

Научная статья

Original article

УДК 633.1:528.8

DOI 10.55186/25880209_2025_9_5_8

Специальность ВАК - 1.6.15. Землеустройство, кадастр и мониторинг земель
(экономические науки)

**ОЦЕНКА ПОЛЕГАНИЯ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР С ПОМОЩЬЮ
ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ**
ASSESSMENT OF GRAIN CROPS LOCATING USING REMOTE SENSING



Пшидаток Саида Казбековна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой геодезии, «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина», Краснодар, Россия

Савченко Юрий Михайлович, «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина», Краснодар, Россия. E-mail: urijsavcenko7@gmail.com

Солодунов Александр Александрович, кандидат технических наук, доцент кафедры геодезии, «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина», Краснодар, Россия

Pshidatok Saida Kazbekovna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Geodesy, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Krasnodar, Russia

Savchenko Yuri Mikhailovich, 4th-year student of the Land Management Faculty, "Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin", Krasnodar, Russia. E-mail: urijsavcenko7@gmail.com

Solodunov Aleksandr Aleksandrovich, PhD in Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Geodesy, "Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin", Krasnodar, Russia

Аннотация. В статье рассмотрена актуальная проблема оценки полегания зерновых культур, которая существенно влияет на урожайность и качество сельскохозяйственной продукции. Полегание, вызванное различными факторами, приводит к значительным потерям в аграрном секторе. Традиционные методы мониторинга требуют значительных затрат времени и ресурсов, что подчеркивает необходимость внедрения современных технологий. С развитием информационных технологий мониторинг и сбор данных для обследования ведется методами дистанционного зондирования, что появилось с внедрением спутниковых систем. Беспилотные технологии получили значительное распространение для проведения разных видов мониторинга в сельском хозяйстве, так как они дают возможность обследовать достаточно обширные территории наиболее эффективно. Особое внимание уделяется разработке моделей, основанных на данных дистанционного зондирования, что подчеркивает важность интеграции технологий дистанционного зондирования в систему управления сельским хозяйством для повышения устойчивости агропроизводства и минимизации рисков, связанных с полеганием зерновых культур.

Abstract. The article discusses the current problem of assessing grain crop lodging, which significantly affects the yield and quality of agricultural products. Lodging caused by various factors leads to significant losses in the agricultural sector. Traditional monitoring methods require significant investment of time and resources, which emphasizes the need to introduce modern technologies. With the development of information technology, monitoring and data collection for surveys are carried out using remote sensing methods, which appeared with the introduction of satellite systems. Unmanned technologies have become widespread for conducting various types of monitoring in agriculture, as they make it possible to survey fairly

large areas most effectively. Particular attention is paid to the development of models based on remote sensing data, which emphasizes the importance of integrating remote sensing technologies into agricultural management systems to improve the sustainability of agricultural production and minimize the risks associated with lodging of grain crops.

Ключевые слова: зерновые культуры, интеграция технологий, дистанционное зондирование, БПЛА, мониторинг, эффективность, оптимизация, информационные технологии, спутниковые системы.

Keywords: grain crops, technology integration, remote sensing, UAVs, monitoring, efficiency, optimization, information technology, satellite systems.

Введение

Сельское хозяйство относится к категории жизненно необходимых отраслей для страны в целом независимо от ее развития, места расположения и одной из важнейших задач является рациональное использование земель и их охрана [5]. Земля используется рационально, если осуществляется охрана и воспроизводство разных полезных свойств земли, наиболее полно учтены природные и экономические условия и свойства земельных участков [9]. Важна высокая эффективность производственной или иной деятельности, в котором обеспечивается максимальное сочетание общественных и личных интересов в использовании земли [6]. С точки зрения экологии земля является природным объектом, частью окружающей среды, которая взаимодействует со всевозможными объектами природы, и подвергается как естественным факторам воздействия, так и антропогенным [7]. В экономическом понимании оценка земли осуществляется в двух основных направлениях: экономическая оценка земли, как средства производства и частная оценка земли по эффективности возделывания отдельных сельскохозяйственных культур [10].

Российское сельское хозяйство представлено разнообразными отраслями: зерновое, животноводство, птицеводство, рыболовство, садоводство и другими. Зерновое хозяйство занимает особое место в структуре сельского хозяйства,

страна является одним из крупнейших производителей зерновых культур: пшеницы, ячменя, овса.

