

Т. П. Варшанина¹, О. А. Плисенко², Е. П. Свиридова³

ГИС «ПАСПОРТ КЛИМАТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РЕСПУБЛИКИ АДЫГЕЯ»

АННОТАЦИЯ

Подтверждена актуальность ландшафтно-климатического зонирования геоинформационного регионального пространства для исследования и прогнозирования изменчивости и изменения климата в целях предупреждающей адаптации к погодно-климатическим воздействиям региональной социально-экономической жизнедеятельности. В Адыгее по комплексу физико-географических и гидроклиматических характеристик выделено 9 ландшафтно-климатических мезорайонов и в них 17 районов, соответствующих равнинному, низкогорному и среднегорному высотным поясам. В дальнейшем предполагается микроклиматическое районирование. В базе данных ГИС Адыгеи накапливается и пространственно детализируется информация по климатическим условиям, климатообразующим факторам, основным гидрометеорологическим характеристикам и повторяемости особо опасных явлений. Разработке ГИС-модуля мониторинга тенденций изменчивости и изменения климата предшествовало апробирование соответствующих методов в условиях декларированного детального ландшафтно-климатического зонирования территории. Сравнение результатов исследования тенденций изменчивости и изменений климата, произведенного авторами по данным инструментальных наблюдений и методом реанализа, свидетельствует о низком пространственно-временном разрешении метода реанализа. Реанализ не показал существенного различия выявленных ландшафтно-климатических мезорайонов по величине трендов метеовеличин как в многолетнем, так и во внутригодовом ходе, а также своевременно не выявил резкого изменения в них многолетнего хода среднемесячной температуры воздуха. Полученные результаты убеждают в необходимости включения в ГИС «Паспорт климатической безопасности Адыгеи» модуля мониторинга тенденций изменчивости и изменения климата на основе инструментальных данных с прогнозированием на периодах, соответствующих естественной 20-летней периодичности изменчивости климата.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: геоинформационное ландшафтно-климатическое зонирование, межгодовая и внутригодовая изменчивость климата, тренды изменения и изменчивости климата

¹ Адыгейский государственный университет, НИИ комплексных проблем АГУ, Центр интеллектуальных геоинформационных технологий, ул. Гагарина, 13, Майкоп, Россия, 385000, *e-mail: vtp01@mail.ru*

² Адыгейский государственный университет, НИИ комплексных проблем АГУ, Центр интеллектуальных геоинформационных технологий, ул. Гагарина, 13, Майкоп, Россия, 385000, *e-mail: olg.plisenko2017@yandex.ru*

³ Адыгейский государственный университет, НИИ комплексных проблем АГУ, Центр интеллектуальных геоинформационных технологий, ул. Гагарина, 13, Майкоп, Россия, 385000, *e-mail: lenor-agy@yandex.ru*

Tatyana P. Varshanina¹, Olga A. Plisenko², Elena P. Sviridova³

GIS “PASSPORT OF CLIMATIC SAFETY OF THE REPUBLIC OF ADYGEA”

ABSTRACT

The relevance of landscape-climatic zoning of geoinformation regional space for research and forecasting of climate variability and change for preventive adaptation to weather-climatic impacts of regional socio-economic life activity is confirmed. In Adygea, based on the complex of physiographic and hydroclimatic characteristics 9 landscape-climatic meso-districts and, within them, 17 districts corresponding to plain, low-altitude and middle-altitude belts are identified. Further microclimatic zoning is envisaged. The GIS database of Adygea accumulates and spatially details information on climatic conditions, climate-forming factors, main hydrometeorological characteristics and recurrence of especially dangerous phenomena. The development of GIS-module for monitoring trends in climate variability and change was preceded by testing of appropriate methods in the conditions of the declared detailed landscape-climatic zoning of the territory. Comparison of the results of the study of trends in climate variability and change made by the authors using instrumental observations and the reanalysis method shows the low spatial and temporal resolution of the reanalysis method. The reanalysis did not show any significant difference between the identified landscape-climatic meso-districts in terms of the magnitude of trends in meteorological values both in the multiyear and intra-annual course, it also did not reveal any sharp changes in the multiyear course of mean monthly air temperature in them. The obtained results confirm that the module for monitoring of tendencies of climate variability and change, on the basis of instrumental data with forecasting on periods corresponding to natural 20-year periodicity of climate variability, is required in GIS “Passport of climate safety of Adygea”.

