

УДК 551.524.3

## ГЕОДЕЗИЯ И ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА МОНИТОРИНГ И АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ



## GEODESY AND CLIMATE CHANGE MONITORING AND ANALYSIS OF CHANGES IN THE EARTH'S SURFACE

**Захаров Артём Михайлович**

студент,  
Кубанский государственный технологический университет  
FucHhhh69@gmail.com

**Щенявская Людмила Андреевна**

студентка, лаборант-исследователь  
кафедры кадастра и геоинженерии,  
Кубанский государственный технологический университет

**Грибкова Ирина Сергеевна**

старший преподаватель  
кафедры кадастра и геоинженерии,  
Кубанский государственный технологический университет

**Фоменко Людмила Юрьевна**

студентка,  
Кубанский государственный технологический университет

**Сафонова Ульяна Николаевна**

студентка,  
Кубанский государственный технологический университет  
Safonova.ulyana20@mail.ru

**Аннотация.** Статья посвящена исследованию роли геодезии в мониторинге и анализе изменений земной поверхности, вызванных климатическими изменениями. Автор подробно рассматривает современные методы геодезического мониторинга, включая спутниковые технологии и системы лазерного сканирования, которые позволяют отслеживать деформации и динамику земной коры. В работе анализируются примеры успешного применения этих методов в различных регионах, что демонстрирует их эффективность в оценке воздействия климатических факторов. Особое внимание уделяется прогнозированию изменений, основанному на данных геодезического наблюдения, что позволяет предсказывать потенциальные угрозы и разрабатывать стратегии адаптации. Исследование подчеркивает важность интеграции геодезических данных в научные и практические задачи, связанные с изменением климата, предлагая рекомендации по улучшению методов мониторинга и аналитических подходов.

**Ключевые слова:** геодезия, климатические изменения, мониторинг, деформации земной поверхности, спутниковые технологии, лазерное сканирование, прогнозирование.

**Zakharov Artem Mikhailovich**

Student,  
Kuban State Technological University  
FucHhhh69@gmail.com

**Shchenyavskaya Lyudmila Andreevna**

Student,  
Lab Assistant-researcher of Department  
of Cadastral and Geoengineering,  
Kuban State Technological University

**Gribkova Irina Sergeevna**

Senior Lecturer of Department  
of Cadastre and Geoengineering,  
Kuban State Technological University

**Fomenko Lyudmila Yuryevna**

Student,  
Kuban State Technological University

**Safonova Ulyana Nikolaevna**

Student,  
Kuban State Technological University  
Safonova.ulyana20@mail.ru

**Annotation.** The article is devoted to the study of the role of geodesy in monitoring and analyzing changes in the earth's surface caused by climate change. The author examines in detail modern methods of geodetic monitoring, including satellite technologies and laser scanning systems that allow tracking deformations and dynamics of the earth's crust. The paper analyzes examples of the successful application of these methods in various regions, which demonstrates their effectiveness in assessing the impact of climatic factors. Particular attention is paid to forecasting changes based on geodetic observation data, which allows predicting potential threats and developing adaptation strategies. The study emphasizes the importance of integrating geodetic data into scientific and practical tasks related to climate change, offering recommendations for improving monitoring methods and analytical approaches.

**Keywords:** geodesy, climate change, monitoring, earth surface deformations, satellite technologies, laser scanning, forecasting.

**И**зменение климата – одна из наиболее значимых глобальных проблем современности, последствия которой касаются как экосистем, так и инфраструктуры на всей планете [1]. Динамика этих изменений требует тщательного анализа, а ключевую роль в данном процессе играет геодезия: именно она позволяет не

только фиксировать происходящие трансформации земной поверхности, но и прогнозировать их развитие [1]. Вопрос о том, как климатические сдвиги влияют на рельеф и пространственные структуры, становится центральным для понимания глобальных изменений.

Технологические достижения последнего десятилетия открыли новые горизонты для мониторинга изменений: спутниковые системы, дроновые технологии и геоинформационные системы (ГИС) обеспечивают возможность точного и своевременного сбора данных [1]. Однако сами по себе технологии не могут предложить ответы на вопросы об экологической и социальной устойчивости – для этого требуется междисциплинарный подход, который объединяет науку о климате и геодезию.

