

Научная статья

Original article

УДК 551.58

DOI 10.55186/25876740-2022-6-1-23

**АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА ЧЕРНОМОРСКОМ ПОБЕРЕЖЬЕ  
РОССИИ**

CLIMATE CHANGE ANALYSIS ON THE BLACK SEA COAST OF RUSSIA



**Приходько Игорь Александрович**, кандидат технических наук, доцент, заместитель декана по учебной работе факультета «Гидромелиорации» доцент кафедры Строительства и эксплуатации водохозяйственных объектов, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина», (350011, Краснодар, ул. Димитрова 3/1, кв. 248) тел. +7(909)4525133, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4855-0434>, [prihodkoigor2012@yandex.ru](mailto:prihodkoigor2012@yandex.ru)

**Вербицкий Артем Юрьевич**, Обучающийся факультета гидромелиорации, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина», (Краснодарский край, Динской район, станица Динская, переулок Фадеева, дом 35), тел. +7 (918) 984-22-98, <http://orcid.org/0000-0001-6930-2662>, [trd.uncle@yandex.ru](mailto:trd.uncle@yandex.ru)

**Сергеев Александр Эдуардович**, к.ф.-м.н., доцент ВАК, доцент кафедры «Компьютерных технологий и систем», ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина», (350089, Краснодар, ул. Проспект чекистов 26, кв. 204), тел. +7 (918) 19-38-166, <http://orcid.org/0000-0003-4855-0434>, [galua1979@yandex.ru](mailto:galua1979@yandex.ru).

**Prihodko Igor Aleksandrovich**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Deputy Dean for Academic Affairs of the Faculty of Hydromelioration, Associate Professor of the Department of Construction and Operation of Water Management Facilities, FSBEI HE «Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilina», (350011, Krasnodar, 3/1 Dimitrov st., Apt. 248) tel. +7 (909) 4525133, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4855-0434>, [prihodkoigor2012@yandex.ru](mailto:prihodkoigor2012@yandex.ru)

**Sergeev Alexander Eduardovich**, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Department of Computer Technologies and Systems, Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, (350089, Krasnodar, street Chekist prospect 26, apt. 204), tel. +7 (918) 19-38-166, <http://orcid.org/0000-0003-4855-0434>, [galua1979@yandex.ru](mailto:galua1979@yandex.ru)

**Verbitsky Artyom Yurievich**, Student of the Faculty of Hydromelioration, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilina, (Krasnodar Territory, Dinskoy district, village Dinskaya, Fadeeva lane, house 35), tel. +7 (918) 984-22-98, <http://orcid.org/0000-0001-6930-2662>, [trd.uncle@yandex.ru](mailto:trd.uncle@yandex.ru)

**Аннотация.** Рост численности населения на планете, в том числе и в России вызывает ряд негативных последствий. В первую очередь это связано с нерациональным природопользованием. Нерациональное вырубка лесов, интенсификация производства, в том числе со строительством экологически вредных производств, которые зачастую строятся с нарушениями предельно допустимых концентраций выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. Все это приводит к необратимым последствиям, таким как: глобальному потеплению, таянию ледников, сокращению запасов пресной воды, уменьшению биоразнообразия вплоть до исчезновения целых видов и экономическому кризису. Одним из основных негативных последствий, на наш взгляд, является глобальное потепление, которое приводит к планетарному изменению климата. Поэтому в наших исследованиях изучалось влияние изменения климата на прибрежный

туризм Черноморского побережья России путем оценки нескольких гидрометеорологических факторов – межгодовые колебания приземной температуры воздуха и температуры поверхности Черного моря. В работе использовались специализированные данные, полученные с помощью моделей MERRA-2 M2IMNXASM / M2TMNXOCN V5.12.4 для региона охватывающего прибрежную зону России от Керченского пролива до границы с Абхазией, за период с 1981 по 2020 год. Произведен анализ (Giovanni v.4.32) и визуализация (Highcharts) данных. Выявлена тенденция к росту среднемесячных значений приземной температуры воздуха и моря в Черноморском регионе за летний период (июнь–август), а также за май и сентябрь, за этим следует, что туристический сезон постепенно расширяется преимущественно на сентябрь. Подтвержден главный тезис о факторах, которые следует учитывать при планировании развития прибрежного туризма, включая инвестиции и строительство инфраструктуры, связанной с туризмом на Черноморском побережье России.

**Summary.** Population growth on the planet, including in Russia, causes a number of negative consequences. First of all, this is due to the irrational use of natural resources. Irrational deforestation, intensification of production, including the construction of environmentally harmful industries, which are often built in violation of the maximum permissible concentrations of pollutant emissions into the atmosphere. All this leads to irreversible consequences, such as: global warming, melting of glaciers, reduction of fresh water reserves, reduction of biodiversity up to the extinction of entire species and economic crisis. One of the main negative consequences, in our opinion, is global warming, which leads to planetary climate change. Therefore, in our studies, we studied the impact of climate change on the coastal tourism of the Black Sea coast of Russia by assessing several hydrometeorological factors – interannual fluctuations in surface air temperature and surface temperature of the Black Sea. The work used specialized data obtained using the MERRA-2 M2IMNXASM / M2TMNXOCN V5.12.4 models for the region covering the coastal zone of Russia from the Kerch Strait to the border with Abkhazia, for the period from 1981 to 2020. The analysis (Giovanni v.4.32) and

visualization (Highcharts) of the data was made. A trend towards an increase in the average monthly values of surface air and sea temperatures in the Black Sea region for the summer period (June–August), as well as for May and September, is revealed, which follows that the tourist season is gradually expanding mainly to September. The main thesis about the factors that should be taken into account when planning the development of coastal tourism, including investment and construction of infrastructure related to tourism on the Black Sea coast of Russia, is confirmed.