KEYWORDS: geoinformation landscape-climatic zoning, inter-annual and intra-annual climate variability, trends of climate change and variability

ВВЕДЕНИЕ

Декларируемый унифицированный подход⁴ к обоснованию и разработке региональных стратегий адаптации к изменчивости и изменениям климата секторов экономики и социальной сферы с оценкой возможных негативных последствий погодно-климатических воздействий в физико-географических и социально-экономических условиях субъектов Российской Федерации предполагает мониторинг и аналитическую обработку больших массивов разнородной пространственно-временной информации средствами геоинформационных систем и баз данных. Этот масштабный проект нуждается в согласованном взаимодействии множества административных и ведомственных структур регионов и формировании методологического базиса для его реализации. В соответствии с поставленными в проекте задачами, на первом этапе в ГИС Адыгеи произведено накопление в базе данных и картографическая визуализация информации по

¹ Adyghe State University, Research Institute of Complex Problems of ASU, Center for Intelligent Geoinformation Technologies, 13, Gagarina str., Maykop, Russia, 385000, *e-mail*: vtp01@mail.ru

² Adyghe State University, Research Institute of Complex Problems of ASU, Center for Intelligent Geoinformation Technologies, 13, Gagarina str., Maykop, 385000, Russia, *e-mail*: olg.plisenko2017@yandex.ru

³ Adyghe State University, Research Institute of Complex Problems of ASU, Center for Intelligent Geoinformation Technologies, 13, Gagarina str., Maykop, 385000, Russia, *e-mail*: lenor-agy@yandex.ru

⁴ Распоряжение Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 19 мая 2021 г. № 6-р «Об утверждении Типового паспорта климатической безопасности территории субъекта Российской Федерации»

климатическим условиям, климатообразующим факторам, основным гидрометеорологическим характеристикам и повторяемости опасных и особо опасных явлений [Атлас Республики Адыгея, 2005; *Варианина, Митусов*, 2005]. Выполнено детальное ландшафтно-климатическое зонирование территории. По комплексу характеристик, интерпретирующих средоформирующие климатические параметры, определено 9 ландшафтно-климатических мезорайонов и 17 районов. Дальнейшим шагом дискретизации предлагается микроклиматическое районирование. В горно-равнинной Адыгее данными инструментальных наблюдений обеспечены три мезорайона, соответствующие равнинному, низкогорному и среднегорному высотным поясам. Тенденции изменчивости макроклимата по инструментальным данным исследовались за период с 1906 по 1999 гг. по результатам вычисления трендов климатических величин, отражающих изменения режима циркуляции на Западном Кавказе, а также методом реанализа за период с 1900 по 2015 гг.

В процессе разработки ГИС-модуля мониторинга изменения климата в ландшафтно-климатических мезорайонах горно-равнинного региона поставлена задача сравнительного анализа эффективности пространственно-временного разрешения оценки изменения и изменчивости климата по результатам реанализа и непосредственного вычисления по инструментальным данным на примере поля температуры приземной атмосферы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В работе использованы данные гидрометеорологических наблюдений в трех пунктах Республики Адыгея за период с 1982 по 2020 гг., предоставленные ФГБУ «Северо-Кавказское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды». Пространственные закономерности сезонной и межгодовой изменчивости температуры по инструментальным данным выявлялись с применением линейного тренда, оцениваемого методом наименьших квадратов с помощью пакета STATISTICA.

Метод реанализа, или повторного анализа, ассимилирует/усваивает данные наблюдений в приземной и свободной атмосфере, полученные с помощью станционных, аэрологических и спутниковых наблюдений, и повторяет прошлые краткосрочные прогнозы погоды с использованием современных моделей прогнозирования. Методом реанализа [Solomon et al., 2007] в Адыгее исследовались данные за период с 1900 по 2015 гг. [Kostianoy et al., 2020]. Источником информации в этом исследовании служили открыто предоставляемые среднемесячные и среднесуточные данные, рассчитанные по регулярной сетке $1 \times 1^\circ$ [Compo et al., 2011; Giese et al., 2016; Slivinski et al., 2019]. В каждой точке сетки для среднемесячных и суточных данных рассчитывалась среднегодовая вариация за рассматриваемый период, которая затем вычиталась из соответствующих данных для получения аномалий относительно среднегодовой вариации. Данные и их аномалии были усреднены для узлов сетки, включенных в регион Адыгея ($43,5\text{--}45,5^\circ$ с. ш.; $39\text{--}41^\circ$ в. д.). Линейные тренды полученных временных рядов рассчитаны методом наименьших квадратов. Фильтрация временных рядов проводилась фильтром Баттерворта. Спектры временных рядов оценивались с использованием преобразования Фурье. Вейвлет-преобразования произведены с использованием вейвлет-функции Морле [Torrence, Compo, 1998].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Исследованию процессов изменчивости и изменения климата уделяется все большее внимание [Борзенкова, 1992; Груза, Ранькова, 2012; Панов, Спиридонова, 2019].

