

УДК 624.131

**МОНИТОРИНГ УСАДКИ ГРУНТА**  
◆◆◆◆  
**MONITORING OF SOIL SHRINKAGE**

**Ширалиева Софья Владимировна**

студентка,  
Кубанский государственный технологический университет  
Sonya08.11sh@gmail.com

**Шалая Алина Алексеевна**

студентка,  
лаборант-исследователь,  
Кубанский государственный технологический университет  
Alinashalaya310303@mail.ru

**Романова Татьяна Андреевна**

старший преподаватель,  
Кубанский государственный технологический университет  
Romanovata23@yandex.ru

**Фоменко Людмила Юрьевна**

студентка,  
Кубанский государственный технологический университет

**Захарова Екатерина Сергеевна**

студентка,  
Кубанский государственный технологический университет  
zaharovak130@gmail.com

**Аннотация.** Мониторинг усадки грунта является важной задачей в различных областях, от строительства до нефтегазовой промышленности. От его точности и своевременности зависит безопасность людей, сохранность зданий и сооружений, а также эффективность работы промышленных объектов. В данной статье рассматриваются различные методы мониторинга усадки грунта, а также их преимущества и недостатки. Описывается применение этих методов на практике. В работе представлены геодезические, геофизические, дистанционные и визуальные методы мониторинга усадки грунта. Описаны их преимущества и недостатки, а также применение на практике. Результаты исследования могут быть использованы для разработки новых методов мониторинга усадки грунта, а также для повышения эффективности существующих методов.

**Ключевые слова:** мониторинг, усадка, грунт, геодезические методы, геофизические методы, дистанционные методы, визуальные методы.

**Shiralieva Sofya Vladimirovna**

Student,  
Kuban State Technological University  
Sonya08.11sh@gmail.com

**Shalaya Alina Alekseevna**

Student,  
Laboratory Researcher  
Kuban State Technological University  
Alinashalaya310303@mail.ru

**Romanova Tatyana Andreevna**

Senior Lecturer,  
Kuban State Technological University  
Romanovata23@yandex.ru

**Fomenko Lyudmila Yurievna**

Student,  
Kuban State Technological University

**Zakharova Ekaterina Sergeevna**

Student,  
Kuban State Technological University  
zaharovak130@gmail.com

**Annotation.** Monitoring soil shrinkage is an important task in various fields, from construction to the oil and gas industry. The safety of people, the safety of buildings and structures, as well as the efficiency of industrial facilities depend on its accuracy and timeliness. This article discusses various methods of monitoring soil shrinkage, as well as their advantages and disadvantages. The application of these methods in practice is described. The work presents geodetic, geophysical, remote and visual methods for monitoring soil shrinkage. Their advantages and disadvantages are described, as well as their practical application. The results of the study can be used to develop new methods for monitoring soil shrinkage, as well as to improve the effectiveness of existing methods.

**Keywords:** monitoring, shrinkage, soil, geodetic methods, geophysical methods, remote methods, visual methods.

**М**ониторинг усадки грунта является важной задачей в различных областях, включая строительство, горное дело, нефтегазовую промышленность и т.д. От точности и своевременности мониторинга усадки грунта зависит безопасность людей, сохранность зданий и сооружений, а также эффективность работы промышленных объектов.

Целью данного исследования является изучение различных методов мониторинга усадки грунта, их преимуществ и недостатков, а также их применения на практике.

Геодезические методы являются наиболее традиционными и распространенными методами мониторинга усадки грунта.

Нивелирование – это метод определения разности высот точек земной поверхности. Для проведения нивелирования используются нивелиры и рейки. Нивелиры бывают оптическими, цифровыми и лазерными. Оптические нивелиры являются наиболее простыми и доступными, но при этом менее точными, чем цифровые и лазерные нивелиры. Цифровые нивелиры позволяют автоматически записывать результаты измерений, что повышает их точность и производительность. Лазерные нивелиры являются наиболее точными и простыми в использовании.

