1999, respectively, that the first informative reviews appeared. These are the books of Rajović (1995) "Gnjili Potok and Trešnjevnik" and Rajović (1999) "Time and people". The mentioned books give a historical-sociological overview of this area and its surroundings and make a modest contribution to the knowledge of this issue, so we used it as such in our research.

3. More detailed research is conducted by one of the authors of this paper GR or in collaboration with JB (see Rajović, 2009; Rajović, Rajović, 2010; Rajović, Bulatović, 2012; Rajović, Bulatović, 2013; Rajović, Bulatović, 2013; Rajović, Bulatović, 2013; Rajović, Bulatović, 2014; Rajović, Bulatović, 2014; Rajović, Bulatović, 2015; Rajović, Bulatović, 2016).

4. The basis of the landscape and natural beauty of Trešnjevnik and its surroundings are natural resources and their contents: relief, water, biological base, land, forests, pastures, orchards, Trešnjevica smail river, plants and animals (with their individual aesthetic values) ... At first glance, almost barren – the Trešnjevička smail river is not completely lifeless. Here and there, in the shelter of large stones, in the "lee", some algae grows, or a stalk of aquatic vegetation rises from a pile of rotten leaves that falls into the smail river.

5. There are many reasons for the poor state of the brown trout population in Trešnjevička smail river. The two most destructive techniques are dynamite hunting, followed by net hunting. At the same time, we are witnessing poaching with fishing tackle, which also takes a big toll. If at least some things were put in the right place, first of all he would prevent poaching Trešnjevičku smail river, would simply be reborn and fly fishing on them would become incomparably better.

The Trešnjevička smail river with its surroundings inspires poets, painters, historians, geographers, archaeologists and others to dedicate their verses, photographs, films and texts to it. It is difficult to paint the Trešnjevička smail River, it is even harder to describe it, because there is always something left that must and can be said.

References

- Andrić, 2005 – Andrić, I. (2005). Znakovi pored puta, Beograd: Narodna knjiga.
- Barnwell, Douglas, 2019 – Barnwell, A., Douglas, K. (2019). Research Methodologies for Auto/biography Studies. Routledge.
- Bulatović et al., 2018 – Bulatović, J., Mladenović, A., Rajović, G. (2019). Analysis of the population survey in the basin of Rajova (Rajović River): Problems and prospects of development with a focus on ecological awareness. *Larhyss Journal*. 39: 109-141.
- Daily, 1997 – Daily, G.C. (1997). Nature's Service; Island Press: Washington, DC, USA.
- Dašić, 1986 – Dašić, M. (1986). Vasojevići od pomena do 1860., Narodna knjiga, Belgrade.
- Fisher, 2010 – Fisher, W. (2010). Stream Ecology: Structure and Function of Running Waters. *Trans. Am. Fish. Soc.* 125: 5.
- Hamududu, Killingtveit, 2012 – Hamududu, B., Killingtveit, A. (2012). Assessing climate change impacts on global hydropower. *Energies*. 5: 305-322.

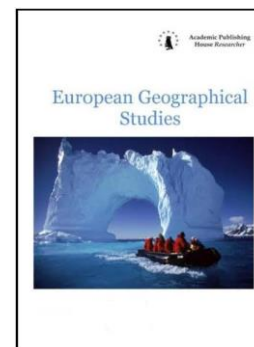
- Huber et al, 2017 – Huber, D., Milne, S., Hyde, K.F. (2017). Biographical research methods and their use in the study of senior tourism. *International Journal of Tourism Research*. 19(1): 27-37.
- Jaćimović, 1985 – Jaćimović, B. (1985). Razvitak, pravci i metode poljoprivredne geografije. *Iz Posebnih izdanja Odseka za geografiju i prostorno planiranje*. Book, 3, Belgrade, p. 111.
- Jianjia, 2018 – Jianjia, Z. (2018). Characteristic of tradeoffs between timber production and carbon storage for plantation under harvesting impact: A case study of Huitong National Research Station of Forest Ecosystem. *J. Geogr. Sci.* 73: 1085-1098.
- Komovi, 2020 – Komovi (planina). Dinarsko Gorje. [Electronic resource]. URL: www.dinarsko-gorje.com
- Leach, Moore, 2010 – Leach, J.A., Moore, R.D. (2010). Above-stream microclimate and stream surface energy exchanges in a wildfire disturbed riparian zone. *Hydrol. Process.* 24: 2369-2381.
- Lester et al., 2013 – Lester, S.E., Costello, C., Halpern, B.S., Gaines, S.D., White, C., Barth, J.A. (2013). Evaluating trades among ecosystem services to inform marine spatial planning. *Mar. Policy*. 38: 80-89.
- Lieskovský et al., 2017 – Lieskovský, J., Rusňák, T., Klimantová, A., Izsóff, M., Gašparovičová, P., (2017). Appreciation of landscape aesthetic values in Slovakia assessed by social media photographs. *Open Geosciences*. 9(1): 593-599.
- Lutovac, 1957 – Lutovac, V.M. (1957). Ivangradsko (Beranska) kotlina, Geografski institut SANU, Posebna izdanja, book CCLXIX, Belgrade.
- Nayyeri, Zandi, 2018 – Nayyeri, H., Zandi, S. (2018). Evaluation of the effect of river style framework on water quality: Application of geomorphological factors. *Environ. Earth Sci.* 77: 343.
- Rajović and Bulatović, 2015 – Rajović, G., Bulatović, J. (2015). Historical-Geographical View of Rural Village Gnjili Potok – Which Road to Renewal and Development. *International Letters of Social and Humanistic Sciences*. 1(1): 41-54.
- Rajović, 1995 – Rajović, V. (1995). Gnjili Potok i Trešnjevik, “Stupovi – Vasojevići“, Andrijevića.
- Rajović, 2009 – Rajović, G. (2009). Rural settlement Gnjili Potok as a reflection of the socio-economic conditions. *Istraživanje i razvoj*. 15(32-33): 75-77.
- Rajović, Bulatović, 2012 – Rajović, G., Bulatović, J. (2012). Tourist Potential on Example of Rural Settlement Gnjili Potok (Montenegro). *Anuario Turismo y Sociedad*. 13: 171-184.
- Rajović, Bulatović, 2013 – Rajović, G., Bulatović, J. (2013). Geographic Favor of Analyzing Rural Space: The Case Rural Local Communities Kralje, *Journal of Sustainable Development Studies*. 3(2): 136-167.
- Rajović, Bulatović, 2014 – Rajović, G., Bulatović, J. (2014). Geographical starting points the analysis of current rural problems in Montenegro: A case study of the rural settlement of Gnjili Potok, *International Letters of Social and Humanistic Sciences*. 9: 81-99.
- Rajović, Bulatović, 2014 – Rajović, G., Bulatović, J. (2014). Geographical Starting Points The Analysis Of Current Rural Problems In Montenegro: Case Study Of Rural Local Community Kralje, *Journal of Social Economics Research*. 1(3): 20-39.
- Rajović, Bulatović, 2014 – Rajović, G., Bulatović, J. (2014). Rural village Gnjili Potok – road sign towards happiness and freedom (Some geographical aspects of sustainable development). *International Letters of Natural Sciences*. 14: 59-68.
- Rajović, Bulatović, 2016 – Rajović, G., Bulatović, J. (2016). Quality of life in rural villages of Montenegro - Gnjili Potok and Vranještica: Case study, *Scientific Electronic Archives*. 9(2): 23-35.
- Rajović, Bulatović, 2018 – Rajović, G., Bulatović, J. (2018). Montenegrin village Gnjili Potok at the beginning of the 21 st century. *Revisita Geografica Academica*. 12(1): 93-128.
- Rajović, Bulatović, 2018 – Rajović, G., Bulatović, J. (2018). Rural settlement Gnjili Potok (Montenegro): Attachment to the study demographic discharge of geo – space. *World Scientific News*. 91: 12-30.
- Rajović, Rajović, 2010 – Rajović, G., Rajović, D. (2010). Natural and socio economic characteristics of rural settlements Gnjili Potok, Agency PC system, Belgrade.
- Rajović, 1995 – Rajović, V. (1999). Vrijeme i ljudi, “Stupovi – Vasojevići“, Andrijevića.
- Riemann, 2006 – Riemann, G. (2006). An introduction to "doing biographical research". *Historical Social Research/Historische Sozialforschung*, 6-28.
- Vešović, 1935 – Vešović, J.R. (1935). Pleme Vasojevića, Državna štamparija, Sarajevo.

Copyright © 2020 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
2020, 7(1): 37-47

DOI: 10.13187/egs.2020.1.37
www.ejournal9.com



Waves of Heat and Cold over the Territory of Georgia in Terms of Global Warming

Elizbar Sh. Elizbarashvili^{a,*}, Mariya E. Elizbarashvili^b, Shalva E. Elizbarashvili^a,
Nato B. Kutaladze^a

^a Georgian Technical University, Institute of Hydrometeorology, Georgia

^b Ivane Javakhishvili Tbilisi State University, Georgia

Abstract

Based on the observations of 12 meteorological stations, the statistical structure of heat and cold waves in Georgia has been investigated. The average continuous, total, and longest wavelengths, the probability of their realization, the distribution area, and the repeatability period are determined. The long-term course of the total duration of the waves of heat and cold is investigated. The rate of change, the coefficient of determination and the criterion for the statistical significance of changes were estimated.

The average total duration of heat waves per year in Georgia ranges from 13-20 days, with a maximum on the Black Sea coast and in the mountains. The total duration of cold waves is 10-14 days, with a maximum on the Black Sea coast, in the Colchis Lowland and on the plains of Eastern Georgia. The greatest total duration of heat waves is 40-90 days, and the greatest total duration of cold waves is 20-50 days.

The continuous duration of heat waves ranges from 6-11 days and averages over the territory of about 8 days, and the duration of cold waves ranges from 6-8 days and averages 7 days, which is in good agreement with the process of transformation of air masses.

Keywords: heat and cold waves, duration, probability, repeatability, rate of change, statistical significance.

1. Введение

Непериодические изменения температуры воздуха, или её перепады являются существенной чертой климатического режима территории. Хотя такие изменения случаются медленнее и их труднее увидеть, чем торнадо или землетрясение, однако представляют собой смертельную опасность для общества и природы. С ними связаны опасные и стихийные гидрометеорологические явления, такие как заморозки, засухи, сильные ливни и снегопады, штормовые усиления ветра, гололёд, туманы.

Наиболее удобной формой представления непериодических изменений температуры воздуха являются волны тепла или холода. Волны тепла и холода рассматриваются как одномерные временные процессы изменения аномалий температуры воздуха. Согласно определению С.П.Хромова волна тепла это значительное потепление, распространяющееся

* Corresponding author

E-mail addresses: elizbar@hotmail.com (E.Sh.Elizbarashvili), mariam.elizbarashvili@tsu.ge (M.E. Elizbarashvili), info@ball.com (Sh.E. Elizbarashvili), cwlam08@gmail.com (N.B.Kutaladze)

в определенном направлении, связанное с адвекцией теплой воздушной массы, а волна холода это резкое понижение температуры, распространяющееся также в определенном направлении и связанное с вторжением холодной воздушной массы, главным образом, из высоких широт (Хромов, Мамонтова, 1974).

Известны различные критерии выявления волн тепла и холода, например, волна тепла определяется климатически как период времени продолжительностью более двух дней подряд, в котором средняя суточная температура существенно превышает многолетнюю среднюю температуру для этих дней года (например для зимних дней на 3–5 °С, для летних – на 2–3 °С и т.д.). Аналогично определяют волну холода (Дуйцева, Педь, 1963; Морозова, 2012). Другие авторы за волну тепла и холода понимают изменение температуры на 5°, 10°, или на двухкратную величину среднего квадратического отклонения и т.д. (Архангельский, Котова, 1966; Срезневский, 1899; Храбров, 1949). Волны тепла и холода определяли также как 5 или более дней подряд продолжительной жары или мороза, в которой дневная максимальная (минимальная) температура выше (ниже), чем средняя максимальная (минимальная) температура на 5 °С или более. ("Heat wave|meteorology". Encyclopedia Britannica. Retrieved, 2019). Ф.Т. Харачилива волны тепла и холода над Закавказьем определял из синоптических ситуаций (Харчилава, 1970).

Национальная метеорологическая служба США большое внимание уделяет усилению защиты сельского хозяйства, промышленности, торговли и социальной деятельности от волн холода – быстрого падения температуры в течение 24-часового периода. За критерий холодной волны принимается минимальная температура, которая зависит от географического региона и времени года ("Cold Wave". AMS: Glossary of Meteorology). Критерием может считаться например уменьшение температуры на 7°C, т.е. на 20°F (Borenstein, 2014). Интенсивная волна холода в США классифицируется как вспышка холодного воздуха (Smith, Sheridan, 2018).

Для характеристики волн тепла был введен индекс магнитуды тепловой волны (HWMId), который использовали ряд авторов для вычисления продолжительности и даты начала события тепловой волны (Beniston, 2007; Schär et al., 2004; Russo et al., 2014). Индекс магнитуды тепловой волны определяется из ежедневных данных, как последовательность из 3 или более дней, в которой дневная максимальная температура превышает 90-й процентиль дневной максимальной температуры за 31-суточный, базовый период.

Улучшенная версия индекса магнитуды тепловой волны была использована Russo и др. (Russo et al., 2015). Используемый в данном случае метод ранжирования волн тепла позволил выделить пик магнитуды, и в результате проанализировать 10 наиболее интенсивных волн тепла в Европе начиная с 1950 года и смоделировать их появление в ближайшие десятилетия.

Специальные количественные критерии для выявления волн тепла и холода, в особенности для исследования климатических изменений в условиях глобального потепления, были предложены экспертной группой мониторинга и индексов Межгосударственной комиссии экспертов по изменению климата (МГЭИК) ООН Всемирной Метеорологической Организации (ВМО) (Climate Change Indices; Peterson, 2005).

Эти критерии-климатические индексы:

1. WSDI – число дней в году, когда минимум в течении 6 дней подряд $T_{x_{ij}} > T_{x_{in}90}$;

2. CSDI – число дней в году, когда минимум в течении 6 дней подряд $T_{n_{ij}} < T_{n_{in}10}$;

где $T_{x_{ij}}$ – максимальная суточная температура, $T_{n_{ij}}$ – минимальная суточная температура, $T_{x_{in}90}$ – пороговое значение температуры, соответствующее 90 %-му процентилю максимальной температуры, $T_{n_{in}10}$ – пороговое значение температуры, соответствующее 10 %-му процентилю минимальной температуры. Первый из индексов характеризует волну тепла, а второй – волну холода.

В данной статье исследуется статистическая структура волн тепла и холода на территории Грузии. Определены их средняя, суммарная и наибольшая продолжительности, вероятность реализации и период повторяемости. Исследован многолетний ход суммарной продолжительности волн тепла и холода.

Регион исследования

Грузия расположена в юго-западной части Кавказа, на рубеже Средиземноморья, аридной Арало-Каспийской впадины и нагорий Передней Азии. Ее площадь составляет 69,7 тыс. кв. км. На севере и востоке Грузия граничит с Россией, на юге – с Арменией и Турцией, на юго-востоке – с Азербайджаном. На западе омывается водами Чёрного моря ([Рисунок 1](#)).



Рис. 1. Географическое положение Грузии

Природа Грузии чрезвычайно разнообразна благодаря её географическому положению, сложному рельефу и высотной зональности. Грузия находится на стыке влажного Средиземноморья, аридной бессточной Арало-Каспийской впадины и континентальных Переднеазиатских нагорий, что обуславливает многообразие её природных условий. Ее западная часть находится под влиянием субтропического климата, а восточная часть – под влиянием средиземноморского. Большой Кавказский хребет служит барьером для холодных северных ветров.

Волны тепла и холода в Грузии вызывают резкие изменения погоды. Они связаны с вторжением теплых или холодных воздушных масс с запада или с востока. Западные процессы преобладают в течение всего года. Они возникают при прохождении над Закавказьем Средиземноморского циклона или глубокой барической ложбины, связанной с атлантическими циклонами. Восточные процессы наблюдаются, главным образом в холодный период года, когда над Закавказьем устанавливается область высокого давления, а на Черное море с запада распространяется циклон ([Элизбарашвили, 2017](#)).

Волны тепла формируют жаркие дни, когда максимальная температура превышает 25°. На Черноморском побережье жаркие дни начинаются с марта и длятся по октябрь, а во внутренних районах Колхидской низменности они отмечаются даже в ноябре. В годовом ходе наибольшее число жарких дней, а также их максимальная интенсивность отмечаются в августе, составляя соответственно 25-27 дней и 40-42°. На равнинах Восточной Грузии жаркие дни длятся с апреля по октябрь. Годовой максимум числа жарких дней и их интенсивности наступает в июле-августе, составляя соответственно 26-28 дней и 38-40°. Период наступления жарких дней в горных районах Большого Кавказа длится с мая по октябрь, а на Южно-Грузинском нагорье – с июня по сентябрь. Максимум в годовом ходе числа дней и интенсивности наступает в июле-августе, достигая соответственно 6-22 дней и 33-35° ([Элизбарашвили и др., 2017; 2018; Elizbarashvili et al., 2017](#)).

Волны холода зимой приносят морозы. В наиболее холодные зимы температура воздуха в прибрежных и низменных районах Западной Грузии может понизиться до минус 10-20°C, в равнинных и предгорных районах Восточной Грузии – до минус 20-25°C, а в горных и высокогорных районах Южно-Грузинского нагорья и Большого Кавказа – до минус 35-42°C ([Элизбарашвили и др., 2019](#)).

Высокие летние температуры повышают потребность в энергии для кондиционирования воздуха, увеличивают тепловую нагрузку на сельскохозяйственные культуры и могут создавать опасные условия для здоровья человека. Низкие зимние температуры могут вызвать разрушительные морозы и заморозки, увеличить потребность в

отоплении и могут нарушить движение транспорта (García-Herrera et al., 2010; Meehl, Tebaldi, 2004).

2. Материалы и методы

В исследовании использованы архивные материалы Института Гидрометеорологии Грузии по 12 метеорологическим станциям. Статистические характеристики рассчитаны за период 1961–2010 годы. Многолетний ход продолжительности волн тепла и холода рассмотрен за более длительный период. В частности для Тбилиси использованы материалы за период 1885–2015 годы, а по другим пунктам – Батуми, Поты и Дедоплисцкаро использованы материалы за период 1955–2015 годы.

Одна из основных требований, предъявляемых к рядам метеорологических элементов, состоит в том, что они должны быть сравнимы между собой. С учетом этого требования желательно иметь данные по всем станциям за единый период наблюдений. К сожалению, после распада СССР были закрыты высокогорные метеорологические станции, которые по настоящее время не функционируют. Поэтому для равномерного освещения территории данными были использованы также данные наблюдений высокогорных метеорологических станций, действующих до 1992 года (Казбеги и Мамисонский пер.).

Для восстановления отдельных пропущенных данных в рядах была использована многократно апробированная нами следующая процедура. Составлялись корреляционные матрицы для всех станций и на основе их статистического анализа, а также с учетом физико-географических условий местоположения станций выявлялись группы высококоррелируемых станций, коэффициенты корреляции между которыми были значимы на уровне 95 % и более. Далее внутри каждой группы пропущенные данные о температуре определялись применением метода соответствующих разностей. В случае восстановления числа дней с определенной волной применялся метод отношений (Элизбарашвили и др., 2017; 2018; 2019).