¹ Список/расположение одноуровневых переменных, доступных в 20CRV3. Электронный ресурс: https://psl.noaa.gov/data/20thC_Rean/table.all.html (дата обращения 03.02.2023)

В Адыгее впервые такие исследования произведены по данным инструментальных наблюдений за период с 1961 по 1999 гг. [Варшанина, Митусов, 2005]. В регионе было выявлено повышение среднегодовой температуры воздуха, связанное в основном с возрастанием температуры холодного периода, особенно в месяцы с переходом через 0 °С. Возрастание температуры воздуха в теплый период происходило только в равнинной части и было выражено слабее. По высотным ступеням, от равнины к горам нарастала тенденция к понижению температуры теплого и возрастанию температуры холодных периодов. В месяцы, переходные от лета к осени и от осени к зиме, в том же направлении отмечалось понижение среднемесячной температуры воздуха. Таким образом, были выявлены различия в многолетнем и годовом ходе изменений климата в равнинной и горной части республики [Атлас Республики Адыгея, 2005].

Изменение климата в Республике Адыгее исследовано также методом реанализа за период с 1900 по 2015 гг. [Kostianoy et al., 2020]. Отмечено, что изменение климата в Адыгее характеризовалось устойчивым медленным потеплением с 1900 по 1998 гг. с линейным трендом 0,020 °С/10 лет и интенсивным потеплением в последующий период до 2015 г. (1,2 °С/10 лет). Результаты реанализа в целом для территории Адыгеи подтвердили сделанный ранее на основе непосредственных инструментальных наблюдений за период с 1961 по 1999 гг. вывод о том, что потепление в Адыгее обусловлено повышением температуры в холодную половину года при слабом изменении температуры теплого периода.

Выявленный в результате реанализа тренд резкого повышения температуры воздуха за последние два десятилетия выдвигает на первый план проблему современных тенденций изменения климата на уровне ландшафтно-климатических мезорайонов, которым, по сути, соответствуют природно-экономические зоны хозяйственного освоения республики (рис. 1).

В настоящей работе исследование трендов климатических величин произведено по трем пунктам республики, имеющим достаточно длительные ряды инструментальных данных: Майкоп, Даховская, Гузерипль.

Пункт «г. Майкоп» располагается в Ханско-Майкопском районе Майкопско-Лабинского ландшафтно-климатического мезорайона. Климат этого мезорайона определяется атмосферной циркуляцией, сложившейся над прилегающими равнинами, но и доступен непосредственному воздействию воздушных масс с Черного моря, которые движутся перпендикулярно направлению мощного потока восходящих перед горным сооружением континентальных воздушных масс, вовлекаясь затем в процесс поднятия по горным ступеням.

Пункт «станция Даховская» располагается в Даховском районе Даховско-Гузерипльского ландшафтно-климатического мезорайона в среднегорном высотном поясе. Здесь усиливается влияние восхождения воздушных масс, обострения фронтов, прослеживается контрастность климатов противоположных экспозиций, но заметным оказывается и воздействие циркуляционных процессов на прилегающие равнины.

Пункт «поселок Гузерипль» располагается на северном склоне Главного хребта Кавказа. В нем процесс динамической трансформации воздушных масс становится основным. Циркуляция атмосферы над равнинами на его климат существенного влияния не оказывает.

Вычисленные линейные тренды основных метеорологических элементов по указанным пунктам показали низкое разрешение метода реанализа не только в пространственном, но и временном аспектах: определена резкая смена режима годового хода температуры.

Так, в равнинной части Адыгеи отмечено не выявленное реанализом высокое значение положительного тренда температуры за счет увеличения максимальных температур летне-осеннего периода (табл. 1). В многолетнем ходе повторяемости аномальных и экстремальных температур здесь проявляется 10–12-летняя периодичность (рис. 1).

