



Научная статья

УДК 551.515.9

<https://doi.org/10.37493/2308-4758.2025.3.6>

ДИСТАНЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УЩЕРБА ОТ ГРАДА НА ТЕРРИТОРИИ ЮГА РОССИИ

Кайсын Борисович Лиев¹,
Станислав Александрович Куцев²,
Ахмат Хисаевич Гергоков^{3*}

^{1,2,3} Высокогорный геофизический институт (д. 2, пр. Ленина, Нальчик, 360030, Российская Федерация)

¹ buffy_li@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-6940-9977>

² stasuk6@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-3380-4959>

³ ahmat-0007@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-1964-2199>

* Автор, ответственный за переписку

Аннотация.

Сельское хозяйство в России сталкивается с различными климатическими катаклизмами (засухи, наводнения, заморозки, град), одним из наиболее разрушительных является град. Градобитие может нанести серьезный ущерб сельскохозяйственным культурам, что в свою очередь негативно сказывается на экономике. В связи с этим, военизированные службы по активному воздействию на метеорологические и другие геофизические процессы активно работают над защитой сельскохозяйственных угодий от этого природного явления. Бывают случаи, когда предотвратить выпадения града не представляется возможным из-за объективных причин и тогда необходимо оценить, какой ущерб нанесен сельскохозяйственным культурам. В статье представлена дистанционная комбинированная методика оценки ущерба сельскохозяйственным культурам от града на территории Краснодарского края с использованием нормализованного относительного индекса растительности (NDVI) [1]. Для анализа были использованы спутниковые снимки сельскохозяйственных посевов, расположенных на территории Краснодарского края, полученные до выпадения града, и данные мультиспектральной съёмки, выполненной с помощью беспилотного воздушного судна (БАС) Geoscan Gemini, после того как град нанес ущерб сельскохозяйственным

культурам. Сравнительный анализ значений NDVI до и после града позволил количественно оценить степень повреждения посевов. Методика была апробирована на культурах – пшенице, ячмене и сахарной свёкле – после градобития 12 июня 2025 года. Установлено, что снижение NDVI более чем на 30 % в большинстве случаев соответствует полной гибели урожая. Разработанный подход может быть использован для оперативной оценки ущерба сельскому хозяйству, агрометеорологического мониторинга и принятия решений в области страхования сельского хозяйства и управления посевами.

Ключевые слова: град, NDVI, мониторинг посевов, БАС, Geoscan Gemini, дистанционное зондирование, точное земледелие, мультиспектральная съёмка, Краснодарский край

Для цитирования: Лиев К.Б., Куцев С.А., Гергоков А.Х., Дистанционные методы определения ущерба от града на территории Юга России // Наука. Инновации. Технологии. 2025. № 3. С.149-164. <https://doi.org/10.37493/2308-4758.2025.3.6>

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 03.06.2025;
одобрена после рецензирования 10.09.2025;
принята к публикации 22.09.2025.

**1.6.18. Atmospheric and climate sciences
(Physical and Mathematical Sciences)**
Research article

**Remote sensing methods for hail damage
assessment in the South of Russia**

**Kaisyn B. Liev¹,
Stanislav A. Kushev²,
Akhmat H. Gergokov³ ***

^{1,2,3} Highland Geophysical Institute (2, Lenin Avenue, Nalchik, Kabardino-Balkarian Republic, 360030, Russian Federation)

- ¹ buffy_li@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-6940-9977>
² stasuk6@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-3380-4959>
³ ahmat-0007@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-1964-2199>
* Corresponding author

Abstract. Agriculture in Russia is facing various climatic cataclysms (droughts, floods, frosts, and hailstorms), with hailstorms being one of the most destructive. Hailstorms can cause significant damage to crops, which can have a negative impact on the economy. As a result, military-style services are actively working to protect agricultural land from this natural phenomenon. There are cases when it is not possible to prevent hailstorms, due to objective reasons, and then it is necessary to assess the damage caused to crops. The article presents a combined remote sensing method for assessment of hail damage to crops in the Krasnodar Krai using the normalized difference vegetation index (NDVI) [1]. Satellite images of agricultural crops located in the Krasnodar Krai, taken before the hailstorm, and multispectral images taken by the Geoscan Gemini UAV after the hailstorm caused damage to the crops were used for the analysis. A comparative analysis of the NDVI values before and after the hailstorm allowed for quantitative assessment of the damage to the crops. The methodology was tested on wheat, barley, and sugar beet crops after the hailstorm on June 12, 2025. It has been established that a decrease in NDVI by more than 30% in most cases corresponds to a complete loss of the crop. The developed approach can be used for prompt assessment of agricultural damage, agrometeorological monitoring and decision-making in the field of agricultural insurance and crop management.