Климатические индексы волн тепла WSDI и волн холода CSDI рассчитывались по методике BMO (Climate Change Indices; Peterson, 2005):

1. WSDI – число дней в году, когда минимум в течении 6 дней подряд $T_{x_{ij}} > T_{x_{in}90}$;

2. CSDI – число дней в году, когда минимум в течении 6 дней подряд $T_{n_{ij}} < T_{n_{in}10}$;

где $T_{x_{ij}}$ – максимальная суточная температура, $T_{n_{ij}}$ – минимальная суточная температура, $T_{x_{in}}$ – 90-пороговое значение температуры, соответствующее 90 %-му перцентилю максимальной температуры, $T_{n_{in}10}$ – пороговое значение температуры, соответствующее 10 %-му перцентилю минимальной температуры.

Период повторяемости волн тепла и холода рассчитывался по формуле:

$$T=1/P, (1)$$

где P – годовая вероятность.

Тренд многолетнего изменения продолжительности волн тепла и холода оценивался с помощью p – критерия статистической значимости, представляющей собой вероятность ошибки при отклонении нулевой гипотезы. В качестве нулевой гипотезы было принято, что многолетнее изменение числа дней имеет случайный характер. Соответственно альтернативная гипотеза, исключая нулевую, означала истинность ее изменения во времени. Если значение p мало (менее или равно 0.05) нулевая гипотеза отвергалась и тренд считался значимым.

3. Обсуждение

В Таблице 1 представлены статистические характеристики волн тепла и холода для пунктов, расположенных в различных физико-географических условиях.

Таблица 1. Статистические характеристики волн тепла(wstdi) и волн холода(cstdi): n – средняя суммарная продолжительность (сутки); nmax – наибольшая суммарная продолжительность (сутки); N – средняя непрерывная продолжительность (сутки); P – годовая вероятность (%); T – период повторяемости (лет) (Районы: 1 – Черноморское побережье и Колхидская низменность; 2 – Равнины и предгорные районы Восточной Грузии; 3 – Лихский хребет; 4 – Южно-Грузинское нагорье; 5 – Большой Кавказ)

Район	Пункт	wstdi					cstdi					Высота, м
		n	n max	N	P	T	n	n max	N	P	T	
1.	Поти	20	85	10	43	2.3	8	17	7	21	4.8	1
	Батуми	15	48	6	24	4.2	13	51	8	45	2.2	5
	Кутаиси	14	56	10	45	2.2	14	32	7	33	3	114
2.	Тбилиси	15	42	8	51	2	13	36	7	30	3.3	403
	Телави	16	52	9	59	1.7	13	47	8	42	2.4	568
	Дедоплис-Цкаро	17	53	10	50	2	11	33	7	42	2.4	800
3.	Мта-Сабуети	13	43	6	57	1.8	10	21	6	47	2.1	1242
4.	Ахалкалаки	19	87	11	58	1.7	12	29	7	18	5.6	1716
5.	Мамисонский пер.	11	31	6	34	2.9	10	26	7	34	2.9	2854
	Душети	19	45	7	30	3.3	7	15	6	26	3.8	922
	Пасанаури	14	70	10	62	1.6	9	29	6	30	3.3	1070
	Казбеги	10	22	6	59	1.7	7	14	6	26	3.8	3653

Из **Таблицы 1** следует, что средняя суммарная продолжительность волн тепла за год на территории Грузии колеблется в пределах 13-20 суток, максимумом на Черноморском побережье и в горах. Суммарная продолжительность волн холода меньше и составляет 10-14 суток, максимумом на Черноморском побережье, в Колхидской низменности и на равнинах Восточной Грузии. Теплый воздух при перемещении в район с более холодной подстилающей поверхностью совершает восходящее скольжение, а холодный воздух при перемещении в район с более теплой подстилающей поверхностью вытесняет теплый воздух и опускается к земной поверхности. По всей вероятности, с этим может быть связано некоторое увеличение суммарной продолжительности волн тепла в отдельных горных районах (Ахалкалаки, Душети), а также увеличение суммарной продолжительности волн холода во внутренних районах Колхидской низменности (Кутаиси) и на равнинах Восточной Грузии (Тбилиси, Телави). Причиной увеличения продолжительности волн холода на равнинах Восточной Грузии могут быть также холодные воздушные массы, вторгающиеся с востока, которые распространяются лишь в Восточной Грузии, и далее трансформируясь ослабляются. Наибольшая суммарная продолжительность волн тепла составляет 40-90 суток и также превосходит наибольшую продолжительность волн холода (20-50 суток). Продолжительность волн не имеет ярко выраженного сезонного хода, хотя теплые волны преобладают летом, а холодные – зимой.

Непрерывная продолжительность теплых волн колеблется в пределах 6-11 суток и в среднем по территории составляет около 8 суток, а продолжительность холодных волн колеблется в пределах 6-8 суток и в среднем составляет 7 суток, что хорошо соответствует процессу трансформации воздушных масс. Этот период также хорошо согласуется с устойчивостью характерных для Грузии основных классов погоды по Федорову-Чубукову (Чубуков, 1949; Элизбарашвили, 2017; Элизбарашвили, Гонгладзе, 1980). Например, волна тепла летом формирует очень жаркие и очень влажные погоды (ХУІ класс) на Черноморском побережье и на Колхидской низменности, которые держатся 7-8 дней подряд. При таких погодах у человека возникает чувство духоты, оказывающее отрицательное влияние на ее здоровье, труд и отдых (Элизбарашвили и др., 2017). Солнечные, жаркие и сухие погоды (ІІ класс), формирующиеся в течение всего года на Черноморском побережье, на Колхидской низменности и на равнинах Восточной Грузии также в результате прохождения теплых волн при преобладании антициклонического состояния, держатся 5-7 суток. Волна холода в холодный период года формирует слабо морозные, умеренно морозные и значительно морозные погоды (Х,ХІ,ХІІ классы), главным образом в высокогорной зоне Кавказа, где их непрерывная продолжительность составляет

12-15 суток, а на Южно-Грузинском нагорье держится 7-8 суток. Такие погоды обусловлены мощными вторжениями арктических холодных масс воздуха, которые, благодаря Главному Кавказскому хребту, в Западной Грузии поступают при вторжении с запада или с северо-запада, а в Восточной Грузии поступают при вторжении с востока или с северо-востока (Элизбарашвили и др., 2019). За теплый период года волна холода формирует пасмурные и дождливые погоды (VI, VII классы) длительностью 7 дней (Элизбарашвили, Гонгладзе, 1980).

Вторжение волн тепла и холода, соответствующие критериям ВМО (Climate Change Indices; Peterson, 2005), не происходит ежегодно, однако за один определенный год может осуществиться несколько раз. Поэтому важно знать вероятность и период повторяемости этих волн, соответствующие данные также представлены в таблице 1.

Средняя годовая вероятность вторжения волн тепла за год составляет 24-62 %, максимумом в горах, а вероятность вторжения волн холода составляет 18-47 %. Поэтому, в соответствии с формулой (1), средняя длительность периода повторяемости лет с волной тепла меньше (1.6-4.2 года), чем длительность периода повторяемости лет с волной холода (2.1-5.6 лет).

Волны тепла или холода могут распространяться в целом на территории Грузии, Закавказья, Кавказа или за ее пределами. Всю территорию Грузии волна тепла охватывает в 55 % случаях вторжения теплого воздуха, а волна холода – в 75 % случаях вторжения холодного воздуха.

На Рисунке 2 представлены примеры хода температуры при прохождении волны холода в феврале и марте 2020 года. Как следует из рис. 2а, в начале февраля держалась положительная температура, 6-7-го февраля средняя суточная температура составляла примерно 9°, однако с 8-го числа температура стала уменьшаться и за два дня опустилась до минус 7°. Далее начинается трансформация воздушной массы и температура начинает увеличиваться. Аналогичная волна холода, несколько меньшей интенсивности отмечалась в марте (Рисунок 2б), когда температура воздуха в середине месяца за трое суток опустилась на 12°, став отрицательной. Длина волны в обоих случаях составила около 6-7 суток, что хорошо соответствует приведенным выше данным.

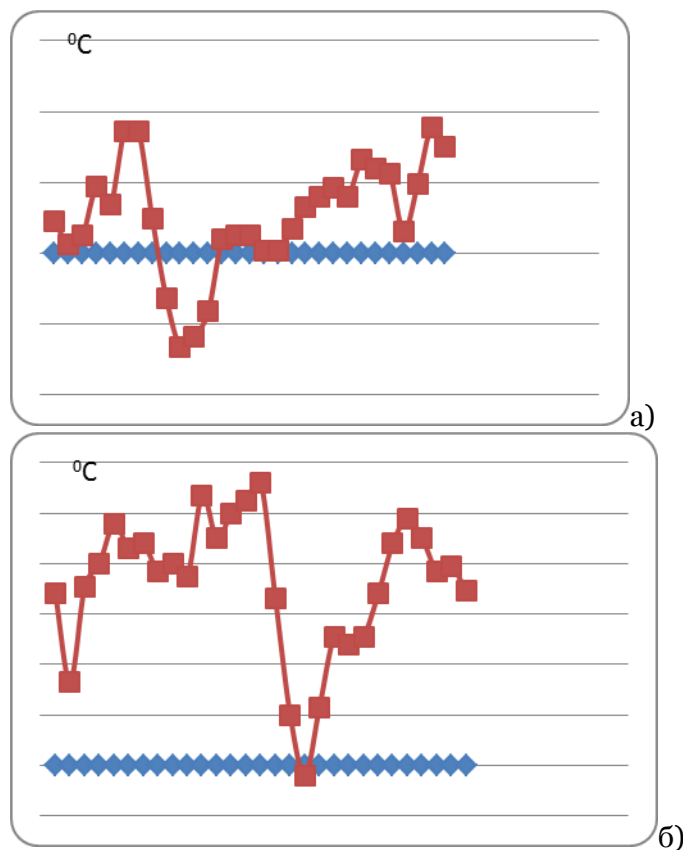


Рис. 2. Месячный ход температуры воздуха в Телави в феврале (а) и марте (б) 2020 года

Рассматриваемые нами критерии волн тепла и холода, также как и другие климатические индексы, были предложены ВМО специально для исследования климатических изменений в различных регионах Земного Шара. Действительно, как следует из [Рисунка 3](#), многолетнее изменение этих критериев до 2016 года хорошо отражает современные тенденции глобального потепления.

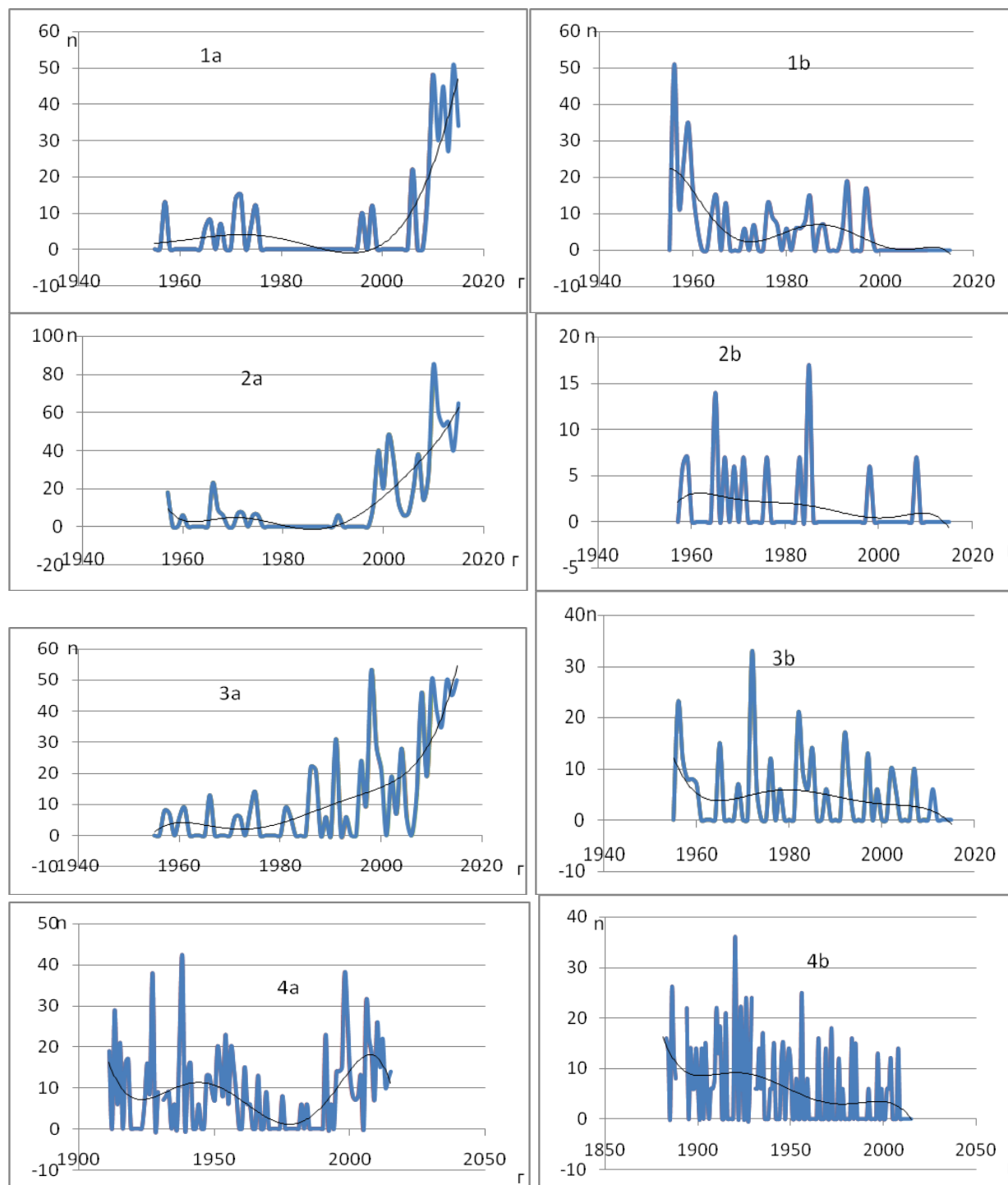


Рис. 3. Многолетний ход суммарной продолжительности (n сутки) волн тепла (а) и волн холода (b) за период до 2016 года: 1 – Батуми, 2 – Поти, 3 – Дедоплискар, 4 – Тбилиси

Кроме того, из [Рисунка 3](#) следует, что климатические индексы для рассмотренных пунктов за исследуемый период существенно колебались. Например, согласно

длиннорядным данным станции Тбилиси в 40-ые годы прошлого века отмечается существенное увеличение продолжительностей волн тепла, что объясняется потеплением 40-ых годов. Некоторое увеличение продолжительностей волн тепла главным образом в Западной Грузии (Батуми, Потти) отмечается в 70-ые годы прошлого века. Особенно заметное увеличение продолжительностей волн тепла и уменьшение продолжительностей волн холода отмечается после 80-х годов, в период интенсивного глобального потепления. В целом же за весь период суммарная продолжительность волн тепла возрастала, а продолжительность волн холода уменьшалась.

Более подробно характер многолетнего изменения волн тепла и холода для группы метеорологических станций хорошо видно из [Таблицы 2](#), где представлены линейные скорости изменения климатических индексов и соответствующие коэффициенты детерминации, позволяющие судить о вкладе тренда в их суммарную изменчивость, а также их статистические значимости для метеорологических станций, расположенных в различных физико-географических условиях Грузии.

Таблица 2. Скорость изменения (к-сутки/год), коэффициент детерминации(R^2) и критерий статистической значимости (p) волн тепла(wsd_i) и волн холода (csd_i) (нумерация районов соответствует [Таблице 1](#))

Район	Пункт	wsd _i			csd _i		
		k	R ²	p	k	R ²	p
1.	Поти	0.55	0.29	0	-0.04	0.03	0.22
	Батуми	0.2	0.12	0.02	-0.25	0.14	0.01
	Кутаиси	0.04	0.08	0.5	-0.14	0.12	0
2.	Тбилиси	0	0	0.98	-0.08	0.13	0
	Телави	0.36	0.24	0	-0.08	0.02	0.33
	Дедоплис-Цкаро	0.5	0.40	0	-0.06	0.02	0.32
3.	Мта-Сабуети	0.29	0.18	0	0.01	0	0.85
4.	Ахалкалаки	0.37	0.12	0.02	0.01	0.01	0.77
5.	Мамисонский пер.	-0.18	0.06	0.19	-0.06	0.01	0.65
	Душети	0.29	0.14	0.02	0.03	0.01	0.5
	Пасанаури	0.13	0.06	0.04	-0.04	0.03	0.18
	Казбеги	0.18	0.18	0.03	-0.02	0	0.78

Примечание: жирным шрифтом обозначены значимые изменения

Судя по значениям статистической значимости тренды волн тепла положительны для большинства пунктов и статистически значимы на высоком уровне значимости. Так, например, в Потти и Дедоплисцкаро тренд составляет около 5 суток за декаду. Вклад тренда в увеличении волн тепла в Потти составляет 29 %, а в Дедоплисцкаро достигает 40 %. Временные тренды волн холода в основном отрицательны и статистически значимы лишь для отдельных пунктов.

В целом по территории в условиях глобального потепления скорость возрастания повторяемости волн тепла составляет 0.4-6 суток, а скорость убывания повторяемости волн холода составляет 0.2-2.5 суток за декаду.

3. Заключение

1. Средняя суммарная продолжительность волн тепла за год на территории Грузии колеблется в пределах 13-20 суток, максимумом на Черноморском побережье и в горах. Суммарная продолжительность волн холода составляет 10-14 суток, максимумом на Черноморском побережье, в Колхидской низменности и на равнинах Восточной Грузии..

2. Наибольшая суммарная продолжительность волн тепла составляет 40-90 суток, а наибольшая *sadisertacio* Temebis суммарная продолжительность волн холода составляет 20-50 суток. Продолжительность волн не имеет ярко выраженного сезонного хода, хотя теплые волны преобладают летом, а холодные зимой.

3. Непрерывная продолжительность волн тепла колеблется в пределах 6-11 суток и в среднем по территории составляет около 8 суток, а продолжительность волн холода

колеблется в пределах 6-8 суток и в среднем составляет 7 суток, что хорошо соответствует процессу трансформации воздушных масс.

4. Средняя длительность периода повторяемости лет с волной тепла колеблется в пределах 1.6-4.2 лет, а длительность периода повторяемости лет с волной холода составляет 2.1-5.6 лет.

5. Тренды волн тепла положительны для большинства пунктов и статистически значимы на высоком уровне значимости. Временные тренды волн холода в основном отрицательны и статистически значимы лишь для отдельных пунктов. В условиях глобального потепления скорость возрастания повторяемости волн тепла составляет 0.4-6 суток, а скорость убывания повторяемости волн холода составляет 0.2-2.5 суток за декаду.

Литература

Архангельский, Котова, 1966 – Архангельский В.Л., Котова Л.М. Волны холода и тепла в тропосфере и стратосфере над Нижним Поволжьем // *Вопросы климата и погоды Нижнего Поволжья*. Саратов. 1966. Вып. 4. С. 35-45.