Цель данной статьи – исследовать, каким образом методы геодезического мониторинга могут быть использованы для анализа изменений земной поверхности под воздействием климатических факторов.

Основные аспекты изменения климата охватывают широкий спектр явлений, каждое из которых оказывает значительное влияние на земную поверхность. Повышение среднегодовых температур – один из наиболее очевидных индикаторов глобальных изменений, который влечёт за собой таяние ледников и повышение уровня Мирового океана [1, 2]. Эти процессы – не просто результат локальных изменений, а следствие сложной взаимосвязи между атмосферой, гидросферой и литосферой.

Изменение режима осадков – ещё один важный аспект, затрагивающий как экосистемы, так и инфраструктуру [1]. В некоторых регионах наблюдаются более продолжительные засухи, в то время как другие сталкиваются с нарастающей частотой экстремальных осадков, что приводит к эрозии почв, сдвигам пластов и увеличению риска оползней [1, 3]. Влияние подобных климатических аномалий на структуру земной поверхности трудно недооценить: они приводят к существенным изменениям в ландшафте, которые геодезия может фиксировать и анализировать [4]. Таяние вечной мерзлоты, происходящее в северных регионах, – это не только экологическая проблема, но и вызов для инфраструктурных объектов, построенных на таких территориях [1]. Нарушение стабильности почв под воздействием климатических изменений несёт в себе угрозу как для зданий и сооружений, так и для естественных экосистем.

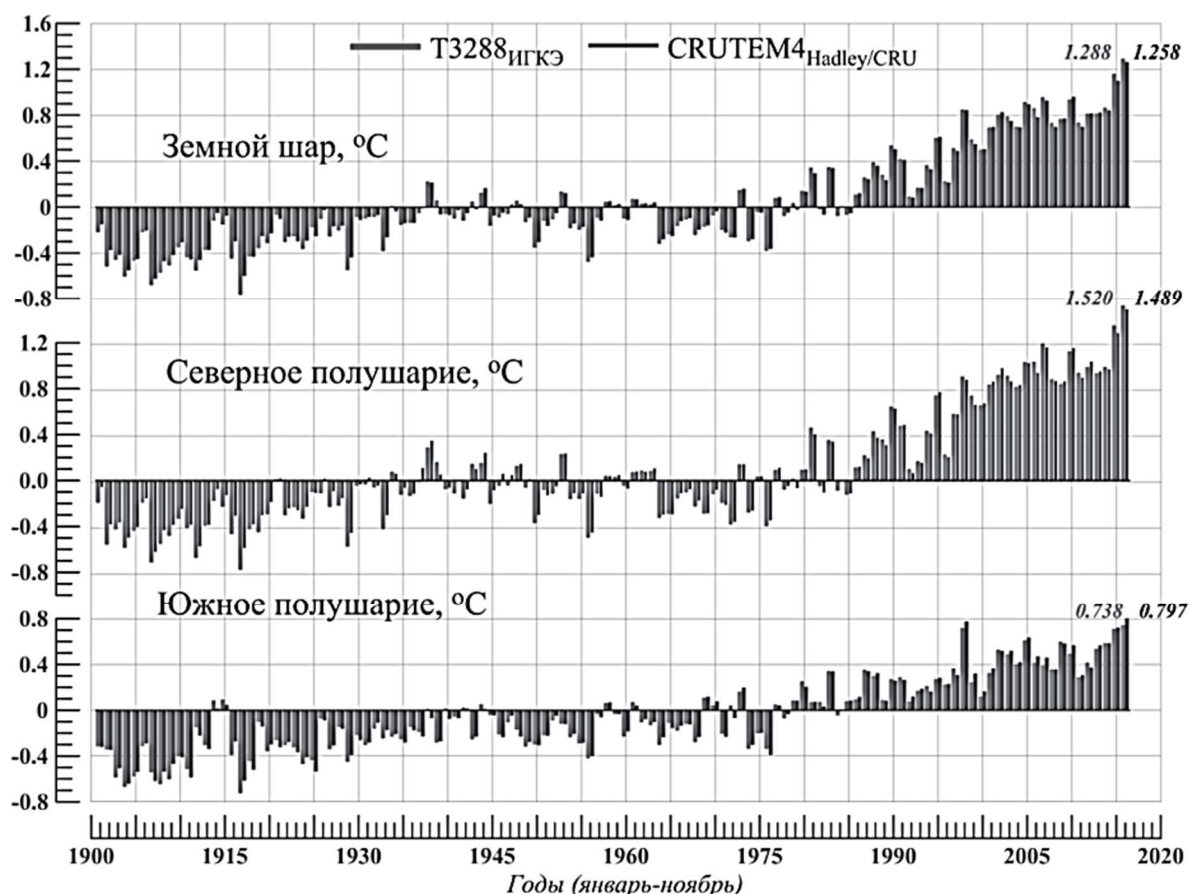
Методы геодезического мониторинга включают разнообразные технологии, каждая из которых предназначена для решения специфических задач, связанных с изменением земной поверхности [2]. Один из ключевых инструментов – спутниковая геодезия, которая позволяет отслеживать малейшие колебания рельефа на огромных территориях с высокой точностью [1]. Такие технологии, как GPS и ГНСС, обеспечивают постоянный контроль за движением тектонических плит и другими изменениями, связанными с климатическими процессами [1].