Глубинные геодезические марки закладываются в грунт на разных глубинах и периодически измеряются. Измерение положения марок осуществляется с помощью нивелиров или лазерных сканеров. Глубинные геодезические марки позволяют получить информацию об осадке грунта на разных глубинах.

Сканирование поверхности для мониторинга усадки грунта осуществляется с помощью лазерных сканеров или фотограмметрических методов [1–6]. Лазерные сканеры позволяют получить трехмерную модель поверхности, по которой можно определить изменения рельефа с течением времени. Фотограмметрические методы основаны на использовании фотографий, сделанных с разных точек.

Преимущества геодезических методов:

- геодезические методы позволяют получить высокоточные данные об осадке грунта;
- многие геодезические методы просты в использовании и не требуют специальных знаний и навыков;
- оборудование для геодезических методов доступно по цене.

Недостатки геодезических методов:

- проведение геодезических измерений может быть трудоемким и занимать много времени;
- геодезические методы не позволяют получить информацию о структуре грунта на глубине.

Геодезические методы используются для мониторинга усадки грунта на различных объектах, включая: здания и сооружения, автомобильные дороги, железные дороги, плотины, трубопроводы, свалки, карьеры [7, 8].

Геофизические методы мониторинга усадки грунта основаны на изучении физических полей Земли, таких как гравитационное, магнитное, электрическое и электромагнитное.

Сенсоры давления закладываются в грунт на разных глубинах и измеряют давление грунта на них. Изменение давления грунта на сенсоры может быть вызвано осадкой грунта.

Инклинометры используются для измерения наклона грунта. Наклон грунта может быть индикатором осадка грунта.

Георадары излучают электромагнитные волны в грунт и регистрируют их отражение. По отраженным волнам можно судить о структуре грунта и его осадке [9–12]. Геофизические методы используются для мониторинга усадки грунта на различных объектах, включая: плотины, свалки, карьеры, нефтяные и газовые месторождения, археологические памятники

Преимущества геофизических методов:

- не требуют времени и трудоемки: Геофизические методы позволяют получить информацию об осадке грунта без проведения полевых работ;
- позволяют изучить структуру грунта на глубине: Геофизические методы позволяют получить информацию о структуре грунта на глубине, недоступной для геодезических методов.

Также существуют и дополнительные методы – дистанционные методы мониторинга усадки грунта. Они основаны на использовании спутниковых снимков или аэрофотосъемки [2, 13–15].

С помощью дистанционных методов можно:

- измерять изменения рельефа местности;

- определять деформации зданий и сооружений;
- выявлять зоны осадка грунта.

Визуальные методы мониторинга усадки грунта основаны на наблюдении за деформациями зданий и сооружений.

Визуальные методы могут включать:

- периодический осмотр зданий и сооружений;
- фиксирование деформаций с помощью фото- и видеосъемки;
- использование специальных приборов для измерения деформаций.

Дистанционные и визуальные методы мониторинга усадки грунта часто используются в качестве вспомогательных методов наряду с геодезическими и геофизическими методами.

Таким образом, Мониторинг усадки грунта является важной задачей в различных областях, включая строительство, горное дело, нефтегазовую промышленность и т.д. От точности и своевременности мониторинга усадки грунта зависит безопасность людей, сохранность зданий и сооружений, а также эффективность работы промышленных объектов. Геодезические методы являются наиболее традиционными и распространенными методами мониторинга усадки грунта. Эти методы позволяют получить высокоточные данные об осадке грунта, но при этом требуют времени и трудоемки. Геофизические методы не требуют времени и трудоемки, а также позволяют изучить структуру грунта на глубине. Однако эти методы менее точные, чем геодезические методы, и требуют специального оборудования.

Дистанционные методы позволяют охватить большие территории за короткий промежуток времени и не требуют проведения полевых работ. Однако эти методы менее точные, чем геодезические и геофизические методы, и зависят от погодных условий.

Визуальные методы просты и не требуют специального оборудования, но при этом субъективны и менее точны, чем другие методы мониторинга усадки грунта. Выбор метода мониторинга усадки грунта зависит от целей исследования, типа грунта, условий строительства и эксплуатации объекта.