Дуйцева, Педь, 1963 – Дуйцева М.А., Педь Д.А. Особенности волн холода и тепла на Европейской территории СССР // *Труды ЦИП*. 1963. Вып. 123. С. 34-62.

Морозова, 2012 – Морозова С.В. Статистическое исследование волн тепла и холода в северо-западном регионе зимой и летом (на примере Санкт-Петербурга) // *Ученые записки Российского Государственного Гидрометеорологического Университета*. 2012. Вып. 36. С. 50-53.

Срезневский, 1899 – Срезневский Б.И. Волны холода от Новой Земли до Персии, Индии и Якутской области // *Метеорологический вестник*. 1899. № 4. С. 107-110.

Харчилава, 1970 – Харчилава Ф.Т. Метод прогноза средней месячной температуры воздуха, волн холода и тепла и месячных сумм атмосферных осадков в Закавказье и Дагестанской АССР // *Труды Зак. НИГМИ*. 1970. Вып. 38(44). 256 с.

Храбров, 1949 – Храбров Ю.Б. Прогноз волн холода в Средней Азии на естественный синоптический период // *Труды ЦИП*. 1949. Вып. 19 (6). С. 117-133.

Хромов, Мамонтова, 1974 – Хромов С.П., Мамонтова Л.И. Метеорологический словарь. Л., Гидрометеиздат, 1974, 568 с.

Чубуков, 1949 – Чубуков Л.А. Комплексная климатология, М. Л., 1949, 255 с.

Элизбарашвили, 2017 – Элизбарашвили Э.Ш. Климат Грузии. Тбилиси, 2017, 360 с.

Элизбарашвили, Гонгладзе, 1980 – Элизбарашвили Э.Ш., Гонгладзе Н.Ш. Климатография курортов Грузии. Тбилиси, 1980, 246 с.

Элизбарашвили и др., 2017 – Элизбарашвили Э.Ш., Элизбарашвили М.Э., Куталадзе Н.Б., Элизбарашвили Ш.Э., Челидзе Н.З. Многолетнее изменение числа и интенсивности жарких дней на территории Грузии в условиях глобального потепления // *Метеорология и гидрология*. 2017. №10. С. 83-90.

Элизбарашвили и др., 2018 – Элизбарашвили Э.Ш., Элизбарашвили М.Э., Элизбарашвили Ш.Э., Куталадзе Н.Б., Челидзе Н.З., Горгисели В.Э. Тропические ночи на территории Грузии // *Метеорология и гидрология*. 2018. №9. С. 114-122.

Элизбарашвили и др., 2019 – Элизбарашвили Э.Ш., Элизбарашвили М.Э., Элизбарашвили Ш.Э., Куталадзе Н.Б., Гогия Н.М. Характеристика морозных дней в горных районах Грузии // *Метеорология и гидрология*. 2019. №2. С. 99-107.

Beniston, 2007 – Beniston M. et al. Future extreme events in European climate: an exploration of regional climate model projections // *Clim.Change*. 2007. 81: 71-95.

Borenstein, 2014 – Borenstein, S. Winters aren't colder; we're just softer. Florida Today. Melbourne, Florida. P. 8A. Archived from the original on January 13, 2014. Retrieved January 12, 2014.

Climate Change Indices – Climate Change Indices. [Electronic resource]. URL: <http://etccdi.pacificclimate.org/indices.shtml>

Cold Wave – Cold Wave. AMS: Glossary of Meteorology. Archived from the original on 14.05.2011. Retrieved 25.09.2008.

Elizbarashvili et al., 2017 – Elizbarashvili E.Sh., Elizbarashvili M.E., Elizbarashvili S.E., Chavchanidze Z.B., Chelidze N.Z., Gorgisheli V.E. Statistical Structure of the Number of Hot Days the Georgian Territory // *European Geographical Studies*. 2017. Vol. 4, Is. 1. Pp. 26-35.

- García-Herrera et al., 2010 – García-Herrera et al. A review of the European summer heatwave of 2003 // *Crit. Rev. Environ. Sci. Technol.* 2010. 40: 267-306.
- Heat wave | meteorology – Heat wave | meteorology. Encyclopedia Britannica. Retrieved, 2019.
- Meehl, Tebaldi, 2004 – Meehl G.A., Tebaldi C. More intense, more frequent, and longer lasting heat waves in the 21st century // *Science*. 2004. 305: 994-7.
- Peterson, 2005 – Peterson T.C. Climate Change Indices // *WMO Bulletin*. 2005. 54(2): 83-86.
- Russo et al., 2014 – Russo S. et al. Magnitude of extreme heat waves in present climate and their projection in a warming world // *J. Geophys. Res.* 2014. 119. D022098.
- Russo et al., 2015 – Russo S., Sillmann J., Fischer E. Top ten European heatwaves since 1950 and their occurrence in the coming decades // *Environmental Research Letters*. 2015. 10: 124003. DOI: 10.1088/1748-9326/10/12/124003
- Schär et al., 2004 – Schär C. et al. The role of increasing temperature variability in European summer heatwaves // *Nature*. 2004. 427: 332-6.
- Smith, Sheridan, 2018 – Smith E.T., Sheridan S.C. The characteristics of extreme cold events and cold air outbreaks in the eastern United States // *Int. J. Climatol.* 2018. 38: e807-e820. Bibcode: 2018IJCli..38E.807S. DOI: 10.1002/joc.5408

References

- Arkhangel'skii, Kotova, 1966 – Arkhangel'skii, V.L., Kotova, L.M. (1966). Volny kholoda i tepla v troposfere i stratosfere nad Nizhnim Povolzh'em [Waves of cold and heat in the troposphere and stratosphere over the Lower Volga region]. *Voprosy klimata i pogody Nizhnego Povolzh'ya*. Saratov. Vyp. 4. Pp. 35-45. [in Russian]
- Beniston, 2007 – Beniston, M. et al. (2007). Future extreme events in European climate: an exploration of regional climate model projections. *Clim.Change*. 81: 71-95.
- Borenstein, 2014 – Borenstein, S. (2014). Winters aren't colder; we're just softer. Florida Today. Melbourne, Florida. P. 8A. Archived from the original on January 13, 2014. Retrieved January 12.
- Chubukov, 1949 – Chubukov, L.A. (1949). Kompleksnaya klimatologiya [Complex climatology]. M. L., 255 p. [in Russian]
- Climate Change Indices – Climate Change Indices. [Electronic resource]. URL: <http://etccdi.pacificclimate.org/indices.shtml>
- Cold Wave – Cold Wave. AMS: Glossary of Meteorology. Archived from the original on 14.05.2011. Retrieved 25.09.2008.
- Duitseva, Ped', 1963 – Duitseva, M.A., Ped', D.A. (1963). Osobennosti voln kholoda i tepla na Evropeiskoi territorii SSSR [Features of cold and heat waves on the European territory of the USSR]. *Trudy TsIP*. Vyp. 123. Pp. 34-62. [in Russian]
- Elizbarashvili et al., 2017 – Elizbarashvili, E.Sh., Elizbarashvili, M.E., Elizbarashvili, S.E., Chavchanidze, Z.B., Chelidze, N.Z., Gorgisheli, V.E. (2017). Statistical Structure of the Number of Hot Days the Georgian Territory. *European Geographical Studies*. Vol. 4, Is. 1. Pp. 26-35.
- Elizbarashvili i dr., 2017 – Elizbarashvili, E.Sh., Elizbarashvili, M.E., Kutaladze, N.B., Elizbarashvili, Sh.E., Chelidze, N.Z. (2017). Mnogoletnee izmenenie chisla i intensivnosti zharkikh dnei na territorii Gruzii v usloviyakh global'nogo potepleniya [Long-term change in the number and intensity of hot days on the territory of Georgia under the conditions of global warming]. *Meteorologiya i gidrologiya*. 10: 83-90. [in Russian]
- Elizbarashvili i dr., 2018 – Elizbarashvili, E.Sh., Elizbarashvili, M.E., Elizbarashvili, Sh.E., Kutaladze, N.B., Chelidze, N.Z., Gorgisheli, V.E. (2018). Tropicheskie nochi na territorii Gruzii [Tropical nights on the territory of Georgia]. *Meteorologiya i gidrologiya*. 9: 114-122. [in Russian]
- Elizbarashvili i dr., 2019 – Elizbarashvili, E.Sh., Elizbarashvili, M.E., Elizbarashvili, Sh.E., Kutaladze, N.B., Gogiya, N.M. (2019). Kharakteristika moroznykh dnei v gornykh raionakh Gruzii [Characteristics of frosty days in the mountainous regions of Georgia]. *Meteorologiya i gidrologiya*. 2: 99-107. [in Russian]
- Elizbarashvili, 2017 – Elizbarashvili, E.Sh. (2017). Klimat Gruzii [The climate of Georgia]. Tbilisi, 360 p. [in Russian]
- Elizbarashvili, Gongladze, 1980 – Elizbarashvili, E.Sh., Gongladze, N.Sh. (1980). Klimatografiya kurortov Gruzii [Climatology of the resorts of Georgia]. Tbilisi, 246 p. [in Russian]
- García-Herrera et al., 2010 – García-Herrera et al. (2010). A review of the European summer heatwave of 2003. *Crit. Rev. Environ. Sci. Technol.* 40: 267-306.

- Heat wave | meteorology – Heat wave | meteorology. Encyclopedia Britannica. Retrieved, 2019.
- Kharchilava, 1970 – Kharchilava, F.T. (1970). Metod prognoza srednei mesyachnoi temperatury vozdukh, voln kholoda i tepla i mesyachnykh summ atmosferykh osadkov v Zakavkaz'e i Dagestanskoi ASSR [Method for forecasting the average monthly air temperature, cold and heat waves and monthly sums of atmospheric precipitation in the Transcaucasus and the Dagestan ASSR]. *Trudy Zak. NIGMI*. Vyp. 38(44). 256 p. [in Russian]
- Khrabrov, 1949 – Khrabrov, Yu.B. (1949). Prognoz voln kholoda v Srednei Azii na estestvennyi sinopticheskii period [Forecast of cold waves in Central Asia for the natural synoptic period]. *Trudy TsIP*. Vyp. 19 (6). Pp. 117-133. [in Russian]
- Khromov, Mamontova, 1974 – Khromov, S.P., Mamontova, L.I. (1974). Meteorologicheskii slovar' [Meteorological Dictionary]. L., Gidrometeoizdat, 568 p. [in Russian]
- Meehl, Tebaldi, 2004 – Meehl, G.A., Tebaldi, C. (2004). More intense, more frequent, and longer lasting heat waves in the 21st century. *Science*. 305: 994-7.
- Morozova, 2012 – Morozova, S.V. (2012). Statisticheskoe issledovanie voln tepla i kholoda v severo-zapadnom regione zimoi i letom (na primere Sankt-Peterburga) [Statistical study of heat and cold waves in the northwestern region in winter and summer (on the example of St. Petersburg)]. *Uchenye zapiski Rossiiskogo Gosudarstvennogo Godrometeorologicheskogo Universiteta*. Vyp. 36. Pp. 50-53. [in Russian]
- Peterson, 2005 – Peterson, T.C. (2005). Climate Change Indices. *WMO Bulletin*. 54(2): 83-86.
- Russo et al., 2014 – Russo, S. et al. (2014). Magnitude of extreme heat waves in present climate and their projection in a warming world. *J. Geophys. Res.* 119. Do22098.
- Russo et al., 2015 – Russo, S., Sillmann, J. Fischer, E. (2015). Top ten European heatwaves since 1950 and their occurrence in the coming decades // *Environmental Research Letters*. 10: 124003. DOI: 10.1088/1748-9326/10/12/124003
- Schär et al., 2004 – Schär, C. et al. (2004). The role of increasing temperature variability in European summer heatwaves. *Nature*. 427: 332-6.
- Smith, Sheridan, 2018 – Smith, E.T., Sheridan, S.C. (2018). The characteristics of extreme cold events and cold air outbreaks in the eastern United States. *Int. J. Climatol.* 38: e807-e820. Bibcode: 2018IJCli..38E.807S. DOI: 10.1002/joc.5408
- Sreznevskii, 1899 – Sreznevskii, B.I. (1899). Volny kholoda ot Novoi Zemli do Persii, In-dii i Yakutskoi oblasti [Cold waves from Novaya Zemlya to Persia, India and the Yakutsk region]. *Meteorologicheskii vestnik*. 4: 107-110. [in Russian]

Волны тепла и холода над территорией Грузии в условиях глобального потепления

Элизбар Шалвович Элизбарашвили^{a,*}, Мария Элизбаровна Элизбарашвили^b, Шалва Элизбарович Элизбарашвили^a, Нато Бежановна Куталадзе^a

^a Грузинский технический университет, Институт гидрометеорологии, Грузия

^b Тбилисский государственный университет им. Ив. Джавахишвили, Грузия

Аннотация. По материалам наблюдений 12 метеорологических станций исследована статистическая структура волн тепла и холода на территории Грузии. Определены средняя непрерывная, суммарная и наибольшая продолжительности волн, вероятность их реализации, ареал распространения и период повторяемости. Исследован многолетний ход суммарной продолжительности волн тепла и холода. Оценены скорость изменения, коэффициент детерминации и критерий статистической значимости изменений.

Ключевые слова: волны тепла и холода, продолжительность, вероятность, повторяемость, скорость изменения, статистическая значимость.

* Корреспондирующий автор

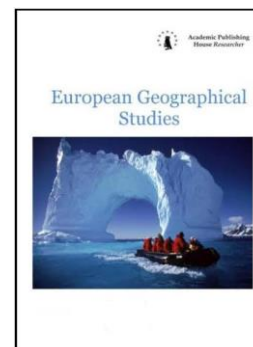
Адреса электронной почты: eeelizbar@hotmail.com (Э.Ш. Элизбарашвили), mariam.elizbarashvili@tsu.ge (М.Э. Элизбарашвили), info@ball.com (Ш.Э. Элизбарашвили), cwlamo8@gmail.com (Н.Б.Куталадзе)

Copyright © 2020 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
2020, 7(1): 48-56

DOI: 10.13187/egs.2020.1.48
www.ejournal9.com



Contamination of Soils by Arsenic in Ambrolauri Municipality and Its Impact on the Health of the Population

Lali U. Shavliashvili ^a, Marine A. Arabidze ^b, Elina M. Bakradze ^b, Gulchina P. Kuchava ^b, Georgi I. Kordzakhia ^b

^a Institute of Hydrometeorology, Georgian Technical University, Georgia

^b National Environmental Agency of the Ministry of Environment Protection and Agriculture, Georgia

Abstract

In 2019, in Ambrolauri municipality, the level of soil contamination with arsenic as a result of exposure to hazardous industrial waste containing arsenic of the Racha Mining Chemical Plant was studied. In particular, a study was conducted on arsenic contamination of the soils of the villages Uravi, Abari, Utseri, Likheta and Sori Valleys.

Revealed that:

According to the results of the study, of Uravi soils are the most polluted in arsenic;

There is less arsenic pollution in the village of Utsera, Sori Valley and the village of Likheta (average level of pollution);

The village of Abara is relatively clean, a small area where arsenic contamination was observed.

It should be noted that in all cases the arsenic content is higher in the soil top (0-5 cm depth) than in the lower layer (5-20 cm depth). The health condition of the population of Ambrolauri municipality has been revealed.

Based on the 2016 statistical data of the National Center for Disease Control and Public Health, the population of Racha-Lechkhumi and Kvemo Svaneti among the regions of Georgia has the first place in terms of malignant tumours and diabetes.

Keywords: environmental pollution, soil, arsenic, Ambrolauri municipality, public health.

1. Introduction

The aim of the paper is to determine in some regions of Georgia (Racha-Lechkhumi and Kvemo Svaneti) the regularity of the spread of arsenic concentrations, which is by classification from hazard class 1. Soil norms standards -Maximum Permissible Concentration (MPC), Permissible Orientation Concentration (POC) and Clarks were used to visualize and evaluate the results ([Methodological guidelines...; Supatashvili, 2009](#)).

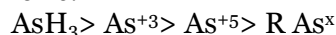
The toxicity of arsenic and its compounds has a long history. In the seventies of the last century, their carcinogenic properties were determined. Although, arsenic compounds are widely used in technology, agriculture, medicine, etc. Arsenic is a natural component of the Earth's crust and is common in any environment, air, water and soil. In a number of countries, arsenic is naturally found in groundwater. It is present in nature in organic and inorganic form, the latter being very toxic. Therefore, controlling the content of arsenic in natural waters, soil and food products and studying the regularities of distribution is one of the important and topical issues in the world.

Arsenic and arsenic compounds are included in the list of 10 toxic elements (Hg, Pb, Cd, As, Ni, etc.) that pose significant problems for human health (WHO) (Skalnaya et al., 2001).

Arsenic and arsenic compounds belong to the category of carcinogens proven to be a hazard (IARC) for human (Skalnaya et al., 2001; Arsenic and arsenic compounds...).

Although the ways in which arsenic gets into the body can be through the skin, the airways, it still gets into the human body mainly from food and drinking water. Organic arsenic species are most commonly found in seafood, while in terrestrial products are mainly found 3-5 valent arsenic forms and the unit is organic species. Therefore, arsenic is involved in the food chain mainly from contaminated soil and water (Laferashvili, 2008; European population...).

Arsenic is found in all types of soil. Its oxidation degree varies from -3, 0, +3, +5; the most common are As_2O_3 and As_2O_5 . In terms of toxicity, arsenic chloride and salts: lead and copper ars/2mpounds can be represented as follows:



The main industrial mineral of arsenic in the soil is arsenopyrite (FeAsS).

According to the Basel Convention, arsenic belongs to the category of controlled waste (The Basel Convention..., 1989). All the above mentioned suggests that arsenic is included in the list of normalized substances.

2. Materials and methods

Research zone and methods

Arsenic ores have been established in Georgia (Racha-Lechkhumi and Kvemo Svaneti). They were used to produce arsenic-containing preparations. In the village of Uravi, at the Racha Mining Chemical Plant, 27 km from the mine, Lukhuni arsenic-containing ore was being recycled and white arsenic (As_2O_3) was received.

There were two mining and chemical plants in Lentekhi district – Tsani and Koruldashi.

Waste is generated by the extraction or the recycling of arsenic in arsenic ores, in the form of arsenic anhydride (As_2O_3) and other compounds, which causes them to accumulate in environmental objects (water, soil, plants).

Since 1993, both factories have ceased its functioning. To date, both deposits have been preserved and no arsenic has been produced. Problems include arsenic-containing waste and surrounding areas, including arable land. To date, a large amount of toxic waste left over from the Soviet era (more than 120,000 tons of residue containing 4-9 % white arsenic) has been stored near the villages of Uravi and Tsana. Waste was not safely disposed and there is a high risk of environmental (rivers, groundwater and soil) hazards (Gigauri et al., 2015; Bagrationi et al., 2014; Shavliashvili et al., 2017; Alexidze, Lolishvili, 2016).

It should be noted that in 2014–2016 a joint project of the Ministry of Environment and Natural Resources Protection of Georgia and the Ministry of Economic Affairs of the Netherlands "Management of arsenic-containing mining waste in Georgia" was carried out with mutual co-financing. In the municipalities of Ambrolauri and Lentekhi within the framework of this project, the first-line emergency works of the hazardous industrial waste containing arsenic were carried out.