Keywords: hail damage, NDVI, crop monitoring, UAV, Geoscan Gemini, remote sensing, precision agriculture, multispectral imaging, Krasnodar region

For citation: Liev KB, Kushev SA, Gergokov AH. Remote sensing methods for hail damage assessment in the south of Russia. *Science. Innovations. Technologies.* 2025;(3):149-164. (In Russ.). <https://doi.org/10.37493/2308-4758.2025.3.6>

Conflict of interest: the authors declare no conflicts of interests.

The article was submitted 03.06.2025;
approved after reviewing 10.09.2025;
accepted for publication 22.09.2025.

Введение

Ежегодно сельское хозяйство Краснодарского края сталкивается с различными климатическими катаклизмами, одним из которых является град. Градобитие может нанести серьезный ущерб сельскохозяйственным культурам, что в свою очередь негативно сказывается на экономике. В связи с этим, военизированные службы по активному воздействию на метеорологические и другие геофизические процессы активно работают над защитой сельскохозяйственных угодий от этого природного явления.

По данным из различных источников, в год страховые выплаты за утрату сельхоз культур из-за града составляют 1012 млн. рублей. Компенсации выплачиваются по договорам с господдержкой в четырех регионах Южного и Северо-Кавказского федеральных округов. Ущерб от градобития фиксируется с апреля по сентябрь, страдают посевы всех сельскохозяйственных культур [2].

Наибольшие выплаты по риску от града выплачиваются сельхозпроизводителям Краснодарского края так, как самые интенсивные градовые процессы в Российской Федерации происходят именно в данном регионе [3]. В Ставропольском крае, Кабардино-Балкарии и Карачаево-Черкесии также происходят выплаты сельхозпроизводителям, но в меньшей степени [4].

Встаёт вопрос об определении ущерба, причиненного от града той или иной сельскохозяйственной культуре. Существуют руководящие документы о порядке определения ущерба сельскохозяйственных культур, но данный документ регламентирует наземные исследования и подсчёт побитых растений на квадратный метр и в дальнейшем распределяется на всё поле, подвергшееся градобитию [5]. Но мы знаем, что град выпадает не равномерно [6], часто полосами или пятнами, в некоторых местах одного и того же поля возможна различная концентрация градин и тем самым различная кинетическая энергия, от которой напрямую и зависит ущерб. В современных реалиях нам на помощь приходят новые технологии: спутники и беспилотные авиационные системы (БАС).

Целью данной работы является определение возможности обследования полей после градобития [7] комбинированным дистанционным методом с использованием спутников и БАС.

Материалы и методы исследований

При поиске и анализе существующего программного обеспечения с использованием спутников, мы пришли к выводу, что самым оптимальным является приложение OneSoil [8, 9]. Это платформа, которая помогает эффективно управлять полями. Платформа объединяет мобильное приложение, веб-приложение и инструменты для точного земледелия, доступ к которым можно получить по подписке. Вместе они помогают отслеживать изменения на полях, планировать сельскохозяйственные работы, повышать урожайность поля и экономить ресурсы. Данное программное обеспечение многофункционально, но нас заинтересовало то, что в нём возможно определять индекс NDVI [10, 11]. Данная программа использует спутниковое обеспечение за контролем полей.

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) – нормализованный относительный индекс растительности, позволяющий оценивать развитие биомассы растений во время вегетации [12, 13]. Это числовой показатель качества и количества растительности на участке поля. Он рассчитывается по спутниковым снимкам и зависит от того, как растения отражают и поглощают световые волны разной длины:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED},$$

где NIR – отражение в ближней инфракрасной области спектра;
RED – отражение в красной области спектра.

Согласно этой формуле, плотность растительности (NDVI) в определенной точке изображения равна разнице интенсивностей отраженного света в красном и инфракрасном диапазоне, деленной на сумму их интенсивностей.