**Ключевые слова:** изменение климата, глобальное потепление, Черноморское побережье; прибрежный туризм.

**Keywords:** climate change, global warming, Black Sea coast; coastal tourism.

### **Введение.**

В Российской Федерации черноморское побережье является основной курортной зоной для россиян, так как моря Тихого и Северного Ледовитого океана, омывающие Россию намного холоднее. Азовское и Каспийское моря имеют небольшую курортную инфраструктуру по сравнению с Черным морем. Таким образом, основной прибрежный туристический поток направлен в Краснодарский край и Республику Крым (рисунок 1). В 2019 году Краснодарский край посетило 17,3 млн. туристов, из них 60 % – в летний сезон, Крым посетили 7,43 млн. туристов. Эти цифры включают как иностранных, так и отечественных посетителей [1].



Рисунок 1 – Географическая карта Северо-Восточной части Черного моря

Рассматриваемый регион расположен между Керченским проливом на севере и государственной границей с Абхазией на юге, т. е. в широтном диапазоне между  $43^{\circ}23'$  и  $45^{\circ}30'$  северной широты (рисунок 1). Для сравнения, эта географическая полоса соответствует Северной части Адриатического моря между Сплитом в Хорватии и Венецией в Италии или северной части Лигурийского моря между Каннами во Франции и Генуей в Италии. Оба региона Средиземного моря хорошо известны как лучшие места для прибрежного туризма и летнего отдыха благодаря теплому климату и морю. Это же справедливо в отношении российского побережья Черного моря.

Климат на большей части территории Краснодарского края умеренно-континентальный, на Черноморском побережье от Анапы до Туапсе — полусухой средиземноморский климат, южнее Туапсе – влажный субтропический. Для гор характерна высотная климатическая зональность. В целом для региона характерно жаркое лето и мягкая зима. Средняя температура января на побережье Черного моря  $0...+6\text{ }^{\circ}\text{C}$ , в Сочи  $+6\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Средняя температура июля  $+22 \dots +24\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Годовое количество осадков составляет от 400 до 700 мм в равнинной части и до 3250 мм в горах [2].

Развитие курортов на Черноморском побережье России в Крыму и

Краснодарском крае началось в конце 19 века. Сегодня это крупная курортная и прибрежная туристическая зона. В декабре 2015 г. Краснодарский край был признан самым привлекательным туристическим регионом России в «Национальном туристическом рейтинге» (второе и третье места – Санкт-Петербург и Москва). Она включает в себя курорты федерального значения – Сочи, Геленджик и Анапу, а также множества небольших населенных пунктов и курортов регионального значения, расположенных между Анапой и Адлером на границе с Абхазией (с севера на юг – Витязево, Анапа, Дюрсо, Южная Озереевка, Широкая Балка, Мысхако, Новороссийск, Кабардинка, Геленджик, Дивноморское, Джанхот, Криница, Бетта, Архипо-Осиповка, Джубга, Лермонтово, Новомихайловский, Ольгинка, Небуг, Агой, Туапсе, Шепси, Лазаревский, Вардане, Лоо, Дагомыс, Сочи, Мацеста, Хоста, Кудепста, Адлер) [3].

Например, в Сочи насчитывается около 1000 сертифицированных отелей, из них от 5-звездочных – 192 и до мини-отелей – 414 [4]. В Крыму наиболее известные курорты расположены (с запада на восток): Евпатория, Севастополь, Балаклава, Симеиз, Алушка, Ялта, Гурзуф, Алушта, Судак, Коктебель, Феодосия и Керчь [5].

В последние годы наибольшее внимание в Краснодарском крае уделяется развитию санаторно-курортного комплекса, что позволяет увеличить загрузку здравниц и санаториев в межсезонье. Санаторно-курортная сфера Краснодарского края включает более 200 организаций, их общая вместимость составляет около 100 тыс мест. Что составляет 21 % коечного фонда всех российских санаториев. В среднем до 1,5 млн. человек ежегодно отдыхают и восстанавливаются в санаториях, таким образом, Краснодарский край занимает более 25 % российского рынка таких услуг [6].

За последние 10 лет Правительство России вложило значительные средства в развитие туризма на побережьях Черного моря, включая крупные инфраструктурные проекты – реконструкцию аэропортов Сочи (Адлер), Геленджика, Анапы, Краснодара и Симферополя; строительство Крымского моста через Керченский пролив и федеральной трассы «Таврида» от Керчи до



Севастополя; строительство Имеретинского курорта и Олимпийского парка к югу от Сочи; строительство новых отелей и реконструкция старых; строительство морского газопровода «Джубга–Лазаревское–Сочи» и многие другие. Все эти проекты были выполнены с оценкой воздействия на окружающую среду (ОВОС), которая, согласно Международной ассоциации по оценке воздействия, представляет собой процесс определения будущих последствий текущего или предлагаемого действия.

Несмотря на растущую значимость непрерывных исследований влияния изменения климата на прибрежный туризм для Черноморского побережья России, для данного конкретного региона существует очень мало исследований на эту тему. Экстремальные явления летом, в том числе этим летом 2021 года, уже привели к значительным нарушениям в работе основных служб, экономическим потерям, эвакуации людей, а в ряде случаев и их гибели. Поэтому важно продолжить исследования для этого конкретного региона, чтобы оценить не только прямое воздействие на прибрежный туризм, но и косвенные последствия, включая экономические.