В общей тенденции изменения климата в пункте «ст. Даховская» прослеживается аналогия с пунктом «г. Майкоп»: в многолетнем ходе высокое значение положительного тренда температуры происходит за счет повышения температур летне-осеннего периода. В многолетнем ходе прослеживается увеличение межгодовой изменчивости как аномальных, так и экстремальных среднемесячных температур воздуха, с аналогичным для равнинной части территории ритмом (табл. 1, рис. 2).

Общая тенденция изменения климата в пункте «пос. Гузерипль» за период с 2002 по 2020 гг. отличается от равнинного аналога. Тренды многолетнего хода среднемесячной и минимальной температур характеризуются малыми величинами. При тенденции к некоторому увеличению изменчивости положительной среднемесячной температуры воздуха, изменчивость отрицательной среднемесячной температуры с 2017 г. нивелируется (табл. 1, рис. 3).

Табл. 1. Линейный тренд многолетнего хода температуры воздуха, °C/10 лет
Table 1. Linear trend of multiyear variations of air temperature, °C/10 years

Тренд температуры воздуха, °C/10 лет	Майкоп	Даховская	Гузерипль
среднемесячная	0,83	0,66	0,05
максимальная месячная	0,96	1,16	0,10
минимальная месячная	0,46	0,50	0,01

Рис. 1. Майкоп. Ход повторяемости аномальных и экстремальных значений среднемесячных температур воздуха, 1982–2020 гг.

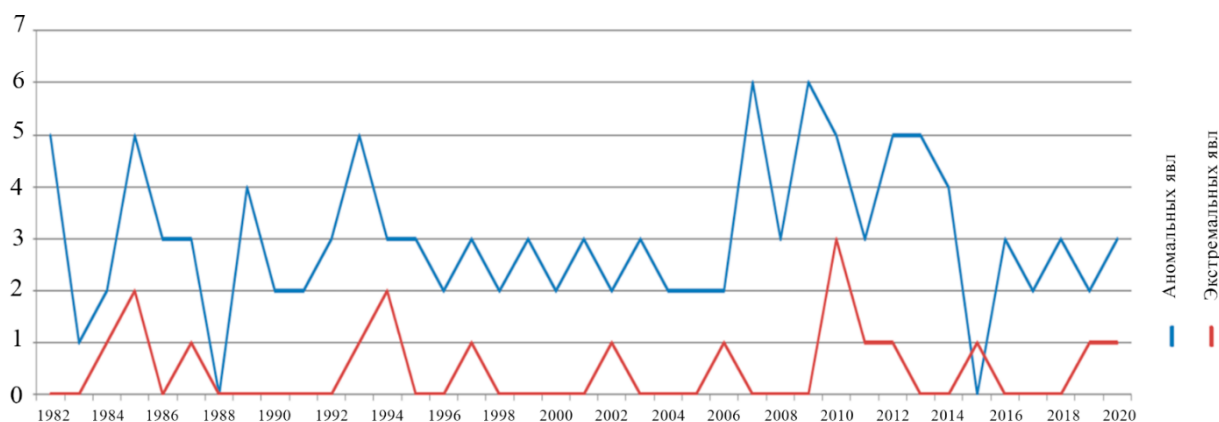


Fig. 1. Maikop. Course of recurrence of abnormal and extreme values of average monthly air temperatures, 1982–2020