Однако значительной проблемой для современного сельского хозяйства стало полегание культур, которое приводит к уменьшению урожайности и качества сельскохозяйственной продукции, что в свою очередь негативно сказывается на экономике фермерских хозяйств, и потому эффективная оценка данного процесса в больших масштабах играет важнейшую роль.

Цель исследования – рассмотреть существующие на данный момент способы оценки полегания зерновых культур, а также проанализировать эффективность и целесообразность применения дистанционного зондирования как нового наиболее рационального метода оценки полегания зерновых культур.

Задачи исследования направлены на повышение эффективности мониторинга состояния сельскохозяйственных культур и минимизацию потерь урожая и представлены следующими пунктами:

1. Анализ полегания как явления; его причины и последствия.
2. Анализ существующих методов оценки полегания и их ограничений.
3. Рассмотреть современные возможности дистанционного зондирования и сферы его применения.
4. Разработка практических рекомендаций для сельскохозяйственных предприятий по мониторингу и предотвращению полегания.
5. Оценка влияния полегания на урожайность и примерный расчет положительных результатов своевременной борьбы с данным явлением.

Материалы и методы. Для написания статьи были использованы материалы: научные статьи и публикации, статистические данные, примеры успешных практик, Приказ Минстроя России. Основной метод исследования: эмпирический – накопление и отбор фактов, установление связей между ними. Также для демонстрации влияния использования дистанционного зондирования при оценке полегания культур были проведены расчеты на основании Приказа Минстроя России от 30.03.2022 N 221/пр "Об утверждении

Методики определения нормативных затрат на информационное моделирование с учетом использования технологий лазерного сканирования и фотограмметрии".

Результаты и их обсуждение

Полегание стеблей урожая выражается в изгибе, смещении стеблей зерновых культур из вертикального приложения, а также их поломке при дальнейшем усилении воздействия; нарушение системы крепления корней в почве – полегание корней – из-за неблагоприятных погодных условий (сильных ветров, проливного дождя, града) или болезней, вызванных в результате неправильного выращивания культур (переизбытка вносимых удобрений или их нехватка), что может оказать существенное влияние на урожайность пшеницы, риса, овса, ячменя не только существенно снижая их количественные показатели, но ухудшая качество самого урожая. (рис. 1) Восприимчивость урожая зерновых культур к полеганию с физической точки зрения зависит от интенсивности воздействующих сил, прочности стержня на изгиб и его способности сопротивляться воздействию, а также прочности корневой системы и надежности ее крепления.



Рисунок 1. Полегание зерновых культур

Была разработана система оценивания в полевых условиях устойчивости зерновых культур к полеганию по пятибалльной шкале: 5 - полегание отсутствует, 4 - слабое полегание, стебли слегка наклонены, 3 - среднее полегание, наклон стеблей к поверхности почвы под углом 45° , 2 - сильное полегание, 1 - очень сильное полегание, механизированная уборка невозможна. При этом для определения устойчивости растений используется динамометр, позволяющий определить силу, прилагаемую для выдергивания образца из почвы.

Для повышения объективности глазомерной балльной оценки В.С. Кузнецов предложил учитывать балл устойчивости к полеганию по следующей формуле:

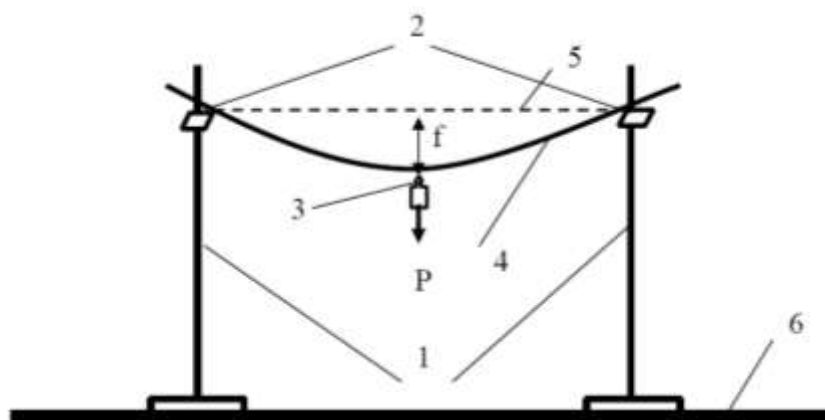
$$Б = 1 + \left(\frac{4С}{в} \right)$$

где Б - балл устойчивости к полеганию;

в - высота растений, см;

С - слой полёгших стеблей, см.