Вероятность испортить единственный отпуск в году растет. До сих пор решение, где отдыхать в основном зависело от финансовых возможностей туристов и от соотношения цены/качества предоставляемых гостиничных и туристических услуг. В настоящее время погодный фактор также вмешивается в процесс принятия решений, что является прямым следствием регионального изменения климата. Это придется учитывать не только отдыхающим, но и властям и туристической отрасли.

Целью данной статьи является обзор ряда потенциально негативных климатических факторов для черноморского побережья России, которые сопровождают региональное потепление в Черноморском регионе и могут препятствовать развитию прибрежного туризма, создавать риски для туристов, а также инвесторов в лице государства, частных компаний и физических лиц. В работе не рассматривается влияние антропогенных факторов, геополитических и

социально-экономических процессов.

### **Материалы и методы.**

В основу работы легли данные полученную с помощью модели MERRA-2 MERRA-2 M2IMNXASM / M2TMNXOCN V5.12.4 с пространственным разрешением  $0,50 \times 0,625^\circ$  для региона  $43,4-45,2^\circ$  северной широты;  $36,6-40,0^\circ$  восточной долготы, который охватывает прибрежную зону России от Керченского пролива до границы с Абхазией (рисунок 1), и период времени с 1981 по 2020 год. Для этих параметров мы исследовали межгодовые колебания усредненных по месяцам данных за летний период (июнь–август), а также отдельно за май и сентябрь. Анализ данных о температуре воздуха и моря, использованных в этом исследовании, осуществлялся с помощью веб-приложения Giovanni v.4.32, разработанного и поддерживаемого NASA Goddard Earth Sciences Data and Information Services Center (GES DISC), визуализация произведена с помощью библиотеки программного обеспечения для построения графиков Highcharts.

### **Результаты.**

Региональное изменение климата приводит к ряду явлений в море и атмосфере, которые потенциально могут быть как положительными, так и отрицательными для социально-экономического развития. Наиболее известным следствием изменения климата является потепление. Оно сопровождается изменениями атмосферной циркуляции, положения атмосферных фронтов, траекторий циклонов и антициклонов, атмосферного давления, скорости и направления ветра, интенсивности и местоположения осадков, усиления экстремальных погодных явлений и других процессов и явлений. В нижеследующих подразделах приводятся основные природные явления, которые наиболее негативно сказываются на прибрежном туризме и регулярно наблюдаются в течение последних двух десятилетий на российском побережье Черного моря.

#### *3.1. Региональное изменение климата и экстремальные явления*

Повышение температуры воздуха и моря является очевидным следствием



глобального и регионального изменения климата в Черноморском регионе. В работе [6] показано, что среднемесячные значения приземной температуры воздуха в Черноморском регионе растут со скоростью  $+0,053$  °C/год за 1980-2020 годы, что в три раза быстрее, чем за период 1935-2017 гг. Вдоль прибрежной зоны северо-восточной части Черного моря отмечается самая высокая скорость изменения  $+0,06$  °C/год. С конца 1990-х гг. летние максимальные среднемесячные значения приземной температуры воздуха значительно возросли, достигнув значения  $27,2$  °C в 2010 г. [7]. Вышеупомянутый анализ, а также предыдущие публикации по региональному изменению климата в Черноморском регионе, упомянутые в обзоре [8], показали тенденции относительно температуры воздуха за все 12 месяцев года в течение определенного периода времени. В настоящем исследовании нас интересует период летнего сезона, следовательно, рассчитываются межгодовые колебания температуры воздуха в летнее время (июнь, июль, август) за 40-летний период с 1981-2020 гг. (рисунок 2).

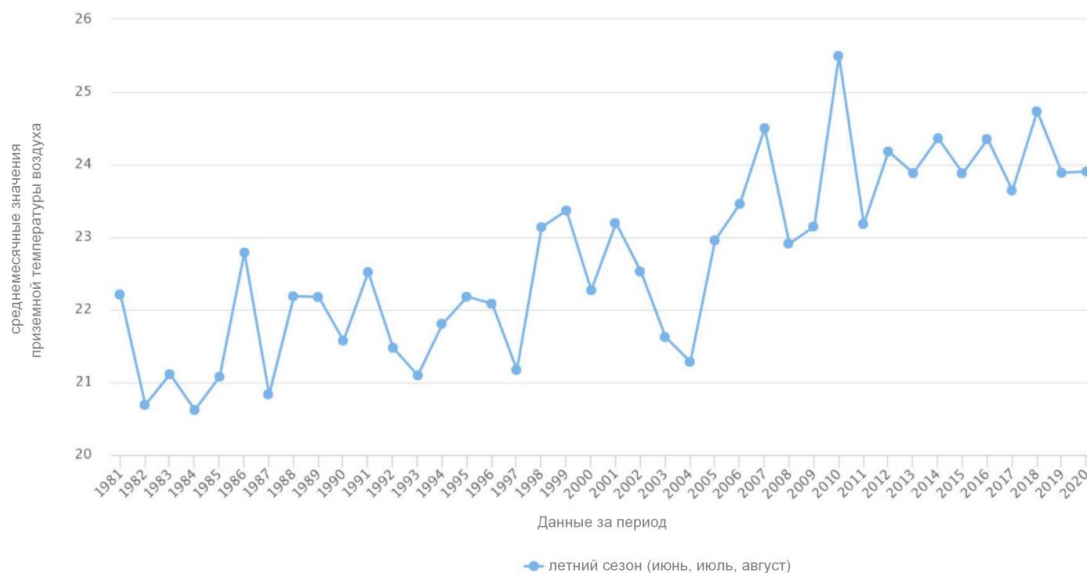


Рисунок 2 – Межгодовые колебания приземной температуры воздуха над северо-восточной частью Черного моря летом 1981-2020 гг. на основе модели MERRA-2 M2IMNXASM\_V5.12.4