Despite the work carried out, the content of arsenic in the soil is significantly high. Due to the high arsenic pollution of the soil (the pastures of the region and other agricultural lands) and food products, the health and lives of thousands of people are endangered.

In 2019, the National Environmental Agency (NEA) of the Ministry of Environmental Protection and Agriculture (MEPA) of Georgia carried out fieldworks in various villages of Ambrolauri Municipality. Soil samples were taken at a depths of 0-5 and 5-20 cm and the rolling form of arsenic was determined (Fomin, Fomin, 2001). In the studied municipality mainly Rau Humus Calcareous (rendzic leptosols) soils are common, their total area in Georgia is 4.5 % (317,200 ha), which are clay or loam mechanical characterized by neutral or weakly alkaline reaction (pH – 7.0-7.7) and in composition, with an abundance of silicate forms of iron. Humus content is moderate or small. The soils are deeply humusized, the humus type is humid. The carbonate content varies greatly (20-51 %). Montmorillonites and hydrocarbons predominate in the clay minerals. This soil is characterized by high fertility (Urushadze, 1997).

Soil sampling, labelling, storage and transportation were carried out using the standard methodology of the International Standard Organization (ISO). Laboratory works were performed using ISO and US EPA standard methods. The analyzes were carried out in the Laboratory of

Atmospheric Air, Soil and Water Analysis of the NEA of the MEPA of Georgia with the following technical and instrumental support:

1. Plasma-emission spectrometer ICP-OES;
2. Soil Digestion-Milestone – Start D Microwave system;
3. pH meter – Milwaukee-Mi 150.

3. Results and discussion

In 2019, we studied the chemical study of the soils of the area contaminated with industrial waste from Arsenic, in particular, for the villages of Uravi, Abari, Utseri, Likheta and Sori Valleys. The results are given in Table 1, where the values of MPC, POC and Clark are given.

Measures to assess the degree of contamination of soils with heavy metals, which are currently used by environmental organizations, are based on the use of the MPC and the POC of the main standards ([Methodological guidelines...](#)). These standards were introduced into the legislation from the practice of working in a more homogeneous (water, air) environment. Using this approach is problematic for soils because they are heterogeneous and combine living and non-living, soil-dense, liquid and gaseous phases. It is therefore necessary to take a scientifically based approach to soil assessment, given its heterogeneity, as an important complex multi-component and multi-phase object.

According to the results of the survey, the maximum concentration of arsenic (moving form) according to the data of November 2019 is observed at a depth of 0-5 and 5-20 cm in the area of Uravi, respectively 81.35 (40.7 MPC) - 45.33 (22.7 MPC) mg/kg ([Figure 1](#)).

In the village of Utsera, the concentration of arsenic is 25.65 (12.8 MPC) – 9.00 (4.5 MPC) mg/kg at a depth of 0-5 and 5-20 cm ([Figure 2](#)).

Table 1. Arsenic in the soils of Ambrolauri Municipality Contents, November, 2019

	Sampling location (cm)		coordinates	As mg/kg
1	Uravi	0-5	X-0359699	81.35
2	Uravi 20	5-	Y-4723094	45.33
3	utsera	0-5	X-0380753	25.65
4	utsera 20	5-	Y-4722000	9.00
5	Soris Kheoba	0-5	X-0360029	20.38
6	Soris Kheoba 20	5-	Y-4717768	2.51
7	Soris Kheoba	0-5	X-0359545	10.82
8	Soris Kheoba 20	5-	Y-4716415	5.01
9	Sori Valley, near		X-0359193	15.19

	the Church	0-5	Y-4714541	
10	Sori Valley, near the church	5-20		6.07
11	Likheti	0-5	X-0355715	20.00
12	Likheti	5-20	Y-4717963	10.55
13	Abari	0-5	X-0359629	16.37
14	Abari	5-20	Y-4723832	10.92
15	Abari	0-5	X-0357634	11.25
16	Abari	5-20	Y-4719633	10.53
MPC				2
POC				10
Klark				1,7

According to the results of the survey, the maximum concentration of arsenic (moving form) according to the data of November 2019 is observed at a depth of 0-5 and 5-20 cm in the area of Uravi, respectively 81.35 (40.7 MPC) – 45.33 (22.7 MPC) mg/kg (Figure 1).

In the village of Utsera, the concentration of arsenic is 25.65 (12.8 MPC) – 9.00 (4.5 MPC) mg/kg at a depth of 0-5 and 5-20 cm (Figure 2).

The concentration of arsenic is relatively low in Sori Valley, which is defined as 3 points and is 20.38 (10.2 MPC); 15.19 (7.6 MPC) and 10.82 (5.4 MPC) mg/kg at a depth of 0-5 cm. The concentration of arsenic is much lower at a depth of 5-20 cm and therefore amounts to 2.51 (1.3 MPC); 6.07 (3.0 MPC) and 5.01 (2.5 MPC) mg/kg (Figure 3).

Approximately similar results are obtained in the village Likheti (20.00 (10.0 MPC) and 10.55 (5.3 MPC) (Figure 4).

The village Abari is clean compared to other facilities. Abari, where the concentration of arsenic was determined at two points and the maximum concentration of arsenic was observed at 16.37 (8.2 MPC) mg/kg, and at the second point – even lower – 11.25 (5.6 MPC) mg/kg 0-5 cm at depth. In depth, the concentration of arsenic decreases even more (Figure 5).

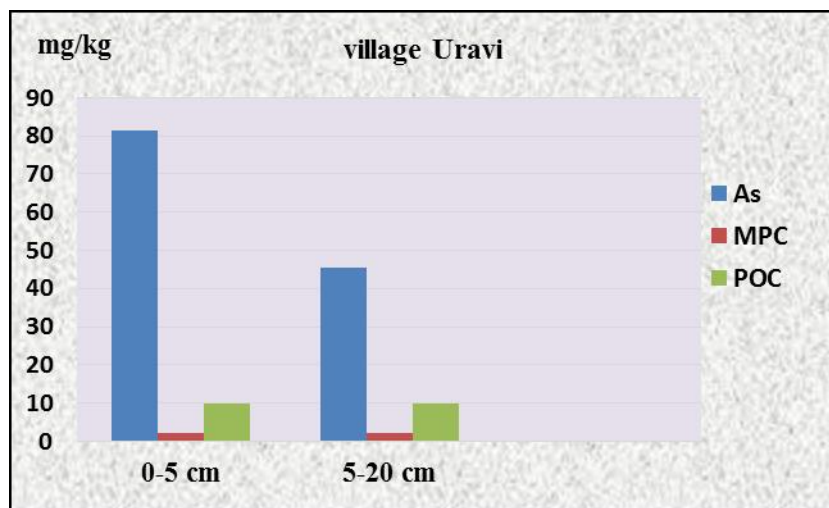


Fig. 1. Arsenic concentration in the village Uravi soils X-0359699 Y-4723094 at depths of 0-5 and 5-20 cm

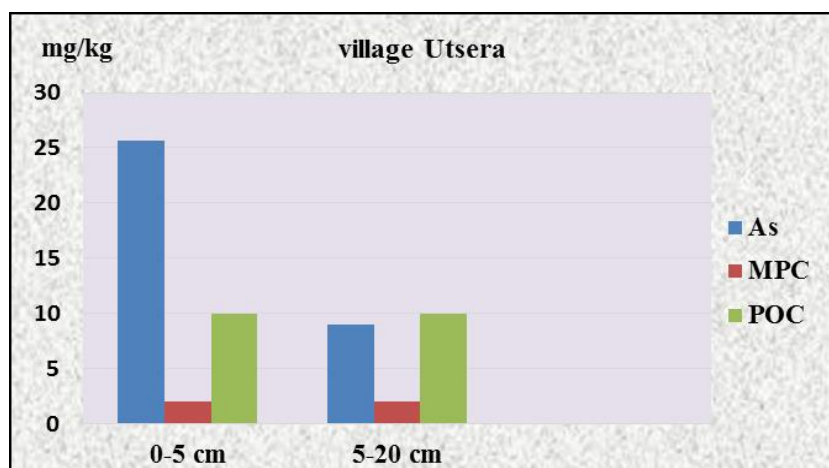


Fig. 2. Arsenic concentration in the village Utsrea soils at depths of 0-5 and 5-20 cm

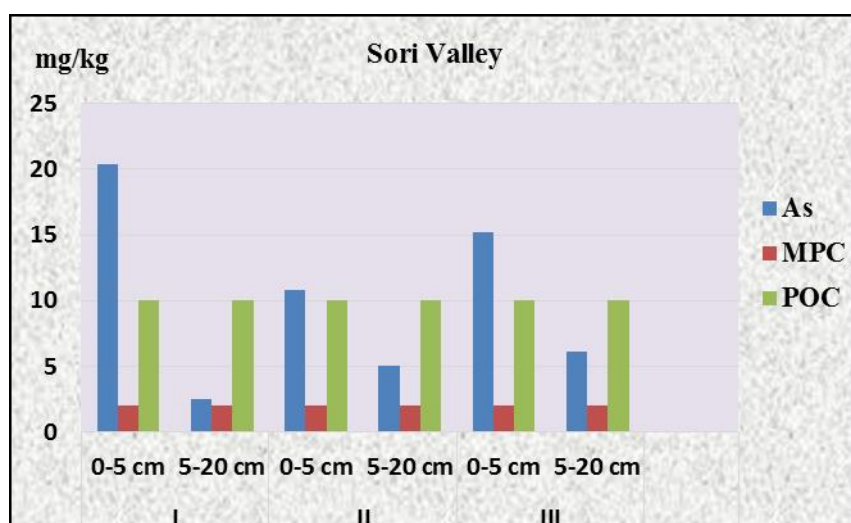


Fig. 3. Arsenic concentration in soils of Sori Valley at depths of 0-5 and 5-20 cm I – X-0360029 Y-4717768; II – X-0359545 Y-4716415 III – X-0359193 Y-4714541 (near the church)

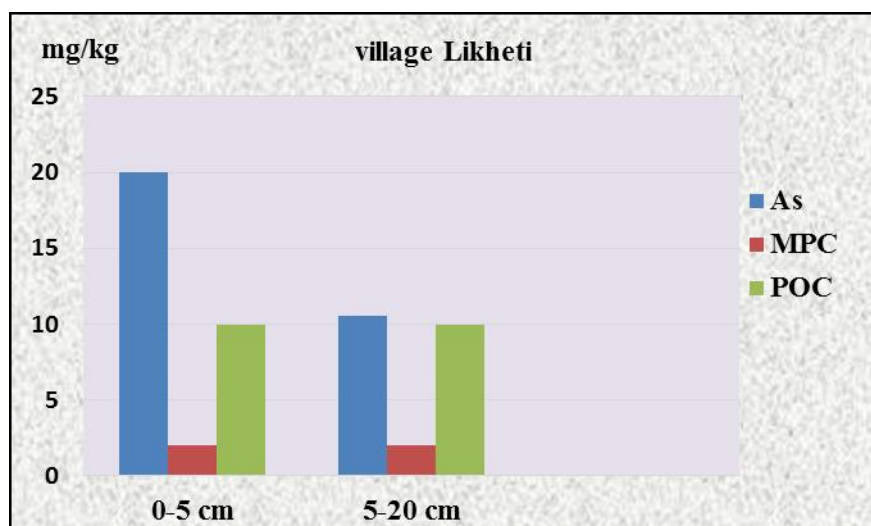


Fig. 4. Arsenic concentration in the village Likheta soils X-0355715 Y-4717963 at depths of 0-5 and 5-20 cm

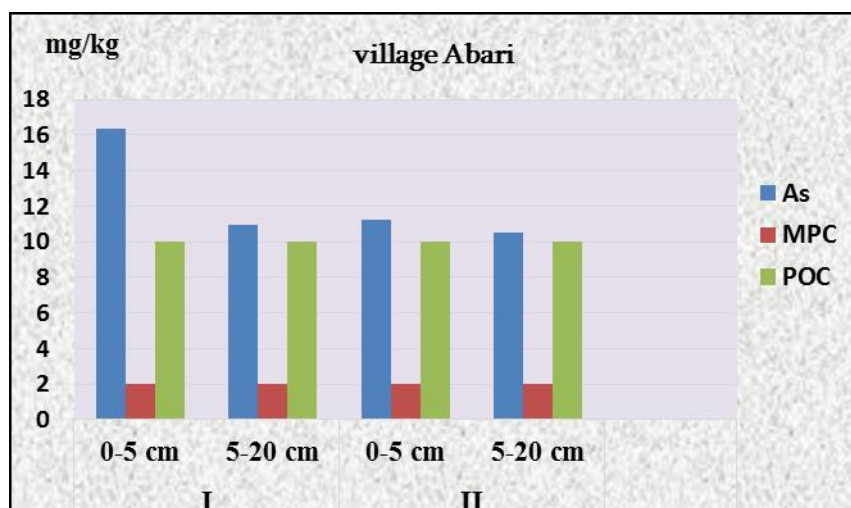


Fig. 5. Arsenic concentration in the village Abari soils at depths of 0-5 and 5-20 cm
I – X-0359629 Y-4723832; II – X-0357634 Y-4719633

It should be noted that according to the results of the study, the maximum content of arsenic in 2014 was in Uravi, in the vicinity of the white arsenic processing plant, where the maximum concentration of arsenic was 61814.9 mg/kg, and in the vicinity of sedimentation place – 36373.7 mg/kg (Shavliashvili et al., 2017).

Based on the 2016 statistical data of the National Center for Disease Control and Public Health, it is clear that the population of Racha-Lechkhumi and Kvemo Svaneti is the first among the regions of Georgia in terms of malignant tumours and diabetes, which in our opinion is associated with arsenic contamination (National Center for Disease..., 2016).

Table 2. Distribution of malignant tumors by regions Georgia, 2016

	According to the place of residence		According to the services received	
	Number of cases	Rate per 100,000 population	Number of cases	Rate per 100,000 population
Abkhazia	127	-	0	-
Adjara	870	257.4	683	202.1
Tbilisi	3789	340.2	7239	649.9
Kakheti	711	223.7	128	40.3
Imereti	1324	249.2	1401	263.7
Samegrelo - Zemo Svaneti	886	269.3	99	30.1
Shida Kartli	590	223.7	152	57.6
Kvemo Kartli	831	194.7	171	40.1
Guria	322	285.5	44	39.0
Samtskhe - Javakheti	313	195.0	54	33.6
Mtskheta –Mtianeti	215	228.7	88	93.6
Racha – Lechkhumi and Kvemo Svaneti	110	351.4	38	121.4
Former South Ossetia	9	-	-	-
Georgia	1 0097	271.5	10097	271.5

Table 3. Distribution of diabetes by regions Georgia, 2016

	Number of cases at the end of the year (Contingent)			Number of new cases				
	Total		Including children	Total			Including children	
	Number of cases	Prevalence per 100,000 population	Number of cases	Prevalence per 100,000 population	Number of cases	Prevalence per 100,000 population	Number of cases	Prevalence per 100,000 population
Abkhazia	1334	--	4	--	169	--	1	--
Adjara	11002	3255.0	47	72.1	1944	575.1	23	35.3
Tbilisi	18091	1624.3	65	30.3	7147	641.7	49	22.8
Kakheti	9606	3021.7	23	37.5	984	309.5	3	4.9
Imereti	19353	3642.6	43	42.0	3518	662.1	6	5.9
Samegrelo – Zemo Svaneti	6606	2007.9	77	121.3	1965	597.3	25	39.4
Shida Kartli	7703	2920.0	16	31.4	943	357.5	0	0.0
Kvemo Kartli	9083	2127.7	56	68.0	2747	643.5	15	18.2
Guria	2694	2388.3	18	82.6	338	299.6	0	0.0

Samtskhe – Javakheti	2121	1321.5	17	54.8	449	279.8	9	29.0
Mtskheta – Mtianeti	2061	2192.6	3	16.6	164	174.5	0	0.0
Racha – Lechkhumi and Kvemo Svaneti	1215	3881.8	3	50.0	109	348.2	0	0.0
Another agency	450	-	5	-	263	-	7	-
Georgia	91319	2455.3	377	52.6	20740	557.6	138	19.2

4. Conclusion

In Racha-Lechkhumi and Kvemo Svaneti regions, the level of pollution of municipal lands with arsenic as a result of exposure to hazardous industrial waste containing arsenic of Racha Mining Chemical Plant was revealed. Research has shown that a special effort must be made to establish strong control over anthropogenic load that is needed to maintain the clean conditions of natural waters, soils and food products and to improve their pollution status.

The following conclusions can be drawn:

1. According to the results of the research, soils village of Uravi are the most polluted in arsenic (moving form). The maximum concentration of arsenic according to the data of November 2019 is 81.35 (40.7 MPC) – 45.33 (22.7 MPC) mg/kg at a depth of 0-5 and 5-20 cm in the area of Uravi, respectively.

2. The concentration of arsenic in the village of Utsera is 25.65 (12.8 MPC) – 9.00 (4.5 MPC) at the same depths.

3. The concentration of arsenic is relatively low in Sori Valley, which is defined as 3 points and is 20.38 (10.2 MPC); 15.19 (7.6 MPC) and 10.82 (5.4 MPC) mg/kg at a depth of 0-5 cm. The concentration of arsenic is much lower at a depth of 5-20 cm and therefore amounts to 2.51 (1.3 MPC); 6.07 (3.0 MPC) and 5.01 (2.5 MPC) mg/kg.

4. There are similar results in the village Likheta – 20,00 (10,0 MPC) and 10,55 (5,3 MPC) mg/kg.

5. The village Abari is clean compared to other facilities, where the concentration of arsenic was determined at two points and was 16.37 (8.2 MPC) mg/kg, and at the second point – even lower – 11.25 (5.6 MPC) mg/kg at a depth of 0-5 cm. In depth, the concentration of arsenic decreases even more here.

6. Based on the 2016 statistical data of the National Center for Disease Control and Public Health, the population of Racha-Lechkhumi and Kvemo Svaneti among the regions of Georgia has the first place in terms of malignant tumours and diabetes.

References

Alexidze, Lolishvili, 2016 – Alexidze, G., Lolishvili, R. (2016). Basic Aspects of Georgia's Environmental Pollution. *Materials of International Scientific Conference "Modern Technologies of Eco-friendly Products for Sustainable Development of Agriculture"*. Tbilisi, pp. 33-45.

Arsenic and arsenic compounds... – Arsenic and arsenic compounds IARC monographs – 100C, (IARC, 1980, 1987, 2004). [Electronic resource]. URL: <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol100C/mono100C-6.pdf>

Bagrationi et al., 2014 – Bagrationi, N., Gvertsiteli, L., Gvakharia, V., Chirakadze, A., Sharashidze, T. (2014). Ecological description of the Arsenic waste storage and warehousing facilities. *Proceedings of the Georgian Academy of Sciences*. 4.

European population... - European population 1 European Food Safety Authority 2, 3 European Food Safety Authority (EFSA), Parma, Italy.

Fomin, Fomin, 2001 – Fomin, G.S., Fomin, A.G. (2001). Pochva, kontrol' kachestva i ekologicheskie bezopasnosti po mezhdunarodnym standartam [Soil, quality control and environmental safety according to international standards]. Moskva VNII standart, 300 p. [in Russian]

[Gigauri et al., 2015](#) – *Gigauri, R., Bibiashvili, N., Baghaturia, L.* (2015). Monitoring and Remediation of Wastes of Racha-Svaneti in Georgian Regions. *Chemical Materials of Georgia*. 15(1): 119-122.