В лабораторных условиях имеется возможность более детального анализа образцов путем использования установки по определению упругих и прочностных свойств стеблей злаковых культур при их изгибе. (рис. 2)



Обозначения: 1 – штативы; 2 – лапки; 3 – груз; 4 – проба стебля; 5 – нить; 6 – стол; f – прогиб пробы стебля в середине под действием силы P

Рисунок 2. Установка для определения прогиба пробы стебля

Специалистами Ульяновского НИИСХ были проведены исследования посевов культур в разные фазы развития растений, которые показали, что потери урожая от полегания составляют в фазе молочной спелости – 5-20%, в фазе колошения-цветения – 10-40% в зависимости от интенсивности полегания. (табл. 1)

Таблица 1. Снижение урожайности и массы 1000 зерен озимой ржи в зависимости от интенсивности и длительности полегания

Показатель	Отклонения стеблей от вертикального положения, град				
	0-5	18-20	36-40	70-75	85-90
	Устойчивость к полеганию, баллы				
	5	4	3	2	1
Конец выхода в трубку					
Урожайность, ц/га	39,7	35,5 (11%)	30,1 (25%)	24,4 (39%)	20,9 (48%)
Масса 1000 зерен, г	41,2	40,0 (3%)	38,6 (6%)	35,3 (14%)	32,4 (21%)
Цветение					
Урожайность, ц/га	40,1	36,2 (10%)	33,0 (18%)	27,0 (33%)	23,6 (42%)
Масса 1000 зерен, г	42,0	40,2 (4%)	38,8 (8%)	36,1 (14%)	33,5 (20%)
Молочная спелость					
Урожайность, ц/га	39,6	38,4 (3%)	36,1 (9%)	34,6 (13%)	32,0 (20%)
Масса 1000 зерен, г	42,1	41,5 (1%)	39,7 (6%)	39,1 (7%)	38,0 (10%)
Восковая спелость					
Урожайность, ц/га	40,2	39,8 (1%)	39,4 (2%)	38,8 (4%)	38,3 (%)
Масса 1000 зерен, г	42,4	42,1 (1%)	42,0 (1%)	41,5 (2%)	40,9 (4%)

Для борьбы с полеганием культур необходимо разработать эффективные методы и технологии, которые помогут минимизировать или вовсе прекратить потери, связанные с данным явлением [15]. Что позволит повысить прибыльность фермеров и сельскохозяйственных предприятий, а также будет способствовать развитию сельского хозяйства и экономики страны в целом.

Традиционные методы оценки полегания зерновых культур представлены ручными полевыми исследованиями, которые занимают много времени и требуют значительного труда. Однако достижения в области технологий открыли возможности оценки полегания сельскохозяйственных культур посредством дистанционного зондирования, предлагающего более эффективный и точный способ мониторинга и оценки полегания, позволяя улучшить урожайность и снизить потери [2]. Технология дистанционного зондирования произвела революцию в ведении сельского хозяйства во всем мире [3]. Под дистанционным зондированием понимают наблюдение поверхности Земли наземными, авиационными и космическими средствами, оснащёнными различными видами съёмочной аппаратуры [8].

Использование спутников или дронов в различных методах дистанционного зондирования позволяет предоставить ценную информацию о состоянии и структуре полей. Анализируя спектральные характеристики культур, исследователи могут быстро обнаружить признаки полегания. А эта информация поможет фермерам определить склонные к полеганию участки своих полей и принять превентивные меры для предотвращения потерь урожая, путем корректировки уровня орошения или питательных веществ, смягчая последствия полегания и предотвращая дальнейший ущерб.

Одним из ключевых преимуществ использования дистанционного зондирования для оценки полегания сельскохозяйственных культур является его способность быстро и стабильно охватить большие площади. Спутниковые снимки позволяют получить данные по целым полям за считанные минуты, что дает фермерам возможность регулярно следить за своими посевами и заранее обнаруживать полегание [4]. А главное, исследования данного явления, выведенные на совершенно новый уровень благодаря повышенным объемам обработки данных, позволяют на основе информации, полученной в ходе полевых наблюдений, смоделировать риск возникновения подобных событий и оценить их воздействие на итоговую сельскохозяйственную продукцию и экономическую сторону дела [11].