Визуализированные данные подтверждают, что в среднем температура воздуха летом за 40 лет постепенно повышалась с примерно  $21$  °C в начале 1980-х

гг. до 24 °С в 2010-х гг. Переход от периода незначительного повышения температуры воздуха к более значительному повышению, произошел между 2004 годом (21,3 °С) и 2012 г. (24,2 °С). Самое жаркое лето, 25,5 °С, было зарегистрировано в 2010 г. из-за длительной блокировки антициклона над центральной частью Европейской России. Межгодовые колебания температуры воздуха варьировалась от 0,5 до 2,5 °С с 1981 по 2011 г., однако, начиная с 2012 г., они стали более стабильными и не превышали 1 °С.

Тот же анализ за май (рисунок 3) показал, что температура воздуха повысилась примерно с 15 °С в конце 20-го века до 16 °С в первом десятилетии 21-го века и до 17 °С в 2010-х годах. Однако май оказывается не лучшим кандидатом на расширение летнего сезона, так как среднее повышение температуры воздуха в мае ниже аналогичного показателя среднего значения за летнее время, такая температура не является благоприятной. Майская погода далека от стабильной, поскольку за последние 10 лет температура воздуха колебалась от 15 до 19°С. Таким образом, очевидным является то, что в течение ближайших десятилетий с мая начинать летний сезон преждевременно.

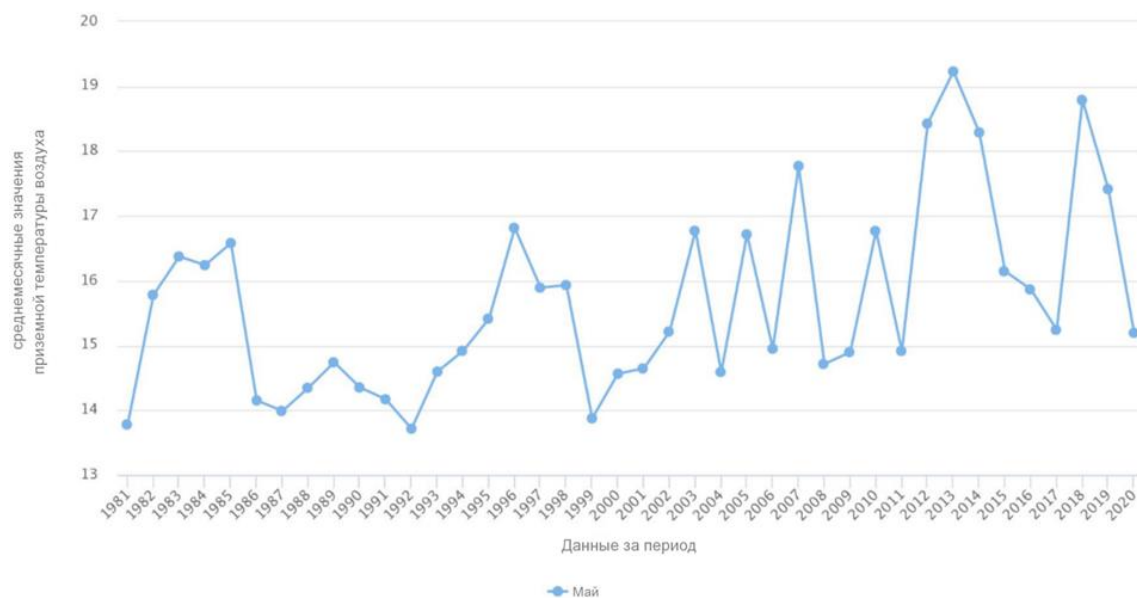


Рисунок 3 – Межгодовые колебания приземной температуры воздуха над северо-восточной частью Черного моря в мае 1981–2020 гг. по модели MERRA-2 M2IMNXASM\_V5.12.4

В то же время сентябрь оказывается лучшим кандидатом на расширение летнего сезона, так как его средняя температура воздуха на 3–4 °С выше, чем в мае, и уже сопоставима с июнем (рисунок 4). С 2005 г его средняя температура почти ежегодно превышает 20 °С, а в 2015, 2017 и 2020 гг. она превышала 22 °С.