[Laferashvili, 2008](#) – *Laferashvili, K.* (2008). Food safety. Georgian strategic researches and development centre. Bulletin N111.

[Methodological guidelines...](#) – Methodological guidelines for assessing the degree of risk of contamination of soils with chemical substances-mm 2.1.7. 004 – 03 (Order of the Minister of Labor, Health and Social Affairs of Georgia 838/n February 24, 2003, Tbilisi).

[National Center for Disease..., 2016](#) – National Center for Disease Control and Public Health – Health Care, Statistical Reference, 2016. 155 p.

[Shavliashvili et al., 2017](#) – *Shavliashvili, L., Bakradze, E., Arabidze, M., Kuchava, G.* (2017). Arsenic pollution study of the rivers and soils in some of the regions of Georgia. *International Journal of Current Research*. 9(02): 47002-47008.

[Skalnaya et al., 2001](#) – *Skalnaya, M.G., Skalny, A.V, Demidov, V.A.* (2001). Dependence of the increased oncologic morbidity rate from the excessive contents of arsenic and other toxic chemical elements in environment. *Mikroelementy v meditsine*. Pp. 32-35.

[Supatashvili, 2009](#) – *Supatashvili, G.* (2009). Environmental Chemistry (Ecochemistry). Tbilisi, University Press, 187 p.

[The Basel Convention..., 1989](#) – The Basel Convention on the “Control of Transboundary Movements of Hazardous Wastes and their Disposal”. 1989, 22 March, Basel (Switzerland).

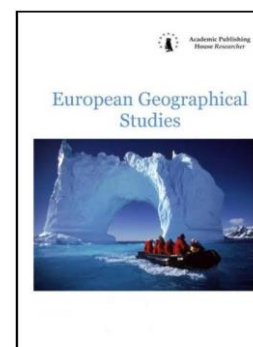
[Urushadze, 1997](#) – *Urushadze, T.* (1997). Basic Soils of Georgia. Science. Tbilisi, 267 p.

Copyright © 2020 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
2020, 7(1): 57-67

DOI: 10.13187/egs.2020.1.57
www.ejournal9.com



Forest Cover for the Safety of Biosphere and Environment

Tsisana Z. Basilashvili ^{a, *}

^a Georgian Technical University, Institute of Hydrometeorology, Tbilisi, Georgia

Abstract

The extreme events resulting from climate change are discussed: floods, decline of fresh water and land resources, draughts, crop failure, desertification, etc. The reasons causing climate change are examined, main of them being the anthropogenic increase of carbon dioxide concentration in the atmosphere. Its absorption is possible only by green vegetation through the process of photosynthesis, as a result of which large amount of oxygen is produced being a principal source of existence for all living organisms. Forest is rich in many kinds of food and medical products. It is a protector of water and land resources as well as a filter for purifying air and the water.

The importance of forest cover in mountain regions is described, where it protects settlements, roads and fields from floods and mudflows, erosion processes, landslides and avalanches. Forest is regulating the water regime of mountain rivers curtailing floods and preventing them from drying up.

The data are presented on the state of forest cover in Georgia and the world over. Resulting from unsystematic felling forests are becoming sparse, are losing their protective functions, thousands of plant and animal species are wiped out. In all settlements the population and local authorities must care for reforestation and afforestation that will facilitate the reproduction of animals and birds, increase in crop capacity and the development of resort-recreational, and ecotourism activities. While planting the forests useful kinds should be chosen and cutting dawn must be permitted for only elderly and sick trees and considering the amount of annual accretion.

Very important is the raising of public awareness. Only the knowledge, correct education and love to the nature may save the biosphere and environment from the destruction and produce economic and social prosperity.

Keywords: anthropogenic processes, carbon dioxide, photosynthesis, water and land resources, oxygen.

1. Introduction

Nowadays one of the main concerns of the world society is the anomaly cataclysmic processes caused by global warming on our planet, which resulted in increasing catastrophic disastrous events that led to large destruction and casualties. In addition, with the increase of the population of the planet, which predicts that in 2050 it will be 11 billion, demand for food, water, housing, energy, family and mobile equipment and others will increase. The capture of forest areas and the irrational cutting of trees causes the reduction of photosynthesis process and the resulting

* Corresponding author
E-mail addresses: jarjinio@mail.ru (T.Z. Basilashvili)

increased heat beams of the sun is the reason that causes global warming, oxygen reducing, new viral, bacterial and chronic diseases.

In the XXI century it is expected to increase the temperature on the Earth, which will lead to the melting of Antarctic and Greenland ice, the sharp rise of the world ocean level and flooding the coastline, leading to large economic and social shocks, loss of crops, deficit of drinking water, floods, storms, and coastal erosion will increase as well. Since climate change is global, it is necessary to find ways to solve problems through joint efforts on an international level.

Today, for the purpose of Biosphere and environmental protection, in order to ease the climate change process for all countries in the world the most important task is to carry out various activities. First of all, the rational use of natural resources and ensuring the sustainability of environmental ecological balance is necessary. In this regard, it is worth mentioning that for the climate regulation, stabilization of oxygen balance and the maintenance of biodiversity particular importance has the forest cover.

2. Study area

Biosphere. The word "bios" means life in Greek. The biosphere is a combination of live and immobile substances in dynamic equilibrium, where the living organism transforms this environment in accordance with its demand. The history of the development of the biosphere is 2,5-3 billion years old. During this time, living organisms have been developing in different conditions of the environment. For example, some single-celled seaweed and bacteria are grown in hot springs up to 75-100 °C, others, on the contrary, minus 6-7 °C and mushroom spores can endure 120-180 °C (Miqadze, 2006). Thus, the biosphere is the layer of the earth where life exists and develops. It covers the whole hydrosphere, lithosphere and atmospheric parts. The hydrosphere is a watery layer of the earth. The World Ocean covers 7/10 of the Earth's surface. It is used by live organisms 100 to 200 m. where the sunbeams can reach. Only bacteria can live deeper (Basilashvili, 2016b).

The lithosphere is a thick layer of the mainland, where life is up to a few tens of centimeters. Some organisms live in 2-3 km depth on land conditions and 1-2 km from the bottom of the ocean. The simplest anaerobic bacteria live in an underground watershed and oil-containing horizons at a depth of 3-5 km.

The biosphere ecosystem is a combination of plants, animals, microorganisms and non-living components of the environment. The main biomes of the biosphere are the land, sea and freshwater biomes (Dre, 1976).

The upper boundary of the biosphere reaches 6 km in the atmosphere, where there are only plants that contain chlorophyll. Only some arthropods live above that are nourished with plant dust, spores, and microorganisms brought by the wind (Eliava et al., 1992).

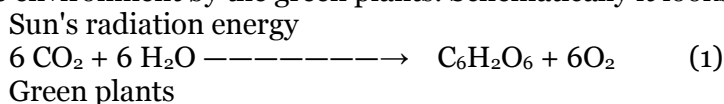
About 600 million years ago, the lowest autotrophic plants emerged, 500 million years ago – plants and insects, 350 million years ago – angiosperms and mammals. The development of plants containing chlorophyll on the ground along with the increase of oxygen contributed to the formation of soils. Later, thanks to the increased amount of oxygen, a variety of flora and fauna, including humans have developed on earth. The existence of biosphere before human origin is called biogenesis, while the development stage of society is called Noogenesis.

At present, there are about 2 million species of plants and animals, including animals up to 1.5 million. According to the number of plants in the first place is angiosperms – about 300 thousand, in the second place, is mushrooms - about 100 thousand. According to the number of species among the animals, the insects are in the first place up to 1 million, mollusks are in the second place up to 100 thousand, and then there are vertebrates up to 50 thousand (Qajaia, 2008).

The atmosphere is the layer of the Earth's surrounding gases and consists of various gases, water vapor, and dust. According to the height, individual layers are included: Troposphere (thickness 8-18 km), stratosphere 55 to 60 km, Mesosphere 80-85 km, thermosphere 80 to 1000 km, and above – Exosphere.

The atmosphere holds part of the space beams and the majority of meteorites. Only 48 % of solar radiation reaches the Earth. If there was no atmosphere, the average temperature of the air on the surface of the earth would be 23° C, not 15° C (Miqadze, 2006). Almost half of the radiating energy on our planet is spent on evaporation of water and this water returns to Earth as precipitation.

Forest and life on earth. In the past, the atmosphere did not contain much oxygen. Then it was rich with carbon dioxide, methane and nitrogen compounds. Nearly 3 billion years ago, the first living organisms on the earth were created at the bottom of the non-deep parts of the hydrosphere, where the sunbeams and warmth were reaching. Such conditions are near the tropical belt where with the carbon dioxide absorbed by the plant's chlorophyll and from the weather with help of solar energy, carbohydrates are synthesized and free oxygen is released. This process is called photosynthesis, or to produce organic substances from the inorganic components of the environment by the green plants. Schematically it looks like this (Qajaia, 2008):



Here the carbon dioxide and water molecules are diluted and the combination of glucose molecules is formed during the joining, and then the free oxygen is released.

The first species of the earliest times were the blue-green seaweeds, which made solar energy transform into chemical energy that contributed to the growth and development of the plant and its fruit. Scientists estimate that over a year there are more than 10 billion kcal of solar radiation per 1 Ha on Earth, which is used by the plant for photosynthesis (Budiko, 1965). Every year, with the solar effect, about 83 billion tons of organic substance is formed on Earth. Because of these, 53 billion tons are created on land and the rest in the seas and oceans. It is noteworthy that plants accumulate only 0.3 % of solar energy. Because of photosynthesis, the quantity of carbon dioxide in the atmosphere was reduced to 0,03 %, and the number of free oxygen increased to 21 % or 1000 times (Qajaia, 2008).

According to F. Ramad (Ramad, 1981), 2 billion years ago, emerged the first organisms that were able to make photosynthesis (prokaryotes: blue-green plants, bacteria, viruses), after 0,5 billion years the highest organisms (eukaryotes) emerged. As a result, 1 billion years ago, the oxygen content in the atmosphere constituted 1 % of the modern number. Phytoplankton increased and as a result of photosynthesis intensity atmospheric ozone was created, which stopped the adverse effect of ultraviolet beams of the sun. This contributed to the development of the organic world first in the upper layers of water, then on land. Millions of years later, various species of plants were developed that were the primary products for animal and human nutrition (Dre, 1976). The vegetation of the earth annually assimilates around 5×10^{10} tone carbon, or absorbs $1,8 \times 10^{11}$ tone carbon dioxide, decomposes $1,3 \times 10^{11}$ tone water, separates $1,2 \times 10^{11}$ tone molecular oxygen and gathers 4×10^{17} Kcal solar energy (Eliava et al., 1992).

It is estimated that all 50-60% of oxygen is released by land vegetation and the rest by the phytoplankton. 1 ha forest in 1 hour absorbs so much carbon dioxide as 200 people breath out in 1 hour. During one year, 1 ha of mixed forest absorbs 15 t carbon dioxide and releases 13 t oxygen. The use of oxygen by humans depends on the physiological condition of his body, age, weight, and sex. In medicine, it is known that the person in a waiting period in one minute spends 0,35-0,40 liters oxygen and 5 l/min during work. A person needs 500-600 liters oxygen in a day, therefore a forest area per person should consist of at least 0.3 ha (Dre, 1976).

Although trees are less than 1 % of all plant species, they form almost 90 % of land phytosum and 64 % of its productivity (Miqadze, 2006). So the vegetation cover is the source of oxygen, food, and energy, and therefore the existence of humans and animals depends on the condition of the forest cover.

In the Bible, it is known that God during the seven-day cycle of creation of the universe, among many wonders, on the third day created forests and brought the axe to all the barren trees. By doing so, he defined the right to use the timber. But the forest is ruined unmercifully by people.

3. Discussion

Climate warming factors

Global warming is the process of fastest growth of average annual temperatures of the Earth's atmosphere. Scientists claim two different versions for this situation. According to the first version, it is a periodically repetitive natural cataclysm of solar activity. It determines the 11-year, 22-year, and 80-90-year-old changes in solar activity. The current global warming is likely to be associated with a higher rate of sunlight, which can be changed by its reduction. In the second version, the warming in

the Earth is because of human's anthropogenic activity, due to the heat radiation containment, reflected from the earth by the gases expanded in the atmosphere. From such gases, it is noteworthy: carbon dioxide, methane, nitrogen monoxide, ozone and freons (hydrocarbon halogen), that freely passes solar beams on earth, but holds the heat reflected by it (Tkemaladze, 2015).

From 1880 to 1930 the average annual air temperature increased by 0,5 °C. Since 1940 the increase in temperature has changed with the decrease, and since the 1960s the intensive growth of the temperature began on Earth (Elizbarashvili et al., 2013). With the development of the technique over the last 1.5 years, in the atmosphere the amount of carbon dioxide (CO₂) increased by 1/3, methane (CH₄) increased by 2.5 times, which excites the Earth 20-25 times more, rather than carbon dioxide. The increase of methane is associated with pipelines and bogs leakage and livestock. Methane is formed by means of special bacteria in the stomach of the livestock. From their dung methane is released that is used for fuel. 1,5 billion cows living on the planet will allocate 18 % of the greenhouse gases, which exceeds all types of transport indicator. That is why the ecoactivists of the world propagate the vegetarian diet and claim that if there is no livestock, there will be no problems. A third of the methane in the atmosphere is created by the livestock (Buchkovska et al., 2015).

The increase in carbon dioxide is associated with the development of industry, as well as wood and coal burning. Every year humanity burns 4,5 billion tons of coal, 3,2 billion tons of oil, gas, peat, and other fuel. The number of carbon dioxide increases especially by cars and aircraft fumes. The main source of harmful substances is outdated transport and the suspicious quality of their fuel.

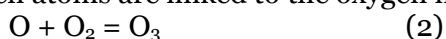
By the industrial activity, in the Earth's atmosphere 27 billion tons of carbon dioxide is estimated annually and its concentration in the atmosphere has grown up to 38 %. Its 30 % absorbs the world ocean, 13 % biosphere, and soil, 57 % remain in the atmosphere that contributes to increase the warming. From the beginning of the industrial era, the atmosphere has accumulated 770 billion anthropogenic carbon dioxide (Barkalaia et al., 2015).

As a result of photosynthesis, 1 ha of forests absorb 5-10 tons of carbon dioxide and releases 10-20 t oxygen. The thermal energy of solar radiation falls on Earth every year on 1 ha area of 10 billion kcal, 93.8 % of which is absorbed by the green cover (Aress, 1982).

The excessive amount of harmful gases caused by anthropogenic activity expands the ozone field in the atmosphere, which is a very dangerous phenomenon for living organisms and is directly related to global warming. These processes were further enhanced when people began to take up various technologies in space. It is estimated that launching space missiles cause damage and disruption of the ozone layer, which will lead to increased solar radiation and temperature.

Ozone layer and its change

Ozone is a blue air which molecule consists of three atoms of oxygen (O₃). It occurs when the ultraviolet radiation of the sun causes the oxygen molecule to collapse into the atoms and the oxygen atoms are linked to the oxygen molecule (Zhorzholiani, Gordadze, 2006):



There is "bad ozone" and "good ozone". Scientists call the "bad ozone" photochemical smoke, which is located in the lowest layer of the atmosphere in the troposphere. Under certain concentrations, it is dangerous for human health: irritates of the upper respiratory tract, causes vegetative disturbances, pulmonary edema, dizziness, eye cataracts, and etc. Such "bad ozone" is only 10% of the Earth's ozone and the remaining is 90 %.

"Good Ozone" is located in the stratosphere and protects the Earth from the devastating impact of ultraviolet radiation. Ozone content is variable at different altitudes. 60 % of its total size comes from the layer that is situated 16 km to 32 km, and the maximum concentration is approximately 25 km. This is a 3.5mm thick of Earth's protective ozone layer that makes the planet more suitable for human existence. Ozone that absorbs a large portion of the ultraviolet radiation of the sun's radiation, which destroys living organisms. So the ozone layer is considered to be the protective shield of the biosphere in the earth (Budiko, 1965). The amount of ozone in Stratosphere depends on the geographic range, the height of the distance from the Earth's surface and the time of year. The effects of solar radiation and oxygen, nitrogen, hydrogen, chlorine, and bromine cause the dissolution of the ozone molecule and the ozone layer. The main reason for this is the fact that many chemical compounds are used in household and agriculture, especially Freons (CFCL₃ and CFCL₂), which were previously used successfully in refrigerators and air-conditioners.

As a result, the ozone layer has been reduced in many parts of the world twice, and in the Arctic, in summers, and above the Antarctic, in winters even some hole is formed. The subsequent degradation of the ozone layer will facilitate the penetration of ultraviolet radiation into the atmosphere that dramatically affects living organisms, causes climatic anomalies and natural disasters. In 1996, factories of ozone disbanding substances (Freones) were closed, resulting in a reduction in the ozone hole by 34 % in 2014. According to scientists, this hole will be reduced by 10 % by 2020.

According to the new information, by 2030 the ozone layer will be filled in the Northern Hemisphere, by 2040 in the Southern Hemisphere, and by 2050 at the Earth's poles. It is noteworthy that since the 50s of the 20th-century space has accumulated a lot of cosmic trash, which comprises 25,000 items of various sizes ranging from the smallest particles to the total spacecraft. They are moving about 25,000 km/h speed and their collision with any moving spacecraft will cause a huge catastrophe.

Forest, its impact and importance

The forest is a vital component of the biosphere and represents a complex combination of ecosystems of trees, bushes, and herbs, animals, birds, and microorganisms that are interconnected in their development process and affect both the environment and each other. The forest has a substantial impact on the processes that are occurring in the atmosphere, on the surface of the earth and below its depths. The forest cover participates in the emergence of natural resources such as soil, water, animals, minerals, energy, recreations, and resorts. The forest also plays an important role in economic activity. It is a source of raw material, which is widely used in different industries. The timber is used as building materials and still as a fuel. The forest also provides food and medicinal products. Paper, cardboard, furniture, parquet is made of it. 15 thousand types of a piece of work are made from trees, in addition, with the increase of the population of the planet, which predicts that in 2050 it will be 11 billion, demand for food, water, housing, energy, family and mobile equipment and others will increase. So the increase in population in the world and technical progress is the reason for an incredible increase in demand for forest resources. The capture of forest areas and the irrational cutting of trees causes the reduction of photosynthesis process and the resulting increased heat beams of the sun is the reason that causes global warming, oxygen reducing, new viral, bacterial and chronic diseases.

Forest-Factor of Climate Formation. The importance of the forest is first revealed in the regulation of the air elements (air temperature, humidity, motion speed, etc.) that affects human health. For example, in summer, temperatures in the treeless areas are relatively 3-5 times higher, which results in the acceleration of human pulse, overheating of the body and decrease of labor ability. Dry air is also harmful in areas where is the lack of forest that causes the mouth, throat, nose dryness and deterioration of antiinfective capacities. The high speed of wind in treeless areas has a negative impact on breathing, blood circulation, and the nervous system.

Thus, the most comfortable conditions for people to relax and rejuvenate are created in the forest. Besides, the beauty and attractiveness of the natural landscapes of forests have a positive impact on the mental condition of humans, improvement of his mood, restoration of labor skills and spiritual conditions.