Перечислим некоторые задачи, которые решает NDVI в сельском хозяйстве:

- выявление проблем на полях, а именно, NDVI позволяет обнаруживать болезни, вредителей, грибки,

- засуху и принимать меры до значительного ухудшения состояния посевов;
- прогноз урожайности;
- оценка засоренности полей.

Нами предлагается дополнить данные задачи, ещё и анализом сельскохозяйственных полей после градобития. Если растение подверглось градобитию и естественно его биомасса уменьшилась, а также произошло засыхание, что влияет на его влагосодержание и тем самым изменится индекс NDVI в меньшую сторону, и чем меньше упадёт значение индекса, тем больше пострадало растение [14].

Но есть и проблемы в спутниковом способе определения индекса, так как спутник не всегда находится в одной и той же точке, и снимки интересующей нас местности с него приходят раз в пять дней, а если в данный период была облачная погода, то и снимков естественно мы не увидим. Для этого нами и предлагается использовать комбинированный метод определения индекса NDVI с помощью БАС.

В рамках госзаказа нашим институтом было приобретено БАС Gemini с мультиспектральной камерой, которая позволяет рассчитывать индекс NDVI (рис. 1).

Данный комплекс оснащен мультиспектральной камерой разработки Geoscan Pollux, которая снимает сразу в пяти диапазонах: видимых (R, G, B), дальнем красном и ближнем ИК, что позволяет создавать индексные карты вегетации (SAVI, NDVI, NDRE, LAI и др.) по материалам одного полета [15]. Материалы съемки могут быть также использованы для построения цифровых моделей местности, композитных растровых изображений и псевдоцветных комбинаций, позволяющих достичь цветового разделения культурных растений и сорняков. Данные, полученные после полета, были обработаны с помощью ПО Agisoft Metashape Professional – это программное обеспечение, максимально раскрывающее возможности фотограмметрии.



Рис. 1.

БАС Gemini.

Fig. 1. UAS Gemini.

Источник: составлено авторами.

Source: compiled by the authors.

Результаты исследований и их обсуждение

Так как Высокогорный Геофизический институт является научно-методическим руководителем противоградовых работ, то нами анализируются причины крупного градобития на защищаемой территории. В рамках анализа градобития 12 июня 2025 года на защищаемой территории Краснодарской военизированной службы нами был протестирован БАС и спутниковое приложение OneSoil. Для комбинированного метода определения ущерба были выбраны три культуры, подвергшиеся градобитию, это – пшеница, ячмень и свёкла. Был произведен выезд на поля, побитые градом, собран фотоматериал и посчитан процент поврежденных растений (рис. 2). После произведенного обхода определены границы побитого поля и с помощью программы для управления беспилотником Geoscan planner построены полетные задания и произведена съемка с БПЛА.

Для начала нами были найдены ближайшие снимки полей со спутника до градобития, чтобы оценить индекс NDVI до ущерба и так же нами был определён индекс с помощью данных БПЛА после ущерба. На рисунке 3 показаны снимки со спутника 10 июня 2025 года в цветах NDVI индекса. Средние значения индекса до градобития 10 июня 2025 года составили для пшеницы 0,81, для ячменя 0,8 и для свёклы 0,64.

С помощью беспилотного воздушного судна нами были измерены средние индексы NDVI для тех же полей после градобития 19 июня 2025 года (рис. 4).

Средние значения индекса после градобития 19 июня 2025 года составили для пшеницы 0,6, для ячменя 0,38 и для свёклы 0,51. С помощью спутниковых снимков мы проанализировали, что в дальнейшем после 19 июня падения индекса не наблюдалось. Тем самым падение индекса составило для пшеницы 26%, для ячменя 52,5% и для свёклы 20,3%. По наземным измерениям поле пшеницы пострадало на 80%, ячменя на 100% и свёкла пострадала на 30% (табл. 1). Ввиду того, что пшеница и ячмень не восстановятся, так как они были на стадии вызревания, ущерб по данным наземных измерений показывает полное уничтожение посева. Ущерб свёклы достаточно сильный, но она восстановится и даст урожай, хотя урожайность снизится.



Рис. 2.

Побитые сельскохозяйственные культуры пшеница, ячмень, свёкла (слева направо) 12.06.25.

Fig. 2 Broken crops include wheat, barley, and beets (from left to right) 12.06.25.

Источник: составлено авторами.

Source: compiled by the authors.