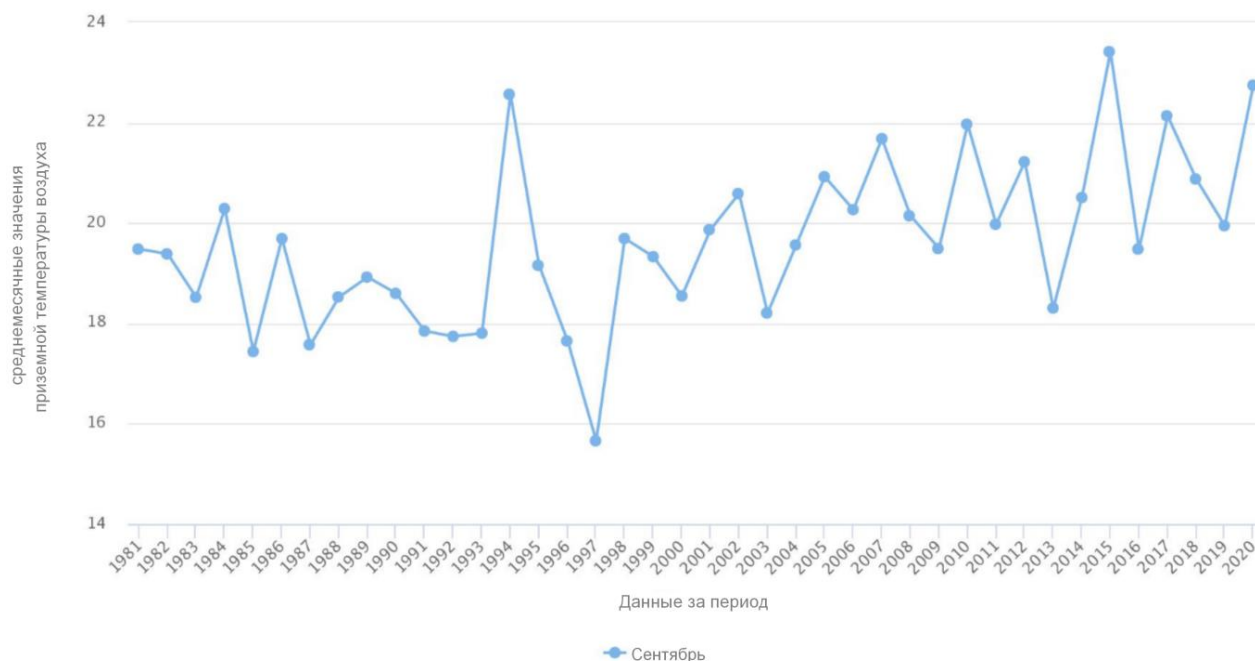


Рисунок 4 – Межгодовые колебания приземной температуры воздуха над северо-восточной частью Черного моря в сентябре 1981–2020 гг. по модели MERRA-2 M2IMNXASM\_V5.12.4

Эти данные свидетельствуют о том, что в среднем температура воздуха повышается, за этим следует, что туристический сезон постепенно расширяется преимущественно на сентябрь, то есть на протяжении более продолжительного периода времени становится комфортней отдыхать.

### 3.2. Повышение температуры поверхности моря

Температура поверхности воды в Черном море, как и температура воздуха, значительно возросла за последние 40 лет. С конца 1990-х г. максимальные среднемесячные летние значения температуры поверхности моря увеличились. Летние максимумы в большинстве случаев превышали 25 °С с пределом 26,94 °С в августе 2010 г. Межгодовые колебания летних значений температуры поверхности воды соответствуют примерно тем же годам, что и для температуры воздуха. Как и

в случае со скоростью изменения температуры воздуха в Черноморском регионе, температура поверхности воды подвержена идентичной линейной тенденции  $+0,052$  °C/год. Наибольшие значения ( $+0,058$ – $0,060$  °C/год) наблюдаются вдоль северо-восточного (российского) побережья моря.

Установлено, что в среднем в 1980-е гг. температура поверхности воды в Черном море составляла около  $22$  °C, в 1990-е гг. –  $23$  °C, в 2000-х годах произошло резкое повышение с  $23$  °C до  $26$  °C в 2010 году, а в 2010-х годах температура воды стабилизировалась в районе  $25$ °C (рисунок 5). Следует отметить, что особенности межгодового колебания температуры поверхности воды схожи с характеристиками температуры воздуха (рисунок 2).

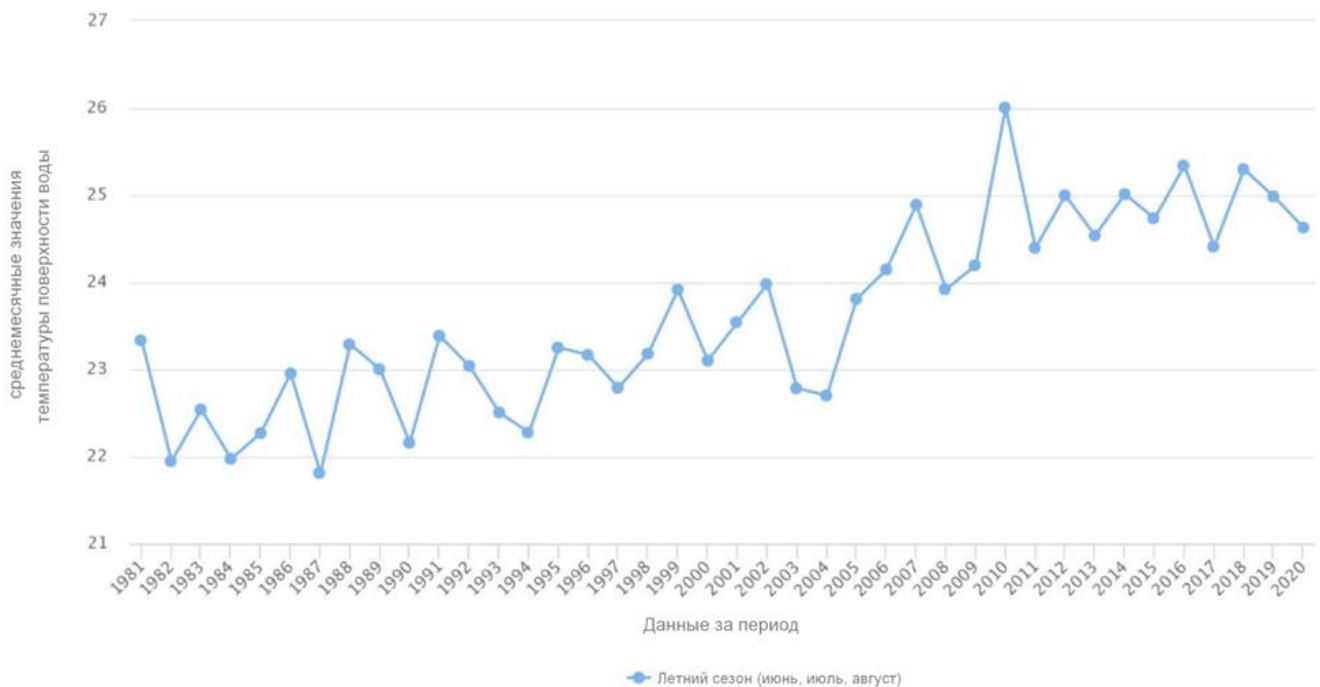


Рисунок 5 – Межгодовые колебания температуры поверхности воды в северо-восточной части Черного моря летом 1981-2020 гг. на основе модели MERRA-2 M2TMNXOCN V5.12.4