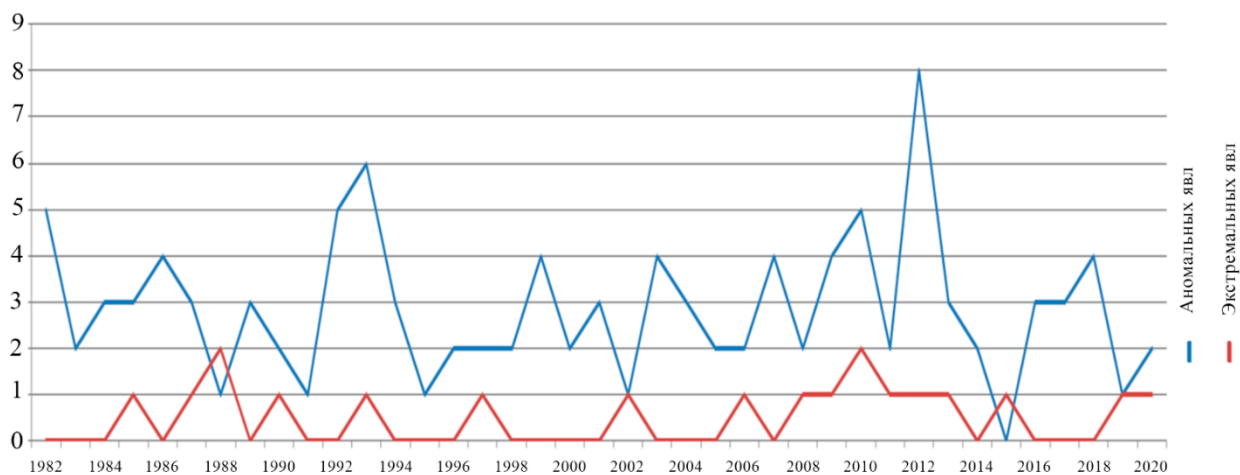


Рис. 2. Даховская. Ход повторяемости аномальных и экстремальных значений среднемесячных температур воздуха, 1982–2020 гг.

Fig. 2. Dakhovskaya. Course of recurrence of abnormal and extreme values of average monthly air temperatures, 1982–2020

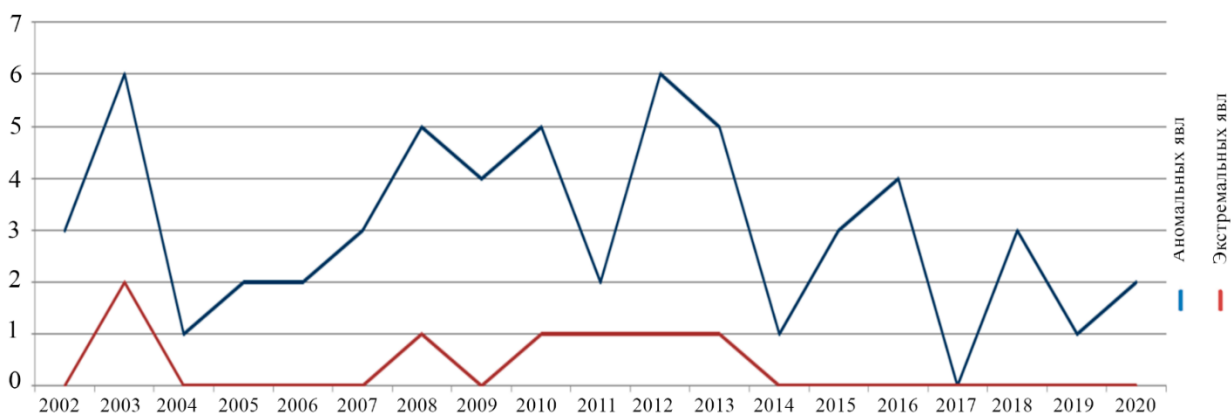


Рис. 3. Гузерипль. Ход повторяемости аномальных и экстремальных среднемесячных температур воздуха, 1982–2020 гг.

Fig. 3. Guzeripli. Course of recurrence of abnormal and extreme values of average monthly air temperatures, 1918–2020

Обращает на себя внимание хорошо выраженный сдвиг высоких значений положительного тренда среднемесячной температуры воздуха на осеннее время в равнинной части Адыгеи. В менее выраженном варианте этот сдвиг отмечен и в среднегорье. На северном склоне Главного хребта Кавказа, в пос. Гузерипль, тренд изменчивости зимних температур практически равен нулю, высок он в переходные периоды и очень высок в летние месяцы (табл. 2).

Полученные результаты радикально отличаются от отмечаемых ранее тенденций [Варшанина, Митусов, 2005; Kostianou et al., 2020] потепления климата за счет выраженного повышения зимних температур при слабом повышении температуры в летнее время.

Из изложенного следует, что для успешной упреждающей адаптации к изменениям климата социально-экономической деятельности в природно-экономических зонах хозяйственного освоения республики необходим мониторинг трендов критичных для

хозяйственной деятельности метеоэлементов и метеопроцессов, соответствующее прогнозирование и на этой основе расчет предполагаемых экономических потерь.

Для обеспечения оперативного реагирования социально-экономической деятельности в Адыгее на климатические изменения разработан модуль актуализации значения искомым трендов относительно ландшафтно-климатических мезорайонов (рис. 2).

Табл. 2. Тренды внутrigодового хода среднемесячной температуры воздуха за период с 1982 по 2020 гг.