Несмотря на расширение вклада результатов дистанционного зондирования в системы мониторинга посевов, затраты на доступность данных высокого пространственного разрешения все еще остаются высокими [12]. А потому наиболее оптимальное решение в осуществлении подобного наблюдения и массового внедрения можно найти в применении беспилотных летательных аппаратов (далее – БПЛА) [1], которые будут снабжены специальными высококачественными датчиками и платформами мониторинга для непрерывного картирования полей и своевременной передачи данных (рисунок 3).

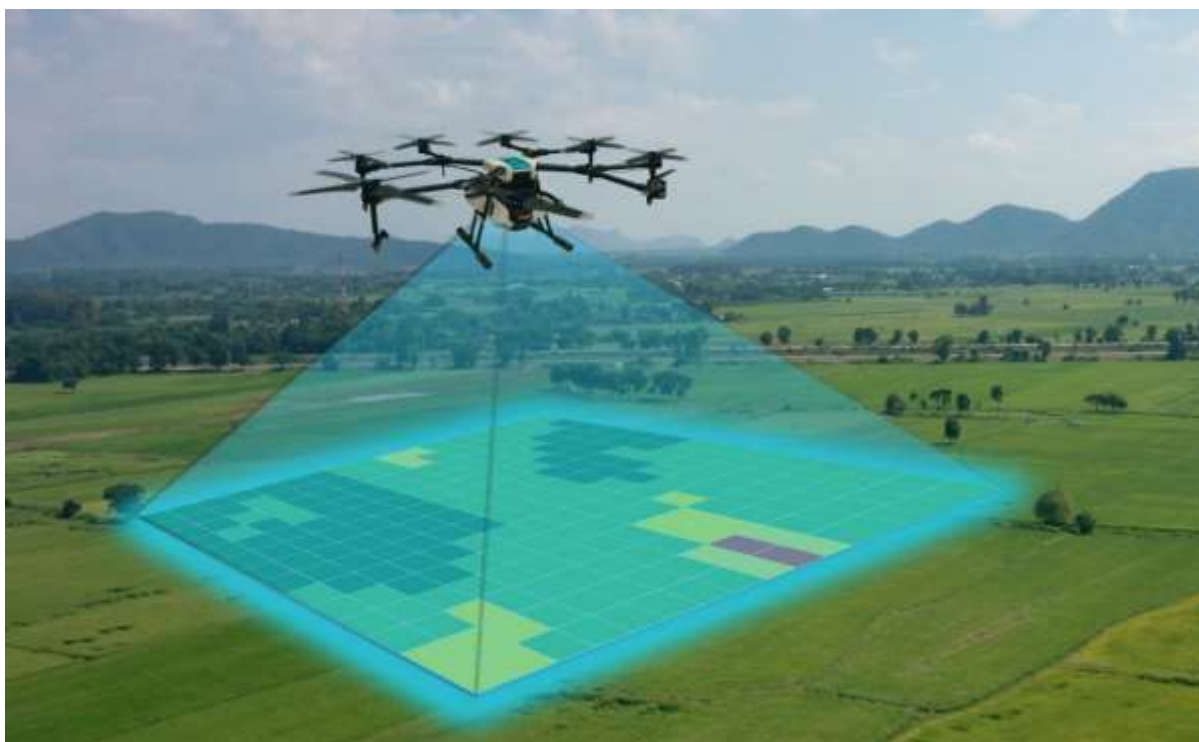


Рисунок 3. Применение БПЛА в сельском хозяйстве

Развитие информационных технологий является приоритетным процессом на современном этапе развития государства и общества в целом [13]. Эффективное управление земельными ресурсами становится все более значимым аспектом экономического, социального и экологического развития регионов, особенно в условиях быстрого роста населения, урбанизации, изменений климата и развития сельского хозяйства

Технологии БПЛА отлично подходят для преодоления разрыва между наземными съемками и традиционными данными дистанционного зондирования, полученными авиационной или космической съемкой, позволяя

осуществлять эффективный сбор сведений о ситуации на полях с низкими затратами в рамках отдельных хозяйств [14]. Так как поверхность неоднородна, а поля помимо зерновых культур могут включать в себя иные объекты, для наиболее результативной оценки ситуации дистанционное зондирование необходимо проводить в два этапа. Первый направлен на сбор общих данных и выделение существенных признаков территории: определение площади посевов, исключение из анализа искусственных поверхностей (дорог, линий электропередачи, крыш домов) и другое. На этом этапе формируется общая картина исследуемого пространства, а самое главное, формируется метод отбора искомых участков и признаки, согласно которым он будет функционировать. Выбор характерных признаков оказывает решающее влияние на процесс оценки, так как от них зависит насыщенность и достоверность получаемых данных. Второй этап заключается в непосредственном осуществлении работ – сборе информации с полей и дальнейшей оценке полегания культур путем дистанционного зондирования. Подобный подход позволяет сформировать надежный алгоритм выбора признаков и в итоге, даже в условиях произрастания нескольких видов растений и неоднородной структуре полей, давать достаточно точные и надежные результаты для оценки полегания зерновых культур, что укажет на наиболее проблемные участки территории, требующие дополнительных работ по защите посевов.