Лазерное сканирование – ещё один важный метод, используемый для создания детализированных цифровых моделей местности. Лидарные системы позволяют собирать данные о высоте, плотности и структуре поверхности с исключительной точностью, что особенно полезно при мониторинге изменений в зонах вечной мерзлоты или таяния ледников [4].

Воздушная и космическая фотограмметрия – методы, которые дают возможность отслеживать изменения на больших участках поверхности в короткие сроки [1, 5]. Используя снимки, полученные с беспилотных летательных аппаратов или спутников, исследователи могут проводить регулярный мониторинг и анализировать данные в динамике, что важно для выявления долгосрочных трендов изменения климата и их влияния на конкретные географические регионы.

Тектонические сдвиги, эрозия почвы и колебания уровня моря – все эти явления могут быть зафиксированы с помощью современных геодезических технологий, однако их взаимосвязь с изменениями климата требует более глубокого анализа [1]. Геодезический мониторинг позволяет не только фиксировать статические изменения, но и отслеживать их динамику во времени. Используя данные, полученные с помощью спутников, лидарных сканеров или дронов, можно строить модели, которые дают возможность более точно оценивать, как конкретные изменения рельефа соотносятся с гло-

бальными процессами – например, с увеличением количества осадков или повышением температуры [1]. Такой подход особенно важен в регионах, где климатические изменения наиболее выражены, таких как Арктика или прибрежные зоны, подверженные риску затопления [5]. Спутниковые снимки, данные сейсмографов, результаты лазерного сканирования должны быть сопоставлены для построения точных и репрезентативных моделей [4].



**Рисунок 1** – Сравнение временных рядов пространственно усреднённых среднемесячных аномалий температуры приземного воздуха (1901–2016 гг.) для суши Земли и обоих полушарий, основываясь на данных T3288 и CRUTEM4. Аномалии были предварительно усреднены за первые 11 месяцев каждого года

Примеры успешного применения геодезических методов в анализе климатических изменений можно найти в различных регионах мира – от прибрежных зон до высокогорных районов.

Одним из ярких примеров является проект по мониторингу таяния ледников в Гренландии: с помощью спутниковой геодезии удалось не только определить темпы снижения ледникового покрова, но и связать эти изменения с глобальным потеплением, что позволило спрогнозировать потенциальные последствия для уровня мирового океана [1].

Ещё одним успешным проектом можно назвать мониторинг деформации почвы в Нидерландах – стране, значительная часть территории которой расположена ниже уровня моря. Здесь с помощью технологии InSAR (интерферометрии синтетической апертуры) специалисты отслеживают оседание земельных участков, вызванное как природными факторами, так и деятельностью человека [1]. Эти данные помогают своевременно принимать меры для защиты от наводнений, что особенно важно в условиях усиления штормовой активности вследствие изменения климата.