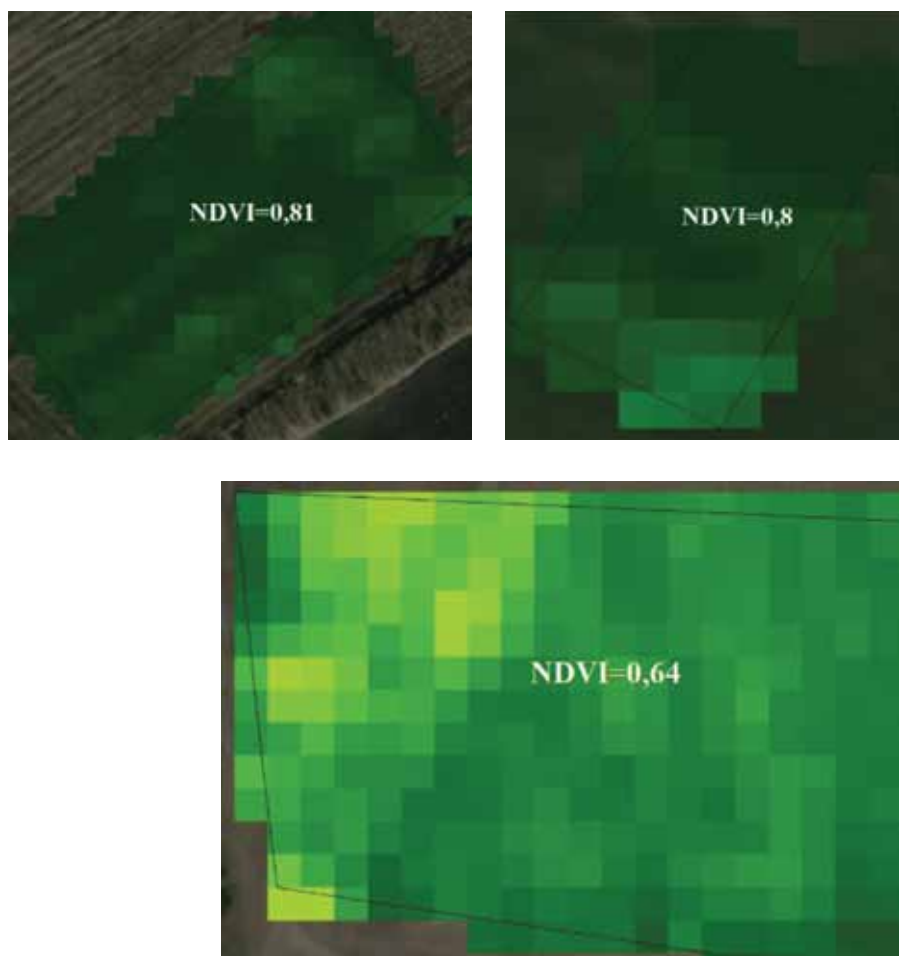


Рис. 3.

Сельскохозяйственные культуры в цветах индекса NDVI до градобития: пшеница, ячмень, свёкла (слева направо) 10.06.25. (измерено с помощью спутника).

Fig. 3. Agricultural crops in the colors of the NDVI index before hailstorms: wheat, barley, and beets (from left to right) 10.06.25 (measured using a satellite)

Источник: составлено авторами.

Source: compiled by the authors.