Чтобы понять, на какой месяц целесообразней расширять купальный сезон, был проведен аналогичный анализ для мая и сентября (рисунок 6 и 7). Май показал меньшую тенденцию к потеплению, только в 2012, 2013 и 2018 годах температура поверхности воды в Черном море превышала  $18$  °C, а в последнее десятилетие она колеблется от  $14,76$  °C в 2011 году до  $18,76$  °C в 2018 г. Таким образом, май стал

гораздо более нестабильным по сравнению с предыдущими тремя десятилетиями, температура воды остается слишком холодной, чтобы открыть купальный сезон (рисунок 6). Как и в случае с температурой воздуха, сентябрь уже становится полноценным туристическим месяцем, подходящим для комфортного плавания, поскольку температура моря в течение последних двух десятилетий колеблется между 21,75 °С в 2003 г. и 24,87 °С в 2020 г. с устойчивой тенденцией к увеличению (рисунок 7). Сентябрь и октябрь 2020 г. были исключительно теплыми, и купаться в прибрежной зоне России можно было до конца октября.

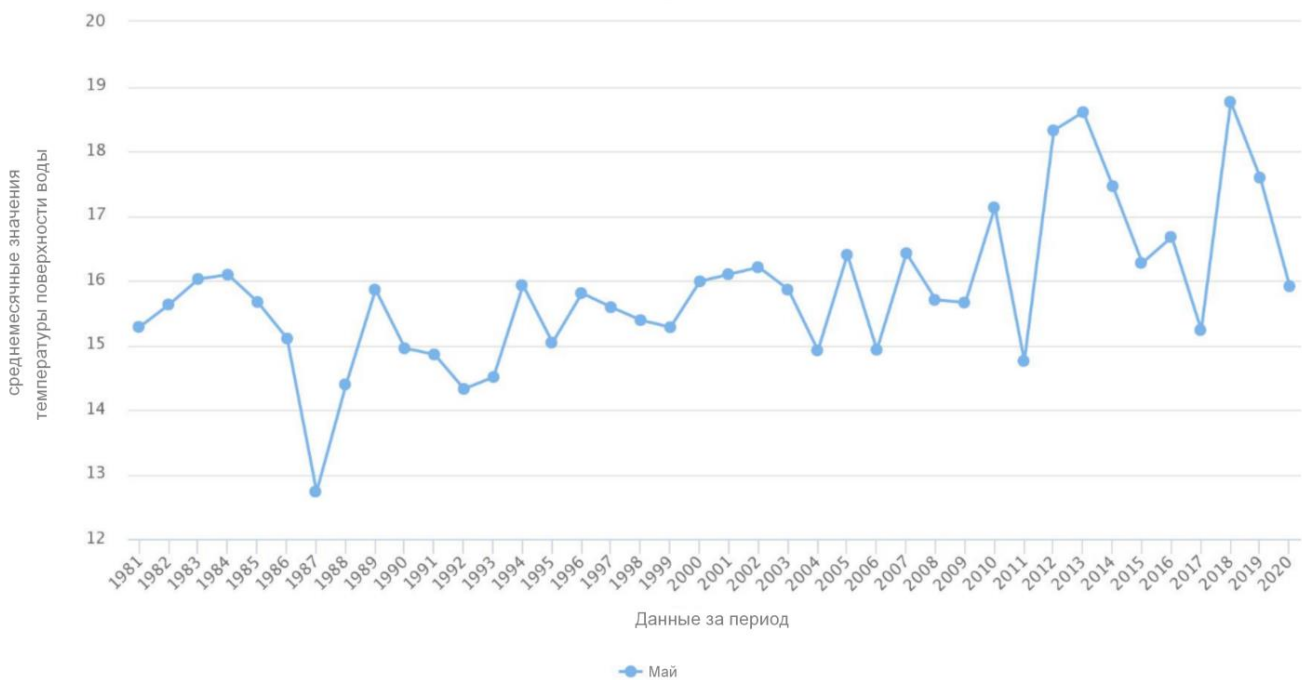


Рисунок 6 – Межгодовые колебания температуры поверхности воды в северо-восточной части Черного моря в мае 1981-2020 гг. на основе модели MERRA-2 M2TMNXOCN V5.12.4