Помимо мониторинга самого полегания зерновых культур, дистанционное зондирование также возможно использовать для оценки влияния полегания на урожайность и качество сельскохозяйственной продукции. Анализируя данные, собранные с помощью дистанционного зондирования, исследователи могут количественно оценить степень полегания поля и его влияние на биомассу, а также продуктивность культур. Эта информация поможет фермерам принимать обоснованные решения о сроках и технологиях сбора урожая, а также действиях необходимых для максимизации получаемой продукции.

Для демонстрации эффективности и экономичности данного рационального подхода проведем анализ нескольких земель сельскохозяйственного назначения. Вся информация по землям была взята с публичной кадастровой карты (далее – ПКК).

Анализ будет проводиться по землям сельскохозяйственного назначения, расположенным в Краснодарском крае, Брюховецком районе, со следующими кадастровыми номерами (и их площадями):

1. 23:04:0501003:222 (564 890 кв. м)
2. 23:04:0501003:236 (559 230 кв. м)
3. 23:04:0501003:231 (577 138 кв. м)
4. 23:04:0501003:228 (571 336 кв. м)
5. 23:04:0501003:241 (555 043 кв. м)
6. 23:04:0501003:223 (553 635 кв. м)
7. 23:04:0501003:226 (567 734 кв. м)
8. 23:04:0501003:234 (567 552 кв. м)

Общая площадь составила – 4 516 558 кв. м (рисунок 4)



Проведем расчёты на основании Приказа Минстроя России от 30.03.2022 N 221/пр "Об утверждении Методики определения нормативных затрат на информационное моделирование с учетом использования технологий лазерного сканирования и фотограмметрии", в котором указаны приблизительные затраты на проведение работ данной технологией. Получившийся расчет стоимости отобразим в таблице 2.

Таблица 2. Расчет стоимости работ на проведение ДЗ анализируемых земель

Виды проектно-изыскательских работ, номера стадий, их наименование, объем работ, категории сложности, расчет коэффициентов	Расчет стоимости	Стоимость, руб.
Топографическая съемка методом ВЛС ЦАФС территорий Площадь 451,66 га	$451,66 \times 386 \times 1,25 \times 1,5$	326 889
Камеральная обработка материалов съемки территорий объектов методом ВЛС и формирование ИГЦММ площадью свыше 250 до 500 га включительно	-//-	204 970
Транспортные расходы (10%)	-//-	53 186
Итого		585 045
НДС 20%		117 009
Итого по смете		702 054
При выполнении работ не учитывалось создание базовых станций		

В итоге получаем сумму по смете 702 054 руб., учитывая, что необходимости в выполнении полного объема всего перечня нет, соответственно, конечная стоимость будет немного ниже.

Далее возьмем условно, что с данных полей при идеальных условиях было бы собрано 1 625,98 т (при урожайности 36,0 ц/га). На сегодняшний день

стоимость 1 т пшеницы составит приблизительно 12 000 рублей. Получаем, доход 19 511 760 рублей за реализацию товара на рынке. Однако, если произошло полегание культур, которое не было вовремя остановлено, потери урожая могут составить 25 % и более, соответственно, конечный доход составит уже 14 633 820 рублей, потери – почти 5 млн. рублей и это только при условии 25 %-ой потери урожая от полегания, а ведь в отдельных случаях она может достигать колоссальных 75 %, что может привести к дефициту бюджета организации. Но если применять технологии дистанционного зондирования для контроля полегания культур, то развитие данного явления на полях можно вовремя заметить и принять соответствующие решения. Благодаря своевременным действиям потери урожая могут составить лишь 5 % – 975 588 рублей, плюс затраты на реализацию технологий дистанционного зондирования, получаем 1 677 642 рублей, что существенно ниже потерь при традиционных методах.

Выводы

Как видно из расчетов даже на небольших площадях и в условиях слабого полегания применение технологий дистанционного зондирования показывает значимую выгоду. А в случаях больших организаций с огромными площадями посевов затраты на проведение подобных работ будут вообще незначительны в сравнении с общими доходами, зато положительный эффект окажется очень заметным.