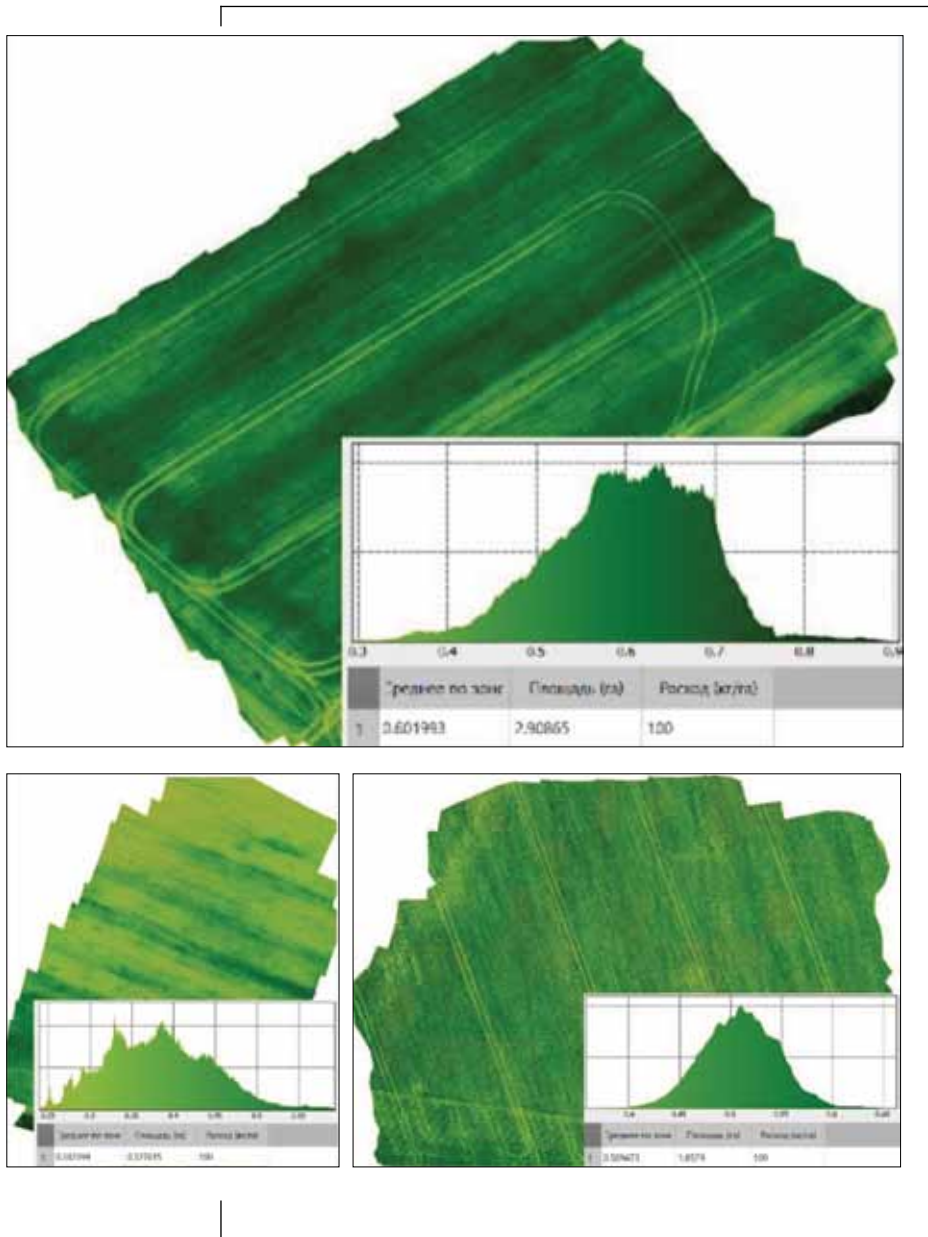


Рис. 4.

Сельскохозяйственные культуры в цветах индекса NDVI после градобития: пшеница, ячмень, свёкла (слева направо) 19.06.25. (измерено с помощью БАС).

Fig. 4. Agricultural crops in the colors of the NDVI index before hailstorms, wheat, barley, and beets (from left to right) 10.06.25 (measured using a satellite UAS)

Источник: составлено авторами.

Source: compiled by the authors.

Таблица 1. СРАВНЕНИЕ УЩЕРБА СЕЛЬХОЗ КУЛЬТУРАМ
Table 1. Comparison of damage to agricultural crops

Культура	NDVI до	NDVI после	Δ NDVI (%)	Ущерб по осмотру (%)
Пшеница	0,81	0,60	-26,0%	80 %
Ячмень	0,80	0,38	-52,5%	100 %
Свёкла	0,64	0,51	-20,3%	30 %

Источник: составлено авторами.
Source: compiled by the authors.

Заключение

На основании проделанной работы можно сделать выводы, что впервые на защищаемой территории Краснодарского края проведено исследование по сопоставлению индекса NDVI до и после градобития с результатами наземных обследований, что позволило сделать предположение о практическом пороге гибели урожая. Применённый дистанционный комбинированный метод оценки ущерба от града на основе анализа индекса NDVI до и после события показал высокую эффективность и применимость для оперативного мониторинга состояния сельскохозяйственных культур. Исходя из нашего анализа можно сделать вывод, что при падении индекса NDVI больше 30% ущерб сельскохозяйственному растению будет 100%. Методика прошла успешную апробацию на пшенице, ячмене и сахарной свёкле и может быть адаптирована для других культур и регионов. Полученные результаты демонстрируют перспективность интеграции данного подхода в системы агрострахования и принятия управленческих решений в сельском хозяйстве. В дальнейшем требуется расширение выборки по различным климатическим зонам, а также уточнение пороговых значений NDVI для разных фаз вегетации и культур.