The sanitary-hygienic role of the forest. In the cities, industrial centers and other settlements the atmospheric air is systematically polluted by harmful chemical contaminants, so in this environment, for the protection and improvement of the sanitary and hygienic standards the greatest importance is granted to the forest, where almost all the tree-plant emissions of gliding aromatic essential substances fitoncides, which can disappear many microbes and viruses, that cleans and makes the air healthier. As a result, the bacteria and microbes are reduced in the woods. 1 m³ air contains up to 500 pathogenic bacteria, while in the 1 m³ air of the city there are 36,000 bacteria. It is estimated that land vegetation annually releases 175 million tons of aromatic oils (Kandelaki, 2013).

Forest as a filter. The lower layers of the atmosphere in our era, except carbon dioxide, are systematically dirty with harmful chemical and mechanical admixtures. The dust reduces the sun's ultraviolet radiation, air transparency, changes the level of ionization and etc. The person breathes 20 m³ air overnight and if the air is dusty, it causes a lot of illness: poisoning, asthma, nasal mucosal atrophy, erosion, and etc. The forest is the strong filter of the air from dust. It is estimated that 1 ha forest during the year filters 50-70 tones of dust. In this regard, beech copse,

1 ha area of which filters about 68 tonnes of dust, oak copse – 56 t, pine copse – 36 t, spruce copse – 32 t are distinguished (Kandelaki, 2013).

Forest and technogenic pollution. Today, a large scale of technologization has caused the accumulation of harmful chemical substances in nature. The contamination of air, water, and soil with different substances reached the level that the living world, including the forests, is threatened in many regions of the world and the desiccation of the massive forests. Experiments have revealed plants that have the ability to remove pollution from air – to detoxification. Oleaster, Ash-tree, Acacia, Oak, Plane-tree, Maple, and Willow are distinguished with the durability towards harmful gases, but the Pine cannot stand them so that is why it is damaged.

Forest and noise. The great importance has the ability of a forest to absorb various kinds of noise, which depends on the composition, structure, frequency, mixed composition of the forest. Multi-story high-frequency copse is characterized by high noise absorption. For example, a high (0,8) radius of 80-100 m away from the source of noise (highway) is reduced to 30 decibels in the forest copse (Zhorzholiani, Gordadze, 2006).

Forest and yield. The influence of forests is huge for the cultivation of agricultural crops. In the case of a forest cover, the yield increases by 20-25 % (Armand, 1964). In this regard, the importance of forests is clearly indicated (Iashvili, 1976) in the data of the thesis: each hectare of forest strip protects the average 30-40 hectares of the field, from which the grain yield increases with 2-3 centner per hectares. From such protected areas can additionally be received 60-80 centner of crops and 8-10 years after the expenses incurred on the construction of forest stripes will be fully compensated. The impact of the forest stripes is particularly pronounced in the months leading up to drought. It is said: "The forest produces water, the water produces a harvest, and the harvest produces the life".

Water management and soil protection skills of the forest. Part of the atmospheric precipitation on the land surface is slept down in the soil that feeds the river all year round. The higher is the seepage in the river the less is the flood and erosion of the soil. Therefore, forests also perform watershed and protective functions. In this regard, the importance of forest is huge in mountainous areas where there are many other defensive features added to the multilateral purposes of the forest, described above. The forest in the mountains regulates the flow of rivers. According to statistical observations, the high frequency (> 0,8) mountain forest is the main factor that facilitates the transfer of atmospheric precipitations to the depths of the soil, thus regulating the liquid surface runoff, improving the water balance and protecting the river from the drying (Kharaishvili, 2001). The main thing is that forests protect the inhabited areas and populations, roads, fields and soils from dangerous disasters such as floods, mudflows, landslides, avalanches, erosion, etc.

World forest cover

Forest cover in the past. The oldest vegetable cover is found in Australia, which is 395 million years old. About 370 million years ago, vegetation was a form of a bush. Primary forests were low. The tallest was then 7.5 m trees of the primitive ferns. 345 million years ago, the Stone Age began, when dense, wide forests have been spread with 30 meters high trees and primitive plants with seeds. During the dry climate 280 million years ago, primitive coniferous were spread.

Sequoia trees and floral seed plants were spread over 225 million years ago. 135-65 million years ago, the ancestors of modern Rubber-trees, Magnolias, Oaks, Willows, and Maples were dominated. During the Paleogene period, the northern hemisphere forests were similar to modern tropical and moderate belts of forests. In the north, there was arctic type flora. In the Tertiary, the tropical flora spread near the equator.

Under the dry climate of the Neogene period, forests decreased and the herbaceous vegetation was spread. The dominant has become coniferous plants. The Quaternary period began 1.8 million years ago and is still going on. The peculiarity of this period is the alternation of the ice age and the warm glacial intervals. Because of this, the forest areas were reduced everywhere.

Forest cover in the epoch of civilization. Over the last 800 thousand years, humans have been able to get rid of around 50 % of the forest area. These areas are occupied by crops, pastures, settlements, and others. Several hundred years ago the forest areas were 7.2 billion hectares, covering 48 % of the land. At present, the area covered by vegetation is 12.2 billion

hectares 4,1 billion of which are covered with forests. Out of this, only 3,8 billion hectares are covered with wooden plants, while the rest holds bushes, marshes, and cliffs (Gulisashvili, Urushadze, 1973). 75 % of the lack of forest comes to the XX century during the global demographic explosion. 80 % of forests have been changed by cultural trees.

According to FAO estimates (Table 1) in 2015 forests were covering 4000 million ha of land or 31 % of its total area. 1488 million ha represents sparse forests, bushes and roadside trees that are not included in the forest category. In the world's forests, up to 30,000 species of trees and shrubs grow and thousands of animals and birds live. In the early twentieth century, the forest area was about 2 ha per capita. In 2015, per capita comes only 0.6 ha of forests. The total amount of live forest is 1509 billion tons, of which 25 % (377 billion tons) comes to roots, leaves, and fruits, and the remaining 1132 billion tons represents timber. The world's timber reserves in cubic meters are 360 billion m³, that annual increment (productivity) is 3200 million m³ (Kandelaki, 2013).

With regular inventory manufactured by FAO, forestry is decreasing with high rates: from 1990 to 2000 annual decrease was 16 million hectares, and in 2000-2010, 13 million hectares, in 2010-2015 the forest area decreased with 16.5 mln, ha, or yearly forests were decreased by 3,3 mln ha. In 2016, the destroyed forest area was 29.7 million hectares.

Destroying the forest increases with geometric progress every year. The reason for this, besides the tree cutting, is that the forest area goes into land use categories (arable, towns, roads, etc.). Forests are also destroyed because of natural disasters (landslides, avalanches, etc.) after which the trees will not be restored. According to National Geographic, 80,000 m² green cover is damaged annually, causing not only material loss but also victims. For instance, fires resulted in 100,000 deaths in Indonesia. In 2017, about 100 people were killed in California, Portugal, and Spain because of fire. The fires were hugely destructive in California in November 2018 when more than 70 people were killed, 1400 people were lost, and up to 100 ha forest were burnt and about 80 thousand houses were destroyed. It is important to note that during the fires besides people, a lot of live beings, living in the woods die. In addition, fires cause excretion of excessive carbon in the atmosphere, which negatively affects water quality, forest structure, and biodiversity.

Table 1. Areas of the world forest and their dynamics

Region	Common area, mln ha	Forests of local species, mln ha	Forest, % from the total area	Dynamics of forest areas, mln ha		
				Change of forest area 2010 – 2015		Forest Plant Area
				Total	Annual	2015
World	3999	1277	31	- 17	- 3,0	290
Africa	624	135	23	- 14,2	- 2,4	16
Asia	593	117	19	- 3,4	0,8	129
Europe	1015	277	34	1,9	0,3	82
North and Central America	751	320	33	0,4	0	43
South America	842	400	49	- 10,1	- 2	15
Oceania	174	27	23	1,5	0,3	4

With the destruction of forest from the beginning of XXI century, forest cover will be increased by artificial forest (3,3 million hectares) or naturally restored forest (27 million ha a year). From 2000 to 2010, forest area in Asia grew by 2,2 million ha, mainly due to the intensive cultivation of forest in China. Forest areas in Europe have grown annually by 700 thousand ha.

Forest cover of Georgia

Forest layout and composition. Georgia is located southwest of the Caucasus, where climate and landscapes are diverse: wet sea subtropics to the west, steppe-continental to the south and constant snow and glaciers in the highlands of the north. Mountain slopes in Georgia were covered with frequent forests, where many varieties of fruits were produced, and many species of animals and birds lived there. That's why the Georgian peasants were kept, defended and fed by the forest. Therefore, in the past, the forest industry has been created here.

The forest cover starts from the seashore and extends to 2100-2200 m, and in some cases up to 2500 m. The total forest fund of Georgia amounted to 3007.6 thousand hectares in 2010, which is 43.2 % of the country's territory, but it is spread unequally: 58 % in west and 42 % in the east. 73 % of the forests are located at the height of 1000 m above 80 % of which are spread over the slopes of over 20°. Forests cover 2770 thousand ha of the state forest fund of Georgia, with 86 protected areas covering 600 thousand ha (Atlas, 2018).

In the forests of Georgia are presented coniferous and deciduous, evergreen and leafless trees, shrubs and giant sizes (up to 60 m and 2 m in diameter) trees, lianas, parasitic plants, mushrooms, fruits, berries, medicinal and technical raw material plants. There are many relic and endemic species of plants. Out of 400 types of woods, 61 are Georgian, and 43 Caucasus endemic species. In the forests, the coniferous palms are 16 %, the hardwood deciduous – 68 %, softwood leaflets – 7 % and other species 10 %. In the forests, the giant (70 m high and 2,5 m diameter) Caucasian Sochi, 50 m high and 2 m diameter east beech are growing which is considered as a phenomenon for the moderate climate zone. Chestnut, oak, maple, zelkova, walnut, box-tree and other types of tree timber are important (Gigauri, 2004).

In the valleys of high mountains and hard to reach gorges the untouched forests (566 thousand ha) are still remaining. According to World Bank experts, in Europe, we can hardly find a country where the natural landscapes of unique beauty are so exquisitely replaced by old cultural landscapes. It is noteworthy that the forests of Georgia, is the shelter of pre-ice age flora and fauna, or Relics, that connect us with ancient geologic epochs and their area will be a huge loss not only for Georgia but for all mankind.

Forest resource potential of Georgia. Forest resources are very important in terms of the average forest characteristics: age 98 years, height 22 m, diameter 36 cm, Bonita III, frequency 0.54. Timber supplies 1 176 m³ per hectare, ripe and overripe copse 244 m³, coniferous 288 m³. Forest's total timber reserves are more than 535 million m³. But, 66 % of reserves are in the unattainable zone, where the slope incline is greater than 25 °C (Atlas, 2012).

Along with timber, more than 150 species of plants in the forests give fruits, berries, walnuts, and other resources, using of which can make significant contributions to economic development. More than 110 species of plants are used in medicine. 2/3 out of 48 medicinal and 200 recreational resorts of Georgia are located or surrounded by forest. Their existence in the forest is justified by an aesthetic viewpoint. Therefore, ecotourism and resort-recreational farming are developed in Georgia. The potential of hunting tourism is also great in Georgian forests.

Results of Anthropogenic Impact on Forest

No one argues about the great importance of the green forest cover, but as for the proper attention to it, it is not yet visible. The reason for this is the enormous increase in demand for forest resources as a result of population growth and technical progress. That is why the extraction and use of forest resources in the world are increasing annually. Such attitude towards forest causes the destruction of it, especially in the tropical and coniferous (Taiga) areas. It is noteworthy that the use of forest areas has helped not only the plant but also the reduction of unique representatives of animals and birds.

Particularly negative consequences are to eliminate forests in mountainous areas where the river water regime changes, catastrophic floods and torrents increases, erosive and landslide phenomena develop, soil erosion, stone erosion, snow-glacier evolution, etc. occurs (Basilashvili, 2016b).

In addition, tree-plants are usually cut into forest copse as well as in the towns and planting strips, which, in addition to the lack of oxygen, resulting in the reduction of water keeping and catchment function, which causes drying of some springs, rivers, and lakes. The areas that aren't

covered by the forest began to become a desert that was accompanied by the reduction of food production (Basilashvili, 2015).

Thus, the reduced green cover in the world is no longer capable of the use and regulation of solar heating energy. This increases the amount of carbon dioxide in the atmosphere and the climate intensive warming. Consequently, ecological disasters are activated, leading to not only destruction but also a casualty of human and other living beings.

The accumulated excess quantities of harmful gases allotted by the anthropogenic impact will be returned to Earth in the atmosphere as acidic rains and radiation compounds. The sources of acidic rainfall (rain, snow, fog) are fuel and biomass burning, metallurgy, motor transport and etc. During the past 100 years, the acidity of precipitation has significantly increased.

Acid precipitations have a negative effect on ecosystems since such water sprays the spawns and phytoplankton, which therefore reduces the types of hydrophones in the reservoirs. Additionally, acidic precipitations cause corrosion of machine tools, buildings, and art samples, and plants are damaged that is expressed by their fall of leaves and the rotting of the roots. In the 90s of the XX Century, the area of damaged forests in Germany and the Netherlands was 50 %, Switzerland 35 %, Austria 30 %, Russia 600,000 ha (Qajaia, 2008).

Thus, the cosmic ecological function of forests is weakened. It is estimated that the cosmic environmental effect performed by the forest green cover 3-5 times exceeds the natural revenue received by the use of forest resources (Chagelishvili, Gvazava, 2015).

4. Conclusion

Forest is a complex ecosystem of trees, plants and living organisms, which is the guarantee of preservation of the cosmic-ecological – economic-sustainable environment of the biosphere on earth, along with water, air, and soil. The forest absorbs carbon dioxide and releases large amounts of oxygen, regulates microclimate (humidity, temperature, and wind). The forest is a powerful filter for cleaning air and water from harmful impurities, characterized by antimicrobial, ionization and sterilization properties. By doing so, it makes the environment healthy and friendly affects human and other living organisms. The forest also provides many types of food and medicinal products. Thus, the forest is a powerful factor in improving environmental sanitation-hygienic conditions with a broad spectrum of biodiversity, hence it is called vital "green lungs".

In addition, forests protect agriculture and populated areas from strong wind. Forest is also the main factor for regulating water resources. It improves groundwater quality, increases their debate. In the mountains, forests protect communities, roads, and fields from floods and mudflows, erosive processes, landslides, and avalanches. The forest promotes an increase in yield.

The forest has great importance in agricultural activities, as a source of raw timber, which is used in various industries. With the increase of population and farming, demand on the timber is increasing as well. Because of this, forests are cut and the forest area is reduced to 0.3 % annually in the world. Over the last decade, 25 thousand plants and more than a thousand species of animals have been completely lost. This caused not only the development of the technique but the wrong approach towards the forest. In the opinion of a certain part of society, nature is a gift that we must use to profit, even at the expense of its pollution. With such approaches, forests are dying.

In addition to plant cutting and disease, the forest is also damaged by fires, which have become more frequent in areas of different countries due to the negligence of adolescents in terms of climate warming. It is noteworthy that fire prevention is much cheaper than the elimination of their results, which is not fulfilled. Because of all this, the world's lowered green cover is no longer able to regulate the heat energy of the solar radiation. Because of this the number of oxygen decreases and the amount of carbon dioxide increases in the atmosphere and climate heats intensively.

According to expert conclusions, the global warming in the XXI century will continue and the temperature of the Earth may increase by 2-4 °C, which will seriously damage the ecosystems and most of the world's countries' economies. So technical progress, on the one hand, improves the conditions of human well-being, but on the other hand, threatens their future. The process of weakening of self-purification, self-regulation, and self-restoration is underway not only in a specific environment but also on a planetary scale.

Today, the protection of nature and the rational use of its resources is the primary problem of human significance. It is a necessary precondition for biosphere existence. Therefore, in all countries of the world, special attention should be paid to the protection and expansion of forest

cover. The population and administration in every settlement should take care of their forest cover and renovation. Useful plant varieties should be selected for renovation and, if necessary, their selective cuts should be carried out in the number of annual increments with the score to ensure that their natural recovery is restored. In agricultural fields, the protective lines of the forests should be planted, which will help to increase yield. In order to ensure rational use of forest resources, its manufacturing and processing processes must be undertaken with complex non-waste technologies.

In order to protect the biodiversity of forests in the perspective, the system of biomonitoring should be created and timely restoration of forests and their management should be carried out. It is necessary to develop long-term programs for the rational use of forest resources in order to improve forest productivity and its qualitative composition; Complex production of timber raw materials – introduction of techniques of progressive methods of processing and non-waste technologies and finally creating protected areas for the purpose of maintaining biological and landscape diversity.

It is also necessary to raise the knowledge of the broad parts of society on nature and its rational use. Proper bring up of the youth and their love of nature can save the biosphere and our natural environment from destroying and bring us economic prosperity.