Table 2. Trends of intra-annual variations of mean monthly air temperature for the period from 1982 no 2020

Месяц	Пункт			Месяц	Пункт		
	Майкоп	Даховская	Гузерибль		Майкоп	Даховская	Гузерибль
I	0,10	0,16	0	VII	0,80	0,20	3,45
II	0,70	0,90	-0,10	VIII	1,03	0,96	0,45
III	0,40	0,80	1,80	IX	0,76	0,73	1,10
IV	-0,30	0,13	0,08	X	0,96	1,00	1,10
V	0,50	-0,11	1,05	XI	0,66	0,90	0
VI	1,10	1,06	3,50	XII	0,70	0,93	0

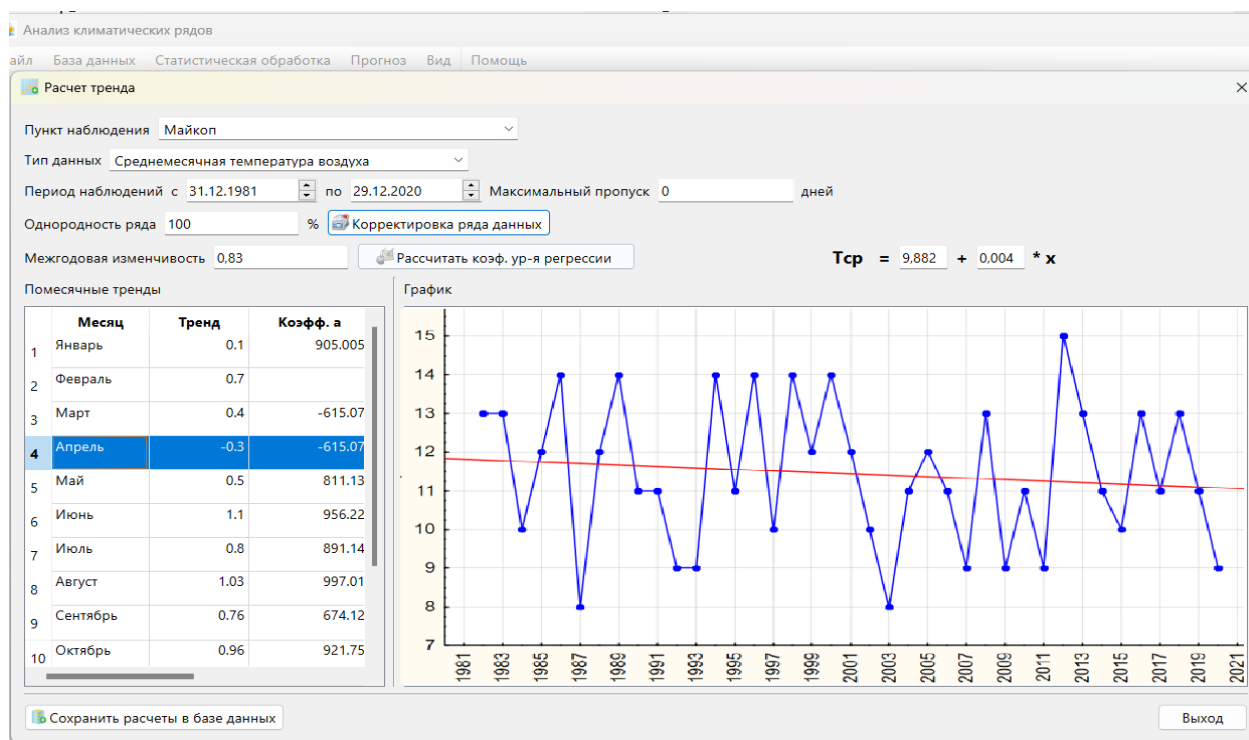


Рис. 2. Окно модуля мониторинга трендов изменения и изменчивости климата по ландшафтно-климатическим мезорайонам

Fig. 2. Window of the module for monitoring trends in climate change and variability by landscape and climate mesoraions

ВЫВОДЫ

В результате системного геоинформационного анализа физико-географических и гидроклиматических характеристик территории произведено детальное ландшафтно-климатическое зонирование горно-равнинной Адыгеи и определены операционные пространственные единицы ГИС «Паспорт климатической безопасности Республики Адыгея», характеризующиеся индивидуальным режимом изменчивости и изменения климата.

Сравнение оценки изменений климата на примере линейного тренда сезонной и межгодовой изменчивости температуры, вычисляемого, с одной стороны, по данным, ассимилируемым реанализом в узлах регулярной сетки, с другой стороны, по инструментальным стационарным данным, выявило низкое пространственно-временное разрешение системы реанализа.