В Японии геодезические методы используются для мониторинга сейсмической активности и ее взаимосвязи с изменениями климата. Проект по наблюдению за дви-

жением земной коры в районе Токио, который реализуется с использованием сетей GPS-станций, позволяет фиксировать даже минимальные изменения в положении тектонических плит, что помогает оценить вероятность землетрясений и их влияние на уязвимую инфраструктуру мегаполиса [1].

Роль геодезии в прогнозировании изменений, связанных с климатическими процессами, является ключевой: точные пространственные данные позволяют не только фиксировать текущее состояние земной поверхности, но и строить модели возможных сценариев развития событий [1]. Например, использование геодезических методов в прогнозировании подъёма уровня моря, вызванного таянием полярных ледников, уже позволяет моделировать возможные сценарии затопления прибрежных территорий, что критически важно для разработки стратегий адаптации [2, 5].

Таким образом, геодезия играет незаменимую роль в изучении изменений земной поверхности под влиянием климатических процессов: её методы позволяют не только фиксировать текущее состояние, но и прогнозировать возможные сценарии будущих изменений. Точные данные, получаемые с использованием новейших технологий, служат основой для разработки моделей и стратегий адаптации к вызовам глобального потепления и связанных с ним явлений.

### Литература

1. Сукманюк А.С. Сканирующие технологии. Трёхмерное лазерное сканирование / А.С. Сукманюк, З.А. Малый, Д.А. Дражецкий // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2021. – № 4. – С. 183–187.
2. Дистанционные методы проведения мониторинга земель / И.В. Будагов, Э.В. Кравченко, Д.И. Борисова, П.П. Москвина // В сборнике: Актуальные проблемы природопользования и природообустройства. Сборник статей II Международной научно-практической конференции. – 2019. – С. 65–68.
3. Подколзин О.А. Современные проблемы мониторинга земель и пути их решения (на примере Краснодарского края) / О.А. Подколзин, А.Ю. Перов, М.В. Сидоренко // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 5: Экономика. – 2018. – № 3(225). – С. 144–148.
4. Рудик Е.А. Проведение топографической съемки с применением спутниковых систем и электронных тахеометров / Е.А. Рудик, Д.А. Гура // В сборнике: Науки о земле на современном этапе. Материалы IV Международной научно-практической конференции. – 2012. – С. 118–120.
5. Software data processing laser scanning technique / D.A. Gura, I.G. Markovskii, M.V. Kuzyakina, M.V. Bykova // In the collection: Industry Competitiveness: Digitalization, Management, and Integration. Vol. 2. Series «Lecture Notes in Networks and Systems, 280». – Luxembourg, 2021. – P. 572–580.

### References

1. Sukmanyuk A.S. Scanning technologies. Three-dimensional laser scanning / A.S. Sukmanyuk, Z.A. Maly, D.A. Drazhetsky // Science. Technology. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2021. – № 4. – P. 183–187.
2. Remote methods for land monitoring / I.V. Budagov, E.V. Kravchenko, D.I. Borisova, P.P. Moskvina // In the collection: Actual problems of nature management and nature management. Collection of articles of the II International Scientific and Practical Conference. – 2019. – P. 65–68.
3. Podkolzin O.A. Modern problems of land monitoring and ways of their solution (on the example of Krasnodar Krai) / O.A. Podkolzin, A.Yu. Perov, M.V. Sidorenko // Bulletin of Adyghe State University. Series 5: Economy. – 2018. – № 3(225). – P. 144–148.
4. Rudik E.A. Conducting topographic survey using satellite systems and electronic tacheometers / E.A. Rudik, D.A. Gura // In the collection: Earth Sciences at the present stage. Proceedings of the IV International Scientific and Practical Conference. – 2012. – P. 118–120.
5. Software data processing laser scanning technique / D.A. Gura, I.G. Markovskii, M.V. Kuzyakina, M.V. Bykova // In the collection: Industry Competitiveness: Digitalization, Management, and Integration. Vol. 2. Series «Lecture Notes in Networks and Systems, 280». – Luxembourg, 2021. – P. 572–580.