References

- [Aress, 1982](#) – *Aress, P.* (1982). Spring of ecology. Leningrad, Gidrometeoizdat. [in Russian]
- [Armand, 1964](#) – *Armand, D.* (1964). To us and grandchildren. Moscow, Gidrometeoizdat. [in Russian]
- [Atlas, 2012](#) – National Atlas of Georgia. Tbilisi, Cartography, 2012, 164 p. [in Georgian]
- [Atlas, 2018](#) – Geography Atlas of Georgia. Tbilisi, Palitra, 2018, 183 p. [in Georgian]
- [Barkalaia et al., 2015](#) – *Barkalaia, R., Tsereteli, G., Beruashvili, M., Saralidze, M.* (2015). Towards the issue on the impact of global warming on biodiversity. Global warming and agrobiodiversity. Tbilisi, pp. 72-75. [in Russian]
- [Basilashvili, 2015](#) – *Basilashvili, Ts.* (2015). Forest and problems caused by global warming. Global warming and agrobiodiversity. Tbilisi, pp. 75-78. [in Georgian]
- [Basilashvili, 2016a](#) – *Basilashvili, Ts.* (2016). The role of forests in the development of the biosphere in the context of global warming. *Science and Technologies*. 1(721): 15-23. [in Georgian]
- [Basilashvili, 2016b](#) – *Basilashvili, Ts.* (2016). Modern challenges of biosphere safety. *Science and Technologies*. 3(721): 36-46. [in Georgian]
- [Buchkovska et al., 2015](#) – *Buchkovska, V., Evstafieva, J., Sayenko, V.* (2015). The problem of heat stress in livestock production and global warming. Global warming and agrobiodiversity. Tbilisi, pp 386-387. [in Russian]
- [Budiko, 1965](#) – *Budiko, M.* (1965). Radiation factors modern climate changes. *News Academy of Sciences of the Soviet Union*. 5: 17-22. [in Russian]
- [Chagelishvili, Gvazava, 2015](#) – *Chagelishvili, R., Gvazava, L.* (2015). Global warming technological progress and green cover. Global warming and agrobiodiversity. Tbilisi, pp 352-354. [in Georgian]
- [Dre, 1976](#) – *Dre, F.* (1976). Ecology. Moscow, Atomizdat. [in Russian]
- [Eliava et al., 1992](#) – *Eliava, I., Nakhutsrishvili, G., Qajaia, G.* (1992). Foundations of Ecology. Tbilisi. [in Georgian]
- [Elizbarashvili et al., 2013](#) – *Elizbarashvili, E., Tatishvili, M., Elizbarashvili, M., Meskhia, R., Elizbarashvili Sh.* (2013). Climate change in Georgia under global warming conditions. Tbilisi, Zeon, 128 p. [in Georgian]
- [Gigauri, 2004](#) – *Gigauri, G.* (2004). Forests of Georgia. Tbilisi, pp. 35-65. [in Georgian]
- [Gulisashvili, Urushadze, 1983](#) – *Gulisashvili, V., Urushadze, T.* (1983). Basis of nature protection. Tbilisi, Ganatleba. [in Georgian]
- [Iashvili, 1976](#) – *Iashvili, N.* (1976). Soil resources and their rational utilization. Tbilisi, 158 p. [in Georgian]
- [Kandelaki, 2013](#) – *Kandelaki, T.* (2013). Forests resources of Georgia. *Science and Culture*. V. II, pp. 91-109. [in Georgian]

[Kharashvili, 2001](#) – *Kharashvili, G.* (2001). Water control and antierosion role of mountain forests of Georgia. In: Erosion-debris flows phenomena and some adjacent problems. Tbilisi, pp. 237-241. [in Georgian]

[Les](#) – Les [Forest]. [Resource of electronics]. [Electronic resource]. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/лес> [in Russian]

[Miqadze, 2006](#) – *Miqadze, I.* (2006). Ecology. Tbilisi. [in Georgian]

[Qajaia, 2008](#) – *Qajaia, G.* (2008). Ecological principles of environment protection. Tbilisi, Intelekti, 272 p. [in Georgian]

[Ramad, 1981](#) – *Ramad, F.* (1981). Foundations of applied ecology. Moscow, Gidrometeoizdat. [in Russian]

[Tkemaladze, 2015](#) – *Tkemaladze, G.* (2015). Biochemical fundamentals of protecting the world from global warming. Global warming and agrobiodiversity. Tbilisi, pp. 32-41. [in Georgian]

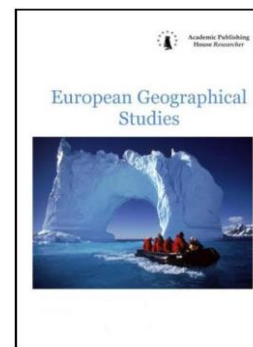
[Zhorzholiani, Gorgadze, 2008](#) – *Zhorzholiani, T., Gorgadze, E.* (2008). Medical Ecology. Kutaisi, 372 p. [in Georgian]

Copyright © 2020 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
2020, 7(1): 68-77

DOI: 10.13187/egs.2020.1.68
www.ejournal9.com



Current Problems of Fresh Water and Trends in the Flow of Water in the Rivers of the South Caucasus in Georgia

Tsisana Z. Basilashvili ^{a, *}

^a Georgian Technical University, Institute of Hydrometeorology, Tbilisi, Georgia

Abstract

Due to global warming and the Earth's overpopulation, vital fresh water resources are expected to suffer irreplaceable losses; thus, fresh water shortage is the most acute problem of our time.

The paper presents the characteristics of the state and problems of freshwater resources, there is a large disproportion in their distribution. Having studied the long-term dynamics of river water flow, it was found that with increasing intensity of the Caucasus glaciers' melting, river water flow increases here while in non-glacial zones, it decreases. Numerical values of their annual changes have been established.

Particularly acute problems of water scarcity are expected in eastern Georgia, where, due to the dry climate, the shortage of irrigation water will lead to a decrease in yield – the source of livelihood of the local population. Expected droughts will contribute to desertification processes. Therefore, it is necessary to rationally use the available water resources and take measures to replenish them in order to overcome the expected economic and social crisis and ensure environmental safety.

Keywords: water deficit, glaciers, forest cover, multiyear dynamic, parameters of trend, desertification.

1. Введение

Вода, солёность которой не превышает 0,1 ‰, называется пресной водой. На нашей планете пресные воды бывают поверхностными, осадочными и подземными. К поверхностным относятся реки, озёра, ледники и ручьи, к осадочным – снега, дожди и град, к подземным – родники и источники.

Известно, что 70 % земного шара покрыто водой, которая создаёт единую структуру мирового океана с морями, озёрами, речными бассейнами и др. Из них только 3 % воды является пресным, из которой лишь 1 % доступно человечеству.

На вкус пресная вода бывает солоноватой, сладковатой, с горечью и кисленькой. Пресную воду делят на два вида: обычную и минеральную, которая отличается от обычной питьевой воды содержанием в ней определённым количеством разных минералов и бывают: лечебной, лечебно-столовой и столовой.

Распределение пресной воды по земному шару крайне неравномерно. В Европе и Азии, где проживают 70 % населения мира, запасы пресных вод составляет лишь 39 %, из которых

* Corresponding author
E-mail addresses: jarjinio@mail.ru (T. Basilashvili)

наибольшее количество сконцентрировано в реках и озёрах. По ресурсам поверхностных вод, ведущее место в мире занимает Россия. Здесь только в озере Байкал сосредоточено около 20 % (23000 км³) мировых запасов озерной пресной воды (**Пресная вода**).

По данным ООН на 1 км² площадей территории суши на Земле приходится 0,263 м³ пресных водных ресурсов, а на одну душу населения – 7056 м³. Эти же показатели для Европы составляют 0,318 м³ и 3934 м³ соответственно. Потребность в пресной воде на душу населения составляет 150-200 м³ в год, а в странах, расположенных на пустынях показатель обеспечения пресной воды только 20-35 м³.

Количество пресной воды используемой человеком составляет менее 7 % гидроресурсов Земли, а 70 % воды употребляет сельское хозяйство (**Каркашадзе, 2015**).

Вода присутствует во всех биологических процессах и без воды невозможно развить ни одну отрасль экономики. Ей принадлежит важное и порой решающая роль как в сельском хозяйстве, так и в промышленности, в энергетике и т.д. Таким образом, вода – одно из наибольших сокровищ на нашей планете – залог жизни, поэтому можно сказать, что, если водные запасы исчерпаются – всему живому на Земле придёт конец.

2. Материалы и методы исследования

В статье для характеристики состояния и существующих проблем по водным ресурсам были использованы литературные источники и разные официальные информации.

В целях исследования изменения стока рек использованы материалы наблюдений за расходами воды на 16 гидрологических постах, расположенных на территории Грузии, за период существования наблюдений.

Для выявления тенденции изменения стока воды рек был использован метод исследования их многолетней динамики. Количественная оценка ежегодного изменения стока воды происходила по определению параметров уравнения выявленных трендов по их прямолинейным аппроксимациям.

3. Обсуждение

Состояние водных ресурсов

Наибольшая часть пресной воды на земле содержится в ледниках, айсбергах и постоянных снегах, доля которых от общей суммы составляет 69 %, на втором месте в этом отношении стоят подземные воды (30 %). Помимо этого, пресные воды существуют в вечной мерзлоте, в пресных озёрах, в облаках, в реках и ручьях.

Согласно информации (**The World's Water**) в **Таблице 1** приводятся все источники пресной воды на земле, их количество (км³) и доля (%) от общей суммы. Из этой таблицы видно, что наименьший объём (2120 км³) пресной воды находится в реках, который из общей суммы составляет лишь 0,006 %, но следует отметить, что в отличии от других источников, пресные воды рек и ручей являются постоянно возобновляемыми и наиболее легко доступными для людей. Поэтому с давних времён люди строили своё жильё по берегам рек и осваивали их долины и террасы, как для сельскохозяйственных культур, так и для хозяйственного делопроизводства, построения зданий, путей, линий электропередачи и др.

Таблица 1. Источники пресной воды, их объёмы (км³) и доля (%)

Вид источника	Объём км ³	%
Ледники, айсберги, постоянный снег	24 000 000	68,7
Подземная пресная вода	10 500 000	30,1
Вечная мерзлота	300 000	0,86
Пресные озёра	91 000	0,26
Пары атмосферы	12 000	0,04
Реки	2 120	0,006
Всего	35 000 000	100

Гидрологический режим рек определяется климатообразующими факторами и в том числе общей циркуляции атмосферы, который связан с солнечной активностью. Как известно, при минимальной солнечной активности, когда количество пятен на Солнце (число Вольфа) достигает 30, на Земле не бывают засухи и недостаток влаги. Следует отметить, что уровень грунтовых вод, бессточных озёр и расходы воды рек также связаны с солнечной активностью.

Проблема нехватки пресной воды

Пресная вода считается неиссякаемым природным ресурсом, так как благодаря круговороту вода в природе, её запасы постоянно восстанавливаются. Поэтому раньше считали, что природные ресурсы неисчерпаемые и их можно использовать беспредельно. Но в связи с увеличением солнечной активности и сменой климата, деятельностью человека, перенаселённости Земли, жизненно важным ресурсом ожидаются невосполнимые потери. На фоне современного потепления климата, особенно ощутимым становится проблема нехватки пресных вод для многих регионов мира, который может стать основным из ресурсных ограничителей развития экономики.

По данным ООН на начало 2000-х годов более 1,2 млрд людей жили в условиях постоянного дефицита пресной воды, около 2 млрд страдают от него регулярно. По данным 2010 года из-за глобального потепления на Земле ежегодно погибало 300 000 человек, а к 2030 году, это число повысится до 500 тыс. ([Глобальная экологическая перспектива, 2009](#)).

В дальнейшем из-за увеличения населения, развития промышленности и сельского хозяйства, водопотребность ещё увеличится и население мира окажется в условиях дефицита пресных вод. По прогнозам ООН, к 2025 году водопотребность увеличится на 40 % и 2/3 человечества будет проживать в условиях острой нехватки питьевой воды. Из-за засух в течение 30 лет миллион человеческой жизни окажется в опасности. В 2032 году половине населения Земли грозит засуха и 70 % видов животных будут на стыке уничтожения.

По данным ООН к середине XXI века численность живущих при постоянной нехватке воды превысит 4 млрд человек ([Вода для людей, 2003](#)). Кроме этого, в мире примерно 1/3 населения живёт в регионах, где сельскохозяйственная отрасль основана только на искусственном орошении. Но с повышением концентрации парниковых газов в атмосфере и ожидаемого изменения климата, в будущем засуха может стать более серьёзной проблемой, так как уже наблюдается дефицит воды необходимые для орошения. Из года в год увеличивается процент орошаемых сельхозугодий, который в настоящее время составляет 17 % территории Земли. Глобальное потепление климата будет способствовать увеличению вегетационного периода и повышению вероятности экстремальных явлений, таких как: наводнения, лесные пожары, засухи, опустынивание и др. На реках ожидается сдвиг весеннего половодья на ранние сроки и сокращение стока воды вегетационного периода. Соответственно с этим увеличатся орошаемые земли и водопотребление на орошение.

Недостаток поливной воды отрицательно влияет на количество и качество урожая. При дефиците влаги и воздействия высоких температур, потери урожая будут значительными, вызванный как потеплением, так и увеличением числом засушливых лет. Обычно потребляемая сельско-хозяйством вода не возвращается в чистом виде и это естественно, а 22 % используемой воды “пропадает” и не возвращается. Наука ищет способы уменьшения потери воды – этого основного элемента жизни. В число первоочередных задач в этом отношении является поиск путей и способы рационального использования поливной воды, подбора культур и сортов растений, устойчивых к водному стрессу.

Эксперты прогнозируют, что, если человечество в ближайшее время не найдёт альтернативу использования природных запасов пресных вод, проблема нехватки воды достигнет глобальных масштабов, что приведёт к нестабильности в обществе, упадку экономики в тех странах, где водные запасы скудные, войнам и мировым катаклизмам.

Проблема загрязнения пресных вод

Пресная вода относится возобновляемым природным ресурсом, но при неправильном её использовании, она становится непригодной, поэтому кроме дефицита пресной воды, актуален вопрос её загрязнения и непригодности для использования. Причины загрязнения являются природными и искусственными. К природным катаклизмам относятся землетрясения, наводнения, сели, лавины, оползни и прочие. Искусственные причины

связаны с деятельностью человека. По развитию промышленности заводы, фабрики и автомобильный транспорт выбрасывают в атмосферу вредные вещества, которые вызывают кислотные дожди. Кроме этого, человек загрязняет воду как при коммунальном обслуживании, так и разными отходами, пестицидами и др. От канализаций вода стекает в реках и в других водоёмах, которые являются средой существования многих живых существ.

Загрязнённые воды могут стать причиной истребления многих видов животных и рыб, а также вызывает смертельно опасные заболевания у людей: тиф, холера, онкологические заболевания, врождённые аномалии и др. По данным Всемирной Организации Здоровья, причиной 80 % заболеваний является грязная вода, поэтому чтобы не подвергать организм опасности, всегда следует следить за качеством воды, при необходимости использовать специальные фильтры, очищенную бутилированную воду.

В мире ежегодно стекает в водоёмах около 500 млрд м³ использованные загрязнённые воды, из-за чего некоторые водоёмы уже не могут обновлять их и ожидается, что они станут мёртвыми.

Ежегодно на Земле из плодородных земель 21 млн га становится негодным для сельскохозяйственного производства, а 6 млн га добавляется пустыням. Это проблема связана в основном к воде, в результате антропогенного воздействия и глобального потепления климата. В 90-х годах XX века около 80 государств, где живёт 40 % населения всего мира, уже пережили недостаток воды. Сегодня 1/3 населения мира живёт в тех странах, где водопользование на 10 % выше, чем ресурсы воды ([Глобальная экологическая перспектива, 2009](#)).

При интенсивном антропогенном возделывании, вода не только загрязняется, она может иссыхать, например, при вырубке лесов или интенсивным извлечением подземных вод, что часто вызывает депрессию почвы и создание огромных воронок.

Проблемы пресной воды в горных условиях Грузии

Основными источниками пресной воды в Грузии являются реки, стекающие с гор Большого (на Севере) и Малого (на Юге) Кавказа, которые стекают на Западе в Чёрное море, а на Востоке текут к Каспийскому морю. Кроме рек, пресные воды находятся также и в других водоёмах, данные которых приведены в таблице 2, составлены на основе данных приведённых в монографиях ([Водные ресурсы Закавказья, 1988](#); [Природные ресурсы Грузии, 1991](#)). Суммарный объём всех поверхностных ресурсов пресных вод составляет 100 км³, из которых наибольший объём (65 км³) воды в году формируются в 26060-х реках, а на втором месте в этом отношении стоят ледники, в которых находятся 30 км³ объём воды.

Таблица 2. Поверхностные пресные воды Грузии

Источники пресной воды	Количество	Площадь км ²	Объём воды км ³	Доля %
Реки	26060		65	65
Ледники	786	556	30	30
Озера	856	169	0,72	0,7
Водохранилища	44	120	2,51	2,5
Болота	87	1080	1,80	1,8
Сумма			100	100

В Грузии, кроме поверхностных, имеются и подземные ресурсы пресной воды с объёмом 18 км³. На территории зафиксированы также более 2300 источников минеральных вод с суточным дебитом 130 млн л. и 1500 карстовых пещер с невидимыми озёрами и реками. Таким образом, совокупность всех поверхностных и подземных водных объектов создают прекрасную сокровищницу богатства пресных вод Грузии, где водообеспеченность на 1км² площади территории составляет 949 км³, а на одного жителя за год приходится 11,3 тыс. м³ воды ([Природные ресурсы Грузии, 1991](#)).

Физико-географические и климатические условия на территории Грузии обуславливают большое гидрологическое разнообразие и неравномерное распределение стока воды рек на территории западной и восточной части с одинаковыми площадями. Из суммарного годового стока воды всех рек 77 % – 50 км³ приходится в Западной, а остальное 23 % – 10 км³ течёт на территории Восточной Грузии. Высота слоя воды рек на западе составляет 1300 мм, а на востоке только 400 мм. Самыми многоводными являются реки, стекающие в Западной части Кавказских гор, где годовой сток составляет 4000 мм, а самыми маловодными являются реки Юго-Восточной части Грузии, где сток составляет только 50 мм ([Водные ресурсы Закавказья, 1988](#)).

В верховьях у истоков горных рек в нивальной зоне ледники являются природными аккумуляторами пресной воды, где они поступают в холодный период года от атмосферных осадков и аккумулируются в виде льда. Воду они отдают в жарких летних днях, когда потребность к воде высокая. Эти воды полезны во всех отношениях, как высококачественная питьевая вода и являются источниками питания рек. Следует отметить, что наблюдается синхронность динамики некоторых ледников Кавказа и Альпийских гор. Они имеют сходные нисходящие тренды, которые начались в конце XIX века. Но в 1960–1970-х годах, когда температура воздуха уменьшилась на 0,4 °С, отмечено увеличение ледников и сдвиг вперёд ([Мумладзе и др., 2008](#)).

На фоне глобального потепления, в Грузии замечается повышение природных зон на 100-150 метров и освоение населением субальпийских и альпийских зон вызывает антропогенную нагрузку на ледниках ([Мумладзе, 1991](#)). Тревожно и то, что по прогнозу в 2030-2050-х годах площадь оледенения сократится на 20 % и 40 %, и соответственно уменьшатся запасы воды в ледниках на 10 % и 30% ([Шенгелия, Чиджавадзе, 2003](#)). В настоящее время Кавказ входит в число 200 глобальных эко регионов, выделенных Всемирным Фондом Защиты Природы (WWF). Кавказ также является одним из выделенных на Земле 35 горячих точек (Hot spots) по биоразнообразию. Грузия богата разнообразными животными и растениями и много редких видов внесены в список Красной Книги Международного Союза Защиты Природы (IUCN).

Водные ресурсы Грузии широко используется во всех отраслях хозяйства республики: для нужд населения, энергетики, промышленности, орошения, животноводства и в других целях. Водные объекты используются также для водного транспорта, рыбоводства, спортивных целей, отдыха и др. Потери воды на нужды хозяйства иногда значительны. Большое количество воды в регионе используется в промышленности, в частности в энергетике используется около 35 км³ воды на 8 тепловых и более 60 гидравлических электростанциях, которые за год вырабатывают более 15 млрд квт час электроэнергии. Общий гидроэнергетический ресурс рек Грузии составляет 137 млрд квт час в году с мощностью 15,6 млн квт, из которых 2/3 часть приходится в Западной, а 1/3 часть в Восточной Грузии. Из общих ресурсов технически можно освоить 85 млрд квт час, но из них экономически приемлемый потенциал составляет не более 50 млрд квт час ([Водные ресурсы Закавказья, 1988](#)).

Значительная часть водных ресурсов Грузии используется в сельском хозяйстве, но в этом отношении существует большая диспропорция по водообеспеченности поливной воды для орошения по территории. В Западной Грузии, где под влиянием Чёрного моря достаточны атмосферные осадки и не требуется орошение в большом масштабе, а в Восточной Грузии находится 85 % орошаемых земель Грузии. Здесь расположены самые плодородные земли, где раскинуты широкие, в основном виноградные поля. Из-за сухого климата требуется их регулярное орошение, но, к сожалению, здесь водные ресурсы ограничены и не хватает для орошения на весь период вегетации ([Basilashvili et al, 2012](#)).