По инструментальным данным за период с 1906 по 1999 гг. при общей для территории тенденции возрастания среднегодовой температуры, связанной в основном с возрастанием температуры холодного периода; слабо выраженное возрастание температуры воздуха в теплый период отмечено только на равнине.

Результатами реанализа в целом для территории Адыгеи за период с 1900 по 2015 гг. определено, что при общем тренде возрастания температуры, наиболее интенсивное потепление за последние 20 лет обусловлено повышением температуры в холодную половину года при слабом изменении температуры теплого периода.

В то же время анализ инструментальных данных за период с 1982 по 2020 гг. показал не только существенные отличия по высотным ландшафтно-климатическим мезорайонам трендов межгодового и внутригодового хода среднемесячной температуры, но и резкую смену их знака. В этом временном интервале потепление происходит за счет возрастания температуры в летне-осенний период, при слабом или нулевом тренде (в горах) — в холодный период.

Полученные данные свидетельствуют об актуальности формирования системы инструментального мониторинга и адресного относительно ландшафтно-климатических мезорайонов прогнозирования климатических изменений для обеспечения климатической безопасности региона, обоснования и разработки региональной стратегии адаптации к изменчивости и изменениям климата секторов экономики и социальной сферы Адыгеи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Атлас Республики Адыгея. Майкоп: Центр геоинформационных технологий АГУ, 2005. 79 с.
- Борзенкова И. И.* Изменение климата в кайнозое. СПб: Гидрометеоздат, 1992. 247 с.
- Варшанина Т. П., Митусов Д. В.* Климатические ресурсы ландшафтов Республики Адыгея. Майкоп: Издательство Адыгейского госуниверситета, 2005. 237 с.
- Груза Г. В., Ранькова Э. Я.* Наблюдаемые и ожидаемые изменения климата России: температура воздуха. Обнинск: ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», 2012. 194 с.
- Панов Б. Н., Спиридонова Е. О.* Климатические изменения поля приземного атмосферного давления в Азово-Черноморском регионе (1960–2017 гг.). Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки, 2019. № 2 (202). С. 66–73. DOI: 10.23683/0321-3005-2019-2-66-73.
- Compo G. P., Whitaker I. S., Sardeshmukh P. D., Matsui N., Allan R. J., Yin X., Gleason B. E., Vose R. S., Rutledge G., Bessemoulin P., Brönnimann S., Brunet M., Crouthamel R. I., Grant A. N., Groisman P. Y., Jones P. D., Kruk M., Kruger A. C., Marshall G. J., Maugeri M., Mok H. Y., Nordli D., Ross T. F., Trigo R. M., Wang X. L., Woodruff S. D., Worley S. J.* The

twentieth century reanalysis project. Q J R Meteorol. Soc., 2011. No. 137. P. 1–28. DOI: 10.1002/qj.776.

Giese B. S., Seidel H. F., Compo G. P., Sardeshmukh P. D. An ensemble of ocean reanalyses for 1815–2013 with sparse observational input. J Geophys. Res. Oceans, 2016. No. 121. P. 6891–6910. DOI: 10.1002/2016JC012079.

Kostianoy A. G., Serykh I. V., Lebedev S. A., Kostianaia E A., Varshanina T. P. Regional climate change in the Republic of Adygea. Springer International Publishing AG, Cham, Switzerland, 2020. P. 311–358. DOI: 10.1007/698_2021_734.

Slivinski L. C., Compo G. P., Whitaker J. S., Sardeshmukh P. D., Giese B. S., McColl C., Allan R., Yin X., Vose R., Titchner H., Kennedy J., Spencer L. J., Ashcroft L., Brönnimann S., Brunet M., Camuffo D., Cornes R., Cram T. A., Crouthamel R., Domínguez-Castro F., Freeman J. E., Gergis J., Hawkins E., Jones P. D., Jourdain S., Kaplan A., Kubota H., Le Blancq F., Lee T., Lorrey A., Luterbacher J., Maugeri M., Mock C. J., Moore G. K., Przybylak R., Pudmenzky C., Reason C., Slonosky VC, Smith C, Tinz B, Trewin B., Valente M. A., Wang X. L., Wilkinson C., Wood K., Wyszyński P. Towards a more reliable historical reanalysis: improvements for version 3 of the Twentieth Century Reanalysis system. Q J R Meteorol Soc., 2019. DOI: 10.1002/qj.3598.