Список источников

1. Икенов И. А. Информационная система оценки состояния растительности на сельскохозяйственных полях // Вестник науки: международный научный журнал. 2019. № 5. С. 485–491.

2. Лиев, К. Б., Кущев С. А. Экономическая эффективность противоградовой защиты // Безопасность жизнедеятельности. 2022. № 10(262). С. 49–52.
3. Аппаева Ж. Ю. Анализ результатов противоградовых работ в краснодарском крае за последние 20 лет // Труды Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова. 2024. № 613. С. 118–187.
4. Суспицына Ю. В. Распределение синоптических данных для дней с градом в центральной части северного Кавказа // // Безопасность жизнедеятельности. 2025. № 1 (289). С. 48–52.
5. Лиев К. Б., Кущев С. А. Современные методы обследования повреждений сельскохозяйственных растений от града // Геология, география и глобальная энергия. 2025. № 1 (96). С. 47–53.
6. Радиолокационные характеристики конвективных облаков разных регионов при переходе в грозовую стадию / А. А. Синькевич, В. Б. Попов, А. М. Абшаев, В. А. Вое, S. D. Pawar, Ю. П. Михайловский, М. Л. Торопова, V. Gopalakrishnan, Ж. М. Геккиева // Оптика атмосферы и океана. 2020. Т. 33. № 12 (383). С. 932-936.
7. Лиев К. Б., Кущев С. А. Град в центральной части Северного Кавказа // Труды Главной геофизической обсерватории им. А. И. Воейкова. 2023. № 609. С. 156–164.
8. Харченко В. Е., Щербаков В. А., Щербаков Д. А. Возможности применения геоинформационных технологий в агрономической практике. // Аграрная наука в обеспечении продовольственной безопасности и развитии сельских территорий: сборник материалов VI Международной научно-практической конференции. Луганск, 2025. С. 86–87.
9. Позяев В. Н. Информационные технологии в растениеводстве // Информационные технологии и прикладная математика: сборник статей участников Всероссийской научно-практической конференции / Отв. редактор А.А. Статуев. Арзамас, 2022. С. 168–173.
10. Полухина В. С., Шеуджен З. Р. Инвентаризация земель с применением геоинформационных технологий // International Agricultural Journal. 2025. Т. 68. № 2. С. 566-579.
11. Оценка значений NDVI и QY для скрининга коллекции сои на засухоустойчивость / С. В. Дидоренко, А. А. Амангелдиева, Р. С. Ержебаева, А. И. Абугалиева // Вестник науки Казахского агротехнического университета им. С. Сейфуллина. 2020. № 3 (106). С. 104–117.

12. Динамический мониторинг NDVI в агрономических испытаниях агрокультур с использованием беспилотного летательного аппарата / М.Д. Кусаинова, Т.Б. Таменов, М.Р. Тойшиманов, Э.Б. Сыздык, Г. Искакова, Н.Д/ Нургали // Вестник науки Казахского агротехнического университета им. С. Сейфуллина. 2023. № 2 (117). С. 148–161.
13. Сысоева Т. Г., Ковалевская Н. М., Хворова Л. А. Анализ состояния растительности, как показателя изменения климата, на основе индекса NDVI и спутниковых данных. // Сборник трудов Всероссийской конференции по математике «МАК-2016»: материалы молодежной прикладной IT школы «Математическое моделирование в экологии, агроэкологии и природопользовании». 2016. С. 224–227.
14. Что такое индекс NDVI и как он делает жизнь фермера проще. [Электронный ресурс]. URL: <https://blog.onesoil.ai/ru/what-is-ndvi> (дата обращения 22.06.2025).
15. Геоскан Gemini Мультиспектр. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.geoscan.ru/ru/products/gemini-m> (дата обращения 22.06.2025)