По археологическим раскопкам, земледелие в Грузии, началось 8-10 тыс. лет тому назад, а хозяйственное производство 4-5 тыс. лет назад. Первые следы борьбы от засухов были обнаружены, в виде 140 километровых облицованных каналов, построенные в восточной Грузии в XII веке при царе Тамаре Багратиони. Значит, 8-9 век тому назад, здесь также была высокая термическая зона. Известно, что в VIII–XIII веках на Земле было потепление климата, когда формировалась пустыня Сахары в Африке, происходило таяние полярных ледников и викинги обнаружили южную зелёную Гренландию. Но в книге

“Описание царства Грузии”, написанная 280 лет тому назад, Вахушти Багратиони отмечает, что долины Восточной Грузии покрыты густыми лесными покровами и не было упомянуто о засухе, где в данное время потепление климата вызвал усиление засухов, в результате чего уже повреждено две сотни тыс. га земли, а на 3 тыс. га начат процесс опустынивания. Если здесь своевременно не будут проведены надлежащие работы, затем будет очень трудно и дорого её приостановить.

Тенденции изменения стока воды горных рек Грузии

На сегодняшний день очень значительным является исследование ожидаемых тенденций изменения расходов воды рек и оценка их развития. Для этого следует изучение их динамики как в качественном, так и в количественном виде, путём приближённой оценки их трендов аппроксимированный, например, по прямолинейным уравнениям:

$$T = AN + B, \quad (1)$$

где T – тренд исследуемого элемента, то есть осреднённая линия, отображающая тенденцию их изменения;

A – коэффициент уравнения, численное значение которого определяет интенсивность, то есть скорость изменения, а их знак (+ или -) указывает на направление их изменения: (+) изображает восходящую (увеличению), а (-) указывает на нисходящую (уменьшающую) тенденцию;

N – порядковый номер наблюденных данных исследуемого элемента от их начала, для которого $N = 1$, а для каждого (i) следующего $N = 1 + i$;

B – постоянный коэффициент уравнения, который представляет минимальное значение исследуемого элемента при восходящую тенденцию линии тренда, или же является их максимальное значение при нисходящую тенденцию тренда.

В целях исследования многолетней динамики среднегодовых расходов воды рек, нами были рассмотрены их ежегодные величины за 40-60 летние ряды существующих наблюденных данных на основных 16 гидростворах рек Грузии, где измерялся природный сток воды. В [Таблице 3](#) приведены параметры трендов уравнений. Согласно данных этой таблицы, следует отметить, что в многолетней динамике среднегодовых расходов ярко выражено их восходящая тенденция на тех реках, в бассейнах которых существуют ледники и вечный снежный покров и в формировании стока воды рек участвуют их талые воды.

Таблица 3. Параметры (A и B) уравнений трендов ($T = AN + B$) ежегодного изменения средних расходов воды (m^3/c) рек Грузии

Река – Пункт	Площадь водосбора km^2	Средняя Высота м	Период наблюдений (годы)	Параметры m^3/c	
				A	B
Кодори – Лата	1480	1920	1931-1990	0,357	81,2
Ингури – Хаиши	2780	2320	1938-1990	0,960	89,4
Риони – Сакочакидзе	13300	2620	1928-1990	1,303	372
Квирила – Зестафони	2490	960	1930-1990	- 0,028	61,6
Чорохи – Эрге	22000	2016	1930-1990	- 0,458	290
Аджарисцкали – Кеда	1360	1470	1937-1990	0,118	43,0
Большая Лиахви – Кехви	924	2100	1929-1990	0,114	24,4
Малая Лиахви – Ванати	422	1940	1929-1990	- 0,014	10,3
Ксани – Коринта	461	1830	1941-1990	- 0,070	11,2
Арагви – Жинвали	1900	1890	1936-1990	0,028	44,1
Белая Арагви – Млета	107	2620	1935-1990	0,008	5,08
Белая Арагви – Пасанаури	337	2189	1937-1990	0,003	12,0
Чёрная Арагви – Устье	240	2020	1959-1990	- 0,008	7,84
Пш.Арагви – Магароскари	945	1960	1959-1990	0,052	17,6
Хадисхеви – Цкере	18,8	2500	1958-1990	0,005	0,87
Алазани – Биркиани	282	2200	1950-1996	- 0,002	14,0

Самой большой интенсивностью ежегодного увеличения расходов воды в Западной Грузии отмечается на р. Риони, которая в тёплое время года обильно питается тальными водами ледников и вечных снегов. Здесь у с. Сакочакидзе тренд среднегодовых расходов воды за период 1928-1990 гг. аппроксимируется уравнением:

$$T = 1,303 N + 372, \quad (2)$$

Самой большой интенсивностью ежегодного уменьшения годовых расходов отмечается на р. Чорохи, где нет ледников и уравнение тренда имеет вид:

$$T = - 0,458 N + 290, \quad (3)$$

В Восточной Грузии увеличение расходов воды отмечается только на двух реках: Большая Лиави и Белая Арагви, у истоков которых существуют небольшие ледники. На других реках тренды носят нисходящее направление. Самой большой интенсивностью ежегодного уменьшения характеризуются среднегодовые расходы воды р. Ксани у с. Коринта, тренд которого за период 1941-1990 гг. выражается уравнением:

$$T = - 0,070 N + 11,2, \quad (4)$$

Следует отметить тот факт, что рассмотренные периоды наблюдений за расходами воды рек очень ограничивает оценку влияния глобального потепления климата на сток воды рек, так как именно после рассмотренного (до 1991 г) периода началось интенсивное потепление климата, но к сожалению, из-за отсутствия необходимых наблюдённых данных нет возможности их уточнить. В Грузии с 1991 г. на реках измеряются лишь уровни воды.

Таким образом, за рассмотренный период было выявлено, что в результате потепления климата увеличивается интенсивность таяния ледников Кавказа и соответственно повышается сток воды рек, при которых часто имеет место катастрофические явления, а в не ледниковых зонах, наоборот повышается испарение и уменьшается водность рек, что вызывает дефицит поливных водных ресурсов и вследствие уменьшения, а иногда прекращения урожайности сельскохозяйственных культур ([Basilashvili, 2015](#)).

В дальнейшем усиление потепления климата приведёт к уменьшению водности рек Грузии с преобладанием снегового питания, а в перспективе резко сократит сток рек снежоледникового типа питания и усилит процесс деградации оледенения горных массивов, а в середине ХХІІ века ожидается исчезновение ледников Кавказа ([Басилашвили и др., 2012](#)), что очень отрицательно повлияет на запасы пресной воды в бассейнах рек. В аридных зонах усилятся процессы засухов и опустынивания, что вызовет экономические и социальные напряжения ([Basilashvili et al., 2015](#)).

В текущем ХХІ веке, в связи с ожидаемой активизации потепления климата ([Третье национальное сообщение, 2015](#)) в Восточной Грузии с повышением температуры увеличится испарение, уменьшатся уровни грунтовых вод и сток воды рек. В частности, в бассейне р. Алазани, которая является основной водной артерией для орошения плодородных земель Восточной Грузии в 2021-2050 гг. ожидается увеличение среднегодовых температур на 1,1 °С, а в 2071–2100 гг. на 3,5 °С. В результате этого значительно повысится сумма положительных температур и соответственно продолжительность вегетационного периода, что даст возможность получить урожай некоторых культур дважды за год. В таком случае понадобится увеличить запасы поливной воды, что зависит от количества атмосферных осадков и водности реки.

По прогнозу ([Третье национальное сообщение, 2015](#)) на данной территории годовое количество атмосферных осадков в 2021-2050 гг. уменьшится на 20 %, а в 2071–2100 гг. на 22 % и одновременно ожидается увеличение засухов. По нашим исследованиям ([Basilashvili et al., 2015](#), [Басилашвили, 2018](#)) на р. Алазани у с. Биркиани, где измерялись сток воды в течении 47 лет (1950-1996) тренд их изменения за вегетационный период (с апреля по сентябрь) аппроксимируется уравнением:

$$T = - 0,0084 N + 20,642, \quad (5)$$

откуда видно, что ежегодное уменьшение стока воды за вегетационный период составляет – 0,0084 м³/с, что значительно больше, чем уменьшение среднегодового стока воды, которое согласно [Таблице 3](#) составляет – 0,002.

Таким образом, в условиях потепления климата в Восточной Грузии ожидаемое уменьшение атмосферных осадков и увеличение температуры вызовет увеличение испарения с поверхности бассейна реки, особенно за вегетационный период значительно

уменьшится сток воды рек. В таких условиях реки уже не смогут обеспечить водопотребность оросительных систем в период активного орошения растений, что вызовет неурожайность и опустынивание. Это очень отрицательно повлияет на природную среду и развитие экономики страны. Чтобы этого не случилось, следует планировать и заранее провести определённые превенциальные мероприятия. Поэтому на данном этапе остро стоит вопрос о мероприятиях для преодоления данной проблемы.

4. Заключение

Жизнь на Земле во многом зависит от запаса пресной воды, которые определяют развитие общества и страны. Но из-за потепления климата и дефицита пресной воды ежегодно на Земле, из существующих плодородных земель, 21 млн га становится негодным для сельскохозяйственного производства, а 6 млн га добавляется пустыням.

Кроме дефицита воды, актуален вопрос и её загрязнения, вызванный природными факторами (землетрясения, наводнения, сели, оползни, лавины и др.) и развитием производства. Грязная вода вызывает смертельные заболевания у людей. Дальнейшее потепление климата будет способствовать повышению вероятности экстремальных явлений и уменьшения стока воды рек. Из-за увеличения вегетационного периода повышается водопотребность на орошение, но недостаток поливной воды вызовет упадок урожая и экономики страны.

На фоне потепления климата, в Грузии повышаются природные зоны на 100-150 м и населением осваиваются субальпийские и альпийские зоны, увеличивается интенсивность таяния ледников Кавказа и повышается сток воды рек, на которых часто бывают катастрофические явления. А в не ледниковых зонах, наоборот, повышается испарение и соответственно уменьшается водность рек, что вызывает дефицит поливных водных ресурсов в период активного орошения растений. Ожидаемые засухи в восточной Грузии, где расположены самые плодородные земли, вызовет развитие процессов опустынивания, что очень отрицательно повлияет на природную среду и развитие экономики страны. Чтобы этого не случилось, следует заранее планировать и рационально использовать имеющиеся водные ресурсы и своевременно провести меры для защиты от потери ограниченных водных ресурсов.

Таким образом, вопрос охраны воды и водных экосистем приобрёл очень сложный и актуальный характер. Поэтому правительства стран должны провести своевременные мероприятия для их спасения. В первую очередь необходимо более рационально использовать ограниченные природные ресурсы пресной воды и усилить деятельность по их управлению.

Литература

Басилашвили и др., 2012 – *Басилашвили Ц.З., Салуквадзе М.Е., Цомая В.Ш., Херхеулидзе Г.И.* Катастрофические наводнения, сели и лавины в Грузии и их безопасность. Тбилиси. 244 с. (на груз. яз.).

Басилашвили, 2018 – *Басилашвили Ц.З.* Ожидаемые тенденции изменения стока воды р. Алазани в условиях потепления климата. *Наука и Технология*. № 1 (727), изд. Технический Университет, Тбилиси, 2018, с. 56-68. (на груз. яз.).

Водные ресурсы Закавказья, 1988 – Водные ресурсы Закавказья, Ленинград, Гидрометеиздат, 1988, 264 с.

Глобальная экологическая перспектива, 2009 – Глобальная экологическая перспектива. ЮНЕП, 2009, 540 с.

Каркашадзе, 2015 – *Каркашадзе Н.* Окружающая среда и проблемы экологии. *Международная Научная Конференция “Глобальное потепление и агробиоразнообразие”*. Тбилиси, 2015, с. 386-387.

Мумладзе и др., 2008 – *Мумладзе Д., Гобеджшвили Р., Ломидзе Н.* Динамика ледников на фоне современного изменения климата. *Тр. Института Географии Грузии*, Тбилиси, 2008, № 2 (81), с. 254-260. (на груз. яз.).

Мумладзе, 1991 – *Мумладзе Д.* Современное изменение климата в Грузии. Тбилиси, 1991, 127 с. (на груз. яз.).

Пресная вода – Пресная вода [Электронный ресурс]. URL: http://www.o8ode.ru/article/oleg2/precnaa_voda.htm

Природные ресурсы Грузии, 1991 – Природные ресурсы Грузии и проблемы их рационального использования. Тбилиси, Метниереба, 1991, 684 с.

Третье национальное сообщение, 2015 – Третье национальное сообщение об изменении климата. UNOP in Georgia, Тбилиси, 2015, 292 с. (на груз. яз.).

Шенгелия, Чиджавадзе, 2003 – Шенгелия Р., Чиджавадзе Р. Прогнозы оледенения и ледового стока на фоне глобального потепления климата. *Наука и Технология*. № 4–6, Тбилиси, 2003, с. 111-114.

Basilashvili et al., 2015 – Basilashvili Ts., Matchavariani L., Lagidze L. Desertification risk in Kakheti Region, East Georgia // *Journal of Environmental Biology*. 36, Luchnov, India, 2015. pp. 33-36.

Basilashvili et al., 2012 – Basilashvili Ts., Tabatadze J., Janelidze M. River water regulation under modern climate change conditions. Cambridge Scholars Publishing, UK, 2012, pp. 347-352.

Basilashvili, 2015 – Basilashvili Ts. Changes of Georgian Mountainous Rivers Water Flows, Problems and Recommendations // *American Journal of Environmental Protection*. Science Publishing Group USA. 2015. 4(31): 38-43.

Water for people... – Water for people, water for life: The United Nations World Water Development Report; Executive summary (rus). Moskva. [Electronic resource]. URL: <http://unesdoc.unesco.org/images/0012/001295/129556r.pdf> unesdoc.unesco.org

Where is Earth's Water? – Where is Earth's Water? [Electronic resource]. URL: <https://water.usgs.gov/edu/earthwherewater.html>

References

Basilashvili et al., 2012 – Basilashvili Ts., Tabatadze J., Janelidze M. River water regulation under modern climate change conditions. Cambridge Scholars Publishing, UK, 2012, pp. 347-352.

Basilashvili et al., 2015 – Basilashvili, Ts., Matchavariani, L., Lagidze, L. (2015). Desertification risk in Kakheti Region, East Georgia. *Journal of Environmental Biology*. 36, Luchnov, India, pp. 33-36.

Basilashvili i dr., 2012 – Basilashvili, Ts.Z., Salukvadze, M.E., Tsomaya, V.Sh., Kherkheulidze, G.I. (2012). Katastroficheskie navodneniya, seli i laviny v Gruzii i ikh bezopasnost' [Catastrophic of floods, mudflows and avalanches in Georgia and their safety]. Tbilisi. 244 p. (na груз. yaz.).

Basilashvili, 2015 – Basilashvili, Ts. (2015). Changes of Georgian Mountainous Rivers Water Flows, Problems and Recommendations. *American Journal of Environmental Protection*. Science Publishing Group USA. 4(31): 38-43.

Basilashvili, 2018 – Basilashvili, Ts.Z. (2018). Ozhidaemye tendentsii izmeneniya stoka vody r. Alazani v usloviyakh potepeniya klimata. *Nauka i Tekhnologiya*. № 1 (727), izd. Tekhnicheskii Universitet, Tbilisi, 2018, s. 56-68. (na груз. yaz.).

Global'naya ekologicheskaya perspektiva, 2009 – Global'naya ekologicheskaya perspektiva [Global ecological perspective]. YuNEP, 2009, 540 p. [in Russian]

Karkashadze, 2015 – Karkashadze, N. (2015). Okruzhayushchaya sreda i problemy ekologii [Ecological problems and the environment]. *Mezhdunarodnaya Nauchnaya Konferentsiya "Global'noe poteplenie i agrobioraznoobrazie"*. Tbilisi, pp. 386-387. [in Russian]

Mumladze et al., 2008 – Mumladze, D., Gobejishvili, R., Lomidze, N. (2008). Dinamika lednikov na fone sovremennogo izmeneniya klimata [Dynamics of glaciers on the background of modern climate change]. *International conference on: "Pressing problems of geography of mountainous regions"*, Tbilisi, pp. 254-261. [in Georgian]

Mumladze, 1991 – Mumladze, D. (1991). Sovremennoe izmenenie klimata v Gruzii [Current change of climate of Georgia]. Tbilisi, 127 p. (na груз. yaz.).

Presnaya voda – Presnaya voda [Fresh water]. [Electronic resource]. URL: http://www.o8ode.ru/article/oleg2/precnaa_voda.htm

Prirodnye resursy Gruzii, 1991 – Prirodnye resursy Gruzii i problemy ikh ratsional'nogo ispol'zovaniya [The natural resources of Georgia and problems of their rational utilization]. Tbilisi, Metsniereba, 1991, 684 s. [in Russian]

Shengelia, Chijavadze, 2003 – Shengelia, R., Chijavadze, R. (2003). The forecast of glaciers and their flows on the background of modern climate change. *Science and technologies*. 4–6, Tbilisi, pp. 111-114. [in Russian]

[Tret'e natsional'noe soobshchenie, 2015](#) – Tret'e natsional'noe soobshchenie ob izmenenii klimata [Georgia's third national communication to the UNFCCC]. UNOP in Georgia, Tbilisi, 2015, 292 p. (na gruz. yaz.).

[Vodnye resursy Zakavkaz'ya, 1988](#) – Vodnye resursy Zakavkaz'ya [Water resources in TransCaucasus]. Leningrad, Gidrometeoizdat, 1988, 264 p. [in Russian]

[Water for people...](#) – Water for people, water for life: The United Nations World Water Development Report; Executive summary (rus). Moskva. [Electronic resource]. URL: <http://unesdoc.unesco.org/images/0012/001295/129556r.pdf>

[Where is Earth's Water?](#) – Where is Earth's Water? [Electronic resource]. URL: <https://water.usgs.gov/edu/earthwherewater.html>

Современные проблемы пресной воды и тенденции изменения стока воды рек южного Кавказа в Грузии

Цисана Захарьевна Басилашвили ^{a, *}

^a Грузинский технический университет, Институт гидрометеорологии, Тбилиси, Грузия

Аннотация. В связи с глобальным потеплением и перенаселённости Земли, жизненно важным ресурсам пресной воды ожидается невосполнимые потери, поэтому дефицит пресной воды – крупнейшая проблема современности.

В работе приведены характеристики состояния и проблемы ресурсов пресных вод, отмечается большая диспропорция их распределения. Изучая многолетнюю динамику стока воды рек, выявлено, что с увеличением интенсивности таяния ледников Кавказа повышается сток воды рек, а в не ледниковых зонах наоборот, они уменьшаются. Установлены численные величины ежегодного их изменения.

Особенно острые проблемы дефицита воды ожидается в восточной Грузии, где из-за сухого климата ограничение поливных вод вызовет уменьшение урожайности – источник существования местного населения. Ожидаемые засухи будут способствовать развитию процессов опустынивания. Поэтому необходимо рационально использовать имеющиеся водные ресурсы и провести меры для их пополнения в целях преодоления ожидаемого экономического и социального кризиса и обеспечения безопасности окружающей среды.

Ключевые слова: дефицит воды, таяние ледников, многолетняя динамика, параметры трендов, опустынивание.

* Корреспондирующий автор

Адреса электронной почты: jarjinio@mail.ru (Ц.З. Басилашвили)