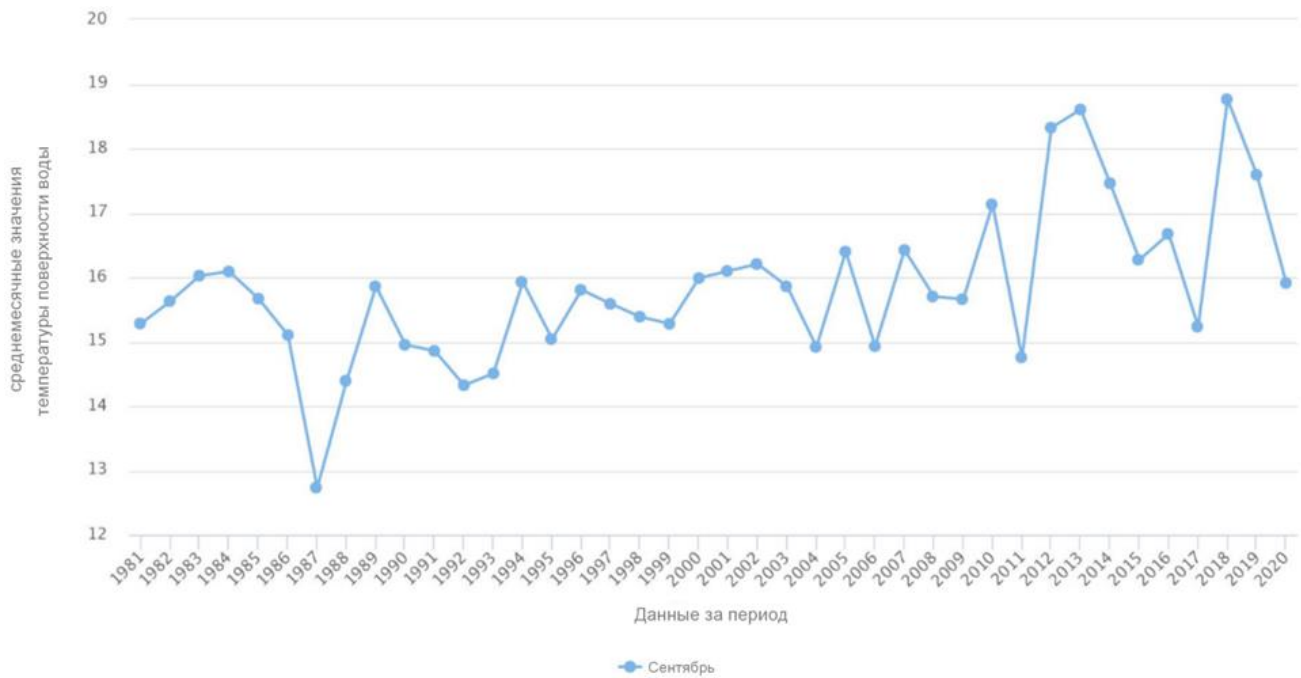


Рисунок 7 – Межгодовые колебания температуры поверхности воды в северо-восточной части Черного моря в сентябре 1981-2020 гг. на основе модели MERRA-2 M2TMNXOCN V5.12.4

### Выводы.

Потепление черноморского побережья России, включающее как температуру воздуха, так и температуру поверхности моря, является положительным фактором, который будет способствовать развитию прибрежного туризма. Наблюдаемое потепление сопровождается расширением туристического сезона с июня-августа по сентябрь, который по температуре воздуха уже сравним с июнем. Однако этот факт может привести к проблемам со здоровьем местного населения и туристов, а также к перебоям в поставках воды и энергоснабжением.

Летом 2020 г. в Краснодарском крае уровень запасов воды в водохранилищах был самым низким с 2003 г. В результате в течение двух туристических сезонов в ряде приморских городов Краснодарского края и Крыма действовали ограничения в подаче воды, она подавалась по графикам (3 ч утром и 3 ч вечером). Ситуацию усугубил большой туристический поток вызванный ограничениями на выезд за границу, связанными с пандемией COVID-19. Дальнейшее повышение температуры воздуха и интенсивность засушливых периодов, может отрицательно



повлиять на привлекательность и окончательное решение туристов в выборе места отдыха, так как это приводит к учащению неблагоприятных явлений, например лесных пожаров, в свою очередь, создается угроза жизни и безопасности людей..

### Литература

1. Кузнецов Е. В. Способ определения агресурсного состояния почв по мелиоративной шкале рисовой оросительной системы / Е. В. Кузнецов, А. Е. Хаджиди, И. А. Приходько // Патент на изобретение RU 2466522 С1, 20.11.2012. Заявка № 2011112267/13 от 30.03.2011.

2. Приходько И. А. Способ определения агресурсного состояния почв по мелиоративной шкале рисовой оросительной системы / И. А. Приходько // Патент на изобретение 2729369 С1, 06.08.2020. Заявка № 2019143539 от 20.12.2019.

3. Чеботарев М.И., Приходько И. А. Способ мелиорации почвы в паровом поле рисового севооборота к посеву риса. Патент на изобретение RU 2471339 С1, 10.01.2013. Заявка № 2011124233/13 от 15.06.2011.

4. Safronova T., Vladimirov S., Prikhodko I., Sergeyev A. Optimization problem in mathematical modeling of technological processes of economic activity on rice irrigation systems. В сборнике: E3S Web of Conferences. 8. Сер. «Innovative Technologies in Science and Education, ITSE 2020» 2020. С. 05014.

5. Владимиров С.А., Приходько И.А. Опыт планирования и реализации инновационного проекта эффективного рисоводства. Международный сельскохозяйственный журнал. 2019. № 6. С. 75-79.

6. Кузнецов Е.В., Чеботарев М.И., Приходько И.А. Оценка эффективности севооборотов на существующих и восстановленных рисовых полях для разработки сбалансированной рисовой оросительной системы. Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2011. № 28. С. 149-152.

7. Приходько И.А. Управление мелиоративным состоянием почв для экологической безопасности рисовой оросительной системы: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Кубанский государственный аграрный университет. Краснодар, 2008

8. Бандурин М.А. Моделирование напряженно-деформированного состояния оросительного лотка-оболочки. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2006. № 24. С. 76-81.

9. Волосухин В.А., Бандурин М.А. Расчет и эксплуатационный мониторинг лотковых каналов оросительных систем. Ростов-на-Дону, 2007.