Solomon S., Qin D., Manning M., Chen Z., Marquis M., Averyt K. B., Tignor M., Miller H. L. Technical Summary. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, United Kingdom; New York, USA: Cambridge Univ. Press, 2007. 91 p.

Torrence D. C., Compo G. P. A practical guide to wavelet analysis. Bulletin of the American Meteorological Society, 1998. V. 79. Iss. 1. P. 61–78. DOI: 10.1175/1520-0477(1998)079<0061:APGTWA>2.0.CO;2.

REFERENCES

Atlas of the Republic of Adygeya. Maikop: Center for geoinformation technologies of ASU, 2005. 79 p. (in Russian).

Borzenkova I. I. Climate change in the Cenozoic. Saint-Petersburg: Gidrometeoizdat, 1992. 247 p. (in Russian).

Compo G. P., Whitaker I. S., Sardeshmukh P. D., Matsui N., Allan R. J., Yin X., Gleason B. E., Vose R. S., Rutledge G., Bessemoulin P., Brönnimann S., Brunet M., Crouthamel R. I., Grant A. N., Groisman P. Y., Jones P. D., Kruk M., Kruger A. C., Marshall G. J., Maugeri M., Mok H. Y., Nordli D., Ross T. F., Trigo R. M., Wang X. L., Woodruff S. D., Worley S. J. The twentieth century reanalysis project. Q J R Meteorol. Soc., 2011. No. 137. P. 1–28. DOI: 10.1002/qj.776.

Giese B. S., Seidel H. F., Compo G. P., Sardeshmukh P. D. An ensemble of ocean reanalyses for 1815–2013 with sparse observational input. J Geophys. Res. Oceans, 2016. No. 121. P. 6891–6910. DOI: 10.1002/2016JC012079.

Gruza G. V., Rankova E. Y. Observed and Expected Climate Changes in Russia: Air Temperature. Obninsk: Federal state educational institution All-Russian Scientific Research Institute of Hydrometeorological Information, World Data Center, 2012. 194 p. (in Russian).

Kostianoy A. G., Serykh I. V., Lebedev S. A., Kostianaia E A., Varshanina T. P. Regional climate change in the Republic of Adygea. Springer International Publishing AG, Cham, Switzerland, 2020. P. 311–358. DOI: 10.1007/698_2021_734.

Panov B. N., Spiridonova E. O. Climatic changes of the surface atmospheric pressure field in the Azov-Black Sea region (1960–2017). *Izvestiya Vuzov. Severo-Kavkazskii region. Natural science* (News of higher educational institutions. North Caucasus region. Series: Natural Sciences), 2019. No. 2(202). P. 66–73 (in Russian). DOI: 10.23683/0321-3005-2019-2-66-73.

Slivinski L. C., Compo G. P., Whitaker J. S., Sardeshmukh P. D., Giese B. S., McColl C., Allan R., Yin X., Vose R., Titchner H., Kennedy J., Spencer L. J., Ashcroft L., Brönnimann S., Brunet M., Camuffo D., Cornes R., Cram T. A., Crouthamel R., Domínguez-Castro F., Freeman J. E., Gergis J., Hawkins E., Jones P. D., Jourdain S., Kaplan A., Kubota H., Le Blancq F., Lee T., Lorrey A., Luterbacher J., Maugeri M., Mock C. J., Moore G. K., Przybylak R., Pudmenzky C., Reason C., Slonosky V.C., Smith C., Tinz B., Trewin B., Valente M. A., Wang X. L., Wilkinson C., Wood K., Wyszynski P. Towards a more reliable historical reanalysis: improvements for version 3 of the Twentieth Century Reanalysis system. *Q J R Meteorol. Soc.*, 2019. DOI: 10.1002/qj.3598.

Solomon S., Qin D., Manning M., Chen Z., Marquis M., Averyt K. B., Tignor M., Miller H. L. Technical Summary. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge, United Kingdom; New York, USA: Cambridge Univ. Press, 2007. 91 p.

Torrence D. C., Compo G. P. A practical guide to wavelet analysis. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 1998. V. 79. Iss. 1. P. 61–78. DOI: 10.1175/1520-0477(1998)079<0061:APGTWA>2.0.CO;2.

Varshanina T. P., Mitusov D. V. *Climatological Resources of Landscapes of the Republic of Adygea.* Maykop: Publishing House of Adyghe State University, 2005. 237 p. (in Russian).