## Литература

1. Гура Д.А. Экологический мониторинг деформации сооружений с использованием наземного лазерного сканирования / Д.А. Гура, Г.Г. Шевченко // В сборнике: Строительство – 2010. Материалы Международной научно- практической конференции. Дорожно-транспортный институт. – 2010. – С. 152–153.
2. Экономические аспекты методов возведения фундаментов в вечномёрзлых грунтах. Сравнительный анализ / Д.В. Гулякин, А.Ю. Горбачев, Д.К. Пиронко, Д.Д. Гринев // Russian Economic Bulletin. – 2023. – Т. 6. – № 2. – С. 82–85.
3. Алгоритм определения координат при мониторинге сооружений с использованием поискового метода управления / Ч.Н. Желтко [и др.] // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2013. – № 3. – С. 60–64.
4. 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.
5. Развитие управления, моделей и методов строительства / Н.А. Шипилова, Г.В. Михеев, А.А. Савенко [и др.] // Экономика и предпринимательство. – 2024. – № 4(165). – С. 555–558.
6. Авторское свидетельство № 1290160 А1 СССР, МПК G01N 33/24. Способ определения характеристик усадки грунта и установка для его осуществления: № 3859574: заявл. 07.12.1984: опубл. 15.02.1987 / В.И. Стешенко; заявитель Нижневолжский трест инженерно-строительных изысканий.
7. Кузнецова В.Н. Анализ результатов сжимаемости мерзлых грунтов / В.Н. Кузнецова // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2016. – № 7. – С. 90–93.
8. Мониторинг гумусного состояния почв / А.Я. Ачканов, П.П. Васюков, В.П. Василько, Л.П. Леплявченко, А.М. Середин, З.С. Марченко, В.И. Терпелец, А.П. Пинчук [и др.] // В книге: Агроэкологический мониторинг в земледелии Краснодарского края (выпуск второй). – Краснодар, 2002. – С. 23–30.

9. О стоимости работ по выполнению геодезического мониторинга в г. Краснодаре и Краснодарском крае / Г.Г. Шевченко, Д.А. Гура, Т.А. Гура, М.Д. Мавропуло // Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ». – 2017. – № 1. – С. 54–64.
10. К вопросу о применении нейросетевого алгоритма для мониторинга состояния городской среды / Р.А. Дьяченко, Д.А. Гура, Д.А. Беспячук, С.В. Самарин, Д.А. Дражецкий // Экологические системы и приборы. – 2023. – № 8. – С. 42–50.
11. База данных «Трехмерные координаты марок многоэтажного жилого здания для определения смещений и осадок» / Г.Г. Шевченко, Д.А. Гура, А.Ю. Гура, Н.В. Чернова // Свидетельство о регистрации базы данных RU 2018621135, 24.07.2018. Заявка № 2018620403 от 06.04.2018.
12. Липилин Д.А. Оценка качества городской среды с применением геоинформационных систем на примере микрорайонов города Краснодара / Д.А. Липилин, Д.Д. Евтушенко // Геология и геофизика Юга России. – 2022. – Т. 12. – № 3. – С. 195–210.
13. Monitoring infrastructure facilities of territories in agricultural sector / D.A. Gura, Yu.V. Dubenko, I. Markovskiy, S. Pshidatok // В сборнике: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 12th International Scientific Conference on Agricultural Machinery Industry, INTERAGROMASH 2019. – 2019. – С. 012185.
14. Сдвиги и осадки зданий и сооружений: причины и последствия / А.С. Сукманюк, А.П. Пинчук, И.Л. Суббота, А.А. Вороной // Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ». – 2016. – № 6. – С. 170–186.
15. Актуальные проблемы нормативного регулирования назначения класса нивелирования при проведении геотехнического мониторинга / А.В. Пивень, Д.Е. Погоржальский, А.Г. Матюхин, А.В. Загуменникова, Е.В. Зенков, А.А. Коломыцев, А.В. Шевцов // Нефть. Газ. Новации. – 2023. – № 6(271). – С. 37–40.