10. Волосухин В.А., Бандурин М.А. Необходимость многофакторной диагностики донской шлюзованной системы в условиях роста дефицита водных ресурсов и безопасности сооружений. Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. 2017. Т. 9. № 2. С. 346-354.

11. Волосухин В.А., Бандурин М.А., Волосухин Я.В., Горобчук Е.Н., Воропаев В.И., Белогай С.Г. Мониторинг безопасности гидротехнических сооружений низконапорных водохранилищ и обводнительно-оросительных систем. Новочеркасск, 2010.

12. Бандурин М.А., Волосухин В.А., Ковшевацкий В.Б., Бандурин В.А., Волосухин Я.В. Способ и устройство создания противофильтрационного покрытия оросительных каналов. Патент на изобретение RU 2408761 С2, 10.01.2011. Заявка № 2009112150/21 от 01.04.2009.

### References

1. 1. Kuznetsov E. V., Khadzhibi A. E., Prihodko I. A. Sposob opredeleniya agrosurnogo sostoyaniya pochv po meliorativnoy shkale risovoy orositel'noy sistemy [Method for determining the agro-resource status of soils according to the ameliorative scale of the rice irrigation system] Patent for invention RU 2466522 C1, 20.11.2012. Application No. 2011112267/13 dated 03/30/2011.

2. Prihodko I. A. Sposob opredeleniya agrosurnogo sostoyaniya pochv po meliorativnoy shkale risovoy orositel'noy sistemy [Method for determining the agro-resource status of soils according to the reclamation scale of the rice irrigation system] Patent for invention 2729369 C1, 08/06/2020. Application No. 2019143539 dated 12/20/2019.

3. Chebotarev M.I., Prikhodko I.A. Sposob melioratsii pochvy v parovom pole risovogo sevooborota k posevu risa [Method of soil reclamation in the fallow field of rice crop rotation for sowing rice] Patent for invention RU 2471339 C1, 01/10/2013. Application No. 2011124233/13 dated 06/15/2011.

4. Safronova T., Vladimirov S., Prikhodko I., Sergeyev A. Optimization problem in mathematical modeling of technological processes of economic activity on rice irrigation systems. In the collection: E3S Web of Conferences. 8. Ser. «Innovative Technologies in Science and Education, ITSE 2020» 2020. P. 05014.

5. Vladimirov S.A., Prikhodko I.A. Opyt planirovaniya i realizatsii innovatsionnogo proyekta effektivnogo risovodstva [Experience in planning and implementing an innovative project for efficient rice farming] International Agricultural Journal. 2019. No. 6. S. 75-79.

6. Kuznetsov E.V., Chebotarev M.I., Prikhodko I.A. Otsenka effektivnosti sevooborotov na sushchestvuyushchikh i vosstanovlennykh risovykh polyakh dlya razrabotki sbalansirovannoy risovoy orositel'noy sistemy [Evaluation of the effectiveness of crop rotations in existing and restored rice fields to develop a balanced rice irrigation system] Proceedings of the Kuban State Agrarian University. 2011. No. 28. S. 149-152.

7. Prikhodko I.A. Upravleniye meliorativnym sostoyaniyem pochv dlya ekologicheskoy bezopasnosti risovoy orositel'noy sistemy [Management of the ameliorative state of soils for the ecological safety of the rice irrigation system] dissertation abstract for the degree of candidate of technical sciences. Kuban State Agrarian University. Krasnodar, 2008

8. Bandurin M.A. Modelirovaniye napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya orositel'nogo lotka-obolochki [Simulation of the stress-strain state of the irrigation flume-shell] Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University. 2006. No. 24. S. 76-81.

9. Volosukhin V.A., Bandurin M.A. Raschet i ekspluatatsionnyy monitoring lotkovykh kanalov orositel'nykh system [Calculation and operational monitoring of flume channels of irrigation systems] Rostov-on-Don, 2007.

10. Volosukhin V.A., Bandurin M.A. Neobkhodimost' mnogofaktornoy diagnostiki donskoy shlyuzovannoy sistemy v usloviyakh rosta defitsita vodnykh resursov i bezopasnosti sooruzheniy [The need for multifactorial diagnostics of the Don sluice system in the face of growing shortage of water resources and the safety of facilities] Bulletin of the State University of the Sea and River Fleet. Admiral S.O. Makarov. 2017. V. 9. No. 2. S. 346-354.

11. Volosukhin V.A., Bandurin M.A., Volosukhin Ya.V., Gorobchuk E.N., Voropaev V.I., Belogai S.G. Monitoring bezopasnosti gidrotekhnicheskikh sooruzheniy nizkonapornykh vodokhranilishch i obvodnitel'no-orositel'nykh system [Monitoring the safety of hydraulic structures of low-pressure reservoirs and watering and irrigation systems] Novochoerkassk, 2010.

12. Bandurin M.A., Volosukhin V.A., Kovshevatsky V.B., Bandurin V.A., Volosukhin Ya.V. Sposob i ustroystvo sozdaniya protivofil'tratsionnogo pokrytiya orositel'nykh kanalov [Method and device for creating an impervious coating of irrigation canals] Patent for invention RU 2408761 C2, 01/10/2011. Application No. 2009112150/21 dated 04/01/2009.

© Приходько И.А., Вербицкий А.Ю., Сергеев А.Э., 2021. *International agricultural journal*, 2022, № 1, 366-383.

**Для цитирования:** Приходько И.А., Вербицкий А.Ю., Сергеев А.Э. Анализ изменения климата на черноморском побережье России // *International agricultural journal*. 2022. № 1, 366-383.