References

1. Ikenov IA. Information system for assessing the state of vegetation in agricultural fields. International scientific journal «VESTNIK NAUKI». 2019; (5): 485-491. (In Russ.).
2. Liev KB, Kushchev SA. Economic efficiency of anti-hail protection. Safety of life. 2022;10(262): 49-52. (In Russ.).
3. Appaeva ZhY. Analysis of the results of anti-hail work in the Krasnodar Territory over the past 20 years. Proceedings of the Main Geophysical Observatory named after A.I. Voeikov. 2024;(613):118-187. (In Russ.).
4. Suspitsyna YuV. Distribution of synoptic data for days with hail in the central part of the North Caucasus. Safety of life. 2025;1(289): 48-52. (In Russ.).
5. Liev KB, Kushchev SA. Modern methods of examining damage to agricultural plants from hail. Geology, Geography and Global energy. 2025;1(96):47-53. (In Russ.).
6. Sinkevich AA, Popov VB, Abshaev AM, Boe BA, Pawar SD, Mikhailovsky YuP, Toropova ML, Gopalakrishnan V, Gekkieva ZhM. Radar characteristics of convective clouds in different regions during the transition to the thunderstorm stage. Op-

- tics of the atmosphere and ocean. 2020;12(383):932-936. (In Russ.).
7. Liev KB, Kushchev SA. Hail in the central part of the North Caucasus. Proceedings of the Main Geophysical Observatory named after A.I. Voeikov. 2023;(609): 156-164. (In Russ.).
 8. Kharchenko VE, Shcherbakov VA, Shcherbakov DA. Possibilities of using geoinformation technologies in agronomic practice. Agricultural science in ensuring food security and rural development. Collection of materials of the VI International Scientific and Practical Conference. Lugansk; 2025. P. 86-87. (In Russ.).
 9. Pozyaev VN. Information technologies in crop production. Information Technology and Applied Mathematics. Collection of articles by participants of the All-Russian scientific and practical conference. Editor-in-chief A.A. Statuev. Arzamas; 2022. P.168-173. (In Russ.).
 10. Polukhina VS, Sheudzhen ZR. Land inventory using geoinformation technologies. International Agricultural Journal. 2025;68(2):566-579. (In Russ.).
 11. Didorenko SV, Amangeldieva AA, Yerzhebayeva RS, Abugaliev AI. Evaluation of NDVI and QY values for screening soybean collections for drought resistance. Bulletin of Science of the Kazakh Agrotechnical University named after S. Seifullin. 2020;3(106): 104-117. (In Russ.).
 12. Kusainova MD, Tamenov TB, Toishimanov MR, Syzdyk EB, Iskakova G, Nurgali ND. Dynamic monitoring of NDVI in agronomic tests of agricultural crops using an unmanned aerial vehicle. Bulletin of Science of the Kazakh Agrotechnical University named after S. Seifullin. 2023;2(117): 148-161. (In Russ.).
 13. Sysoeva TG, Kovalevskaya NM, Khvorova LA. Analysis of vegetation status as an indicator of climate change based on the NDVI index and satellite data. Proceedings of the All-Russian Conference on Mathematics «MAC-2016». Materials of the youth applied IT school «Mathematical modeling in ecology, agroecology and environmental management». 2016; 224-227. (In Russ.).
 14. What is the NDVI index and how it makes a farmer's life easier. Available from: <https://blog.onesoil.ai/ru/what-is-ndvi> [Accessed 22 June 2025]. (In Russ.).
 15. Gemini Multispectrum Geoscan. Available from: <https://www.geoscan.ru/ru/products/gemini-m> [Accessed 22 June 2025] (In Russ.).

Информация об авторах

Кайсын Борисович Лиев – заведующий отделом активных воздействий, ФГБУ «Высокогорный геофизический институт».

Станислав Александрович Кушев – младший научный сотрудник, ФГБУ «Высокогорный геофизический институт».

Ахмат Хисаевич Гергоков – заведующий лабораторией технологии воздействия, ФГБУ «Высокогорный геофизический институт».

Вклад авторов: все авторы внесли равный вклад в подготовку публикации.

Information about the authors

Kaisyn B. Liev – Acting Head of the Department of Active Influences, Highland Geophysical Institute.

Stanislav A. Kushev – Junior Researcher, Highland Geophysical Institute.

Akhmat H. Gergokov – Head of the Impact Technology Laboratory, Highland Geophysical Institute.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.