### References

1. Gura D.A. Environmental monitoring of structure deformation using terrestrial laser scanning / D.A. Gura, G.G. Shevchenko // In the collection: Construction – 2010. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference. Road Transport Institute. – 2010. – P. 152–153.
2. Economic aspects of foundation construction methods in permafrost soils. Comparative analysis / D.V. Gulyakin, A.Yu. Gorbachev, D.K. Pironko, D.D. Grinev // Russian Economic Bulletin. – 2023. – Vol. 6. – № 2. – P. 82–85.
3. Algorithm for determining coordinates when monitoring structures using the search control method / Ch.N. Zheltko, G.G. Shevchenko, D.A. Gura, A.A. Kuznetsova // Science. Technology. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2013. – № 3. – P. 60–64.
4. Remote methods for monitoring lands / 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.
5. Development of management, models and methods of construction / N.A. Shipilova, G.V. Mikheev, A.A. Savenko [et al.] // Economy and entrepreneurship. – 2024. – № 4(165). – P. 555–558.
6. Author's certificate № 1290160 A1 USSR, IPC G01N 33/24. Method for determining the characteristics of soil shrinkage and installation for its implementation: № 3859574: declared. 07.12.1984: published. 15.02.1987 / V.I. Steshenko; applicant Lower Volga Trust of Engineering and Construction Surveys.
7. Kuznetsova V.N. Analysis of the results of compressibility of frozen soils / V.N. Kuznetsova // Bulletin of the Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. – 2016. – № 7. – P. 90–93.
8. Monitoring the humus state of soils / A.Ya. Achkanov, P.P. Vasyukov, V.P. Vasilko, L.P. Leplyavchenko, A.M. Seredin, Z.S. Marchenko, V.I. Terpelets, A.P. Pinchuk [et al.] // In the book: Agroecological monitoring in agriculture of the Krasnodar Territory (second issue). – Krasnodar, 2002. – P. 23–30.
9. On the cost of works on geodetic monitoring in Krasnodar and Krasnodar Krai / G.G. Shevchenko, D.A. Gura, T.A. Gura, M.D. Mavropulo // Electronic online polythematic journal «Scientific Works of KubSTU». – 2017. – № 1. – P. 54–64.
10. On the issue of using a neural network algorithm for monitoring the state of the urban environment / R.A. Dyachenko, D.A. Gura, D.A. Bespyatchuk, S.V. Samarina, D.A. Drazhetsky // Ecological systems and devices. – 2023. – № 8. – P. 42–50.
11. Database «Three-dimensional coordinates of multi-story residential building marks for determining displacements and settlements» / G.G. Shevchenko, D.A. Gura, A.Yu. Gura, N.V. Chernova // Certificate of database registration RU 2018621135, July 24, 2018. Application № 2018620403 dated April 06, 2018.

12. Lipilin D.A. Assessment of the quality of the urban environment using geographic information systems on the example of microdistricts of the city of Krasnodar / D.A. Lipilin, D.D. Evtushenko // *Geology and Geophysics of the South of Russia*. – 2022. – Vol. 12. – № 3. – P. 195–210.
13. Monitoring infrastructure facilities of territories in agricultural sector / D.A. Gura, Yu.V. Dubenko, I. Markovskiy, S. Pshidatok // In the collection: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 12th International Scientific Conference on Agricultural Machinery Industry, INTERAGRO-MASH 2019. – 2019. – P. 012185.
14. Shifts and settlements of buildings and structures: causes and consequences / A.S. Sukmanyuk, A.P. Pinchuk, I.L. Subbota, A.A. Voronoy // *Electronic online polythematic journal «Scientific Works of KubSTU»*. – 2016. – № 6. – P. 170–186.
15. Actual problems of regulatory control over the assignment of the leveling class during geotechnical monitoring / A.V. Piven, D.E. Pogorzhalsky, A.G. Matyukhin, A.V. Zagumennikova, E.V. Zenkov, A.A. Kolomytsev, A.V. Shevtsov // *Oil. Gas. Innovations*. – 2023. – № 6(271). – P. 37–40.