Эффективная оценка полегания в больших масштабах путем применения технологий дистанционного зондирования на основе БПЛА представляет собой мощный инструмент в осуществлении рациональной сельскохозяйственной деятельности, позволяя моделировать и прогнозировать как само полегание, так и его влияние на качество, и количество урожая. Используя предложенный подход на основе дистанционного зондирования, фермеры смогут улучшить методы выращивания зерновых культур и, в конечном итоге, получить экономическую выгоду, значительно снизив ущерб от данного явления.

Поскольку технологии дистанционного зондирования продолжают развиваться, их потенциал для мониторинга и управления сельскохозяйственной деятельностью будет только расти, повышая производительность осуществляемых работ.

Список литературы

1. Турк, Г. Г. Общие принципы и математические основы процесса измерений лазерными сканерами / Г. Г. Турк // Итоги научно-исследовательской работы за 2021 год : Материалы Юбилейной научно-практической конференции, посвященной 100-летию Кубанского ГАУ, Краснодар, 06 апреля 2022 года. – С. 292-294.
2. Пшидаток, С. К. Применение современных геодезических технологий при мониторинге земель / С. К. Пшидаток // Научно-технологическое обеспечение агропромышленного комплекса России: проблемы и решения: Сборник тезисов по материалам V Национальной конференции, Краснодар, 08–09 июля 2020 года. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2020. – С. 91.
3. Жарникова, А. А. Эффективность использования и область применения беспилотных летательных аппаратов / А. А. Жарникова, С. К. Пшидаток // Научное обеспечение агропромышленного комплекса : Сборник статей по материалам 75-й научно-практической конференции студентов по итогам НИР за 2019 год, Краснодар, 02–16 марта 2020 года. – С. 407-410.
4. Турк, Г. Г. Использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в геодезии / Г. Г. Турк, Н. К. Карачев // Вектор ГеоНаук. – 2023. – Т. 6, № 2. – С. 56-60. – DOI 10.24412/2619-0761-2023-2-56-60.
5. Савченко, Ю. М. Особенности управления земельными ресурсами Краснодарского края / Ю. М. Савченко, Г. Г. Турк // Московский экономический журнал. – 2023. – Т. 8, № 2. – DOI 10.55186/2413046X_2023_8_2_64.

6. Актуальные проблемы земельной реформы / С. К. Пшидаток, А. А. Солодунов, В. С. Ковшарь, К. О. Сошенко // Экономика и предпринимательство. – 2018. – № 12(101). – С. 178-181.

7. Особенности устройства примыканий проектируемых проездов производственных предприятий к существующему благоустройству / В. В. Подтелков, А. В. Прокопенко, Д. С. Зеленков, М. А. Пшидаток // Инженерный вестник Дона. – 2023. – № 10(106). – С. 553-562.

8. Пшидаток, М. А. Состав документации по планировке территории при строительстве и реконструкции линейных объектов / М. А. Пшидаток, В. В. Подтелков // Научное обеспечение агропромышленного комплекса : Сборник статей по материалам 77-й научно-практической конференции студентов по итогам НИР за 2021 год. В 3-х частях, Краснодар, 01 марта 2022 года / Отв. за выпуск А.Г. Коцаев. Том Часть 1. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2022. – С. 682-684.

9. Пилипенко, М. С. Повышения срока безопасной эксплуатации консольного быстротока / М. С. Пилипенко, А. А. Солодунов // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: Сборник статей по материалам 75-й научно-практической конференции студентов по итогам НИР за 2019 год, Краснодар, 02–16 марта 2020 года. – С. 448-450.

10. Нех, Ю. И. Экономическая оценка мероприятий по защите окружающей среды от затопления / Ю. И. Нех, А. А. Солодунов // Научное обеспечение агропромышленного комплекса : Сборник статей по материалам 75-й научно-практической конференции студентов по итогам НИР за 2019 год, Краснодар, 02–16 марта 2020 года. – С. 445-447.

11. Солодунов, А. А. Комплексная оценка технического уровня сооружений внутрихозяйственной сети рисовых оросительных систем / А. А. Солодунов // Мелиорация и водное хозяйство : Материалы Всероссийской научно-практической конференции (Шумаковские чтения) с международным участием, посвященной 130-летию со дня рождения академика Б. А. Шумакова,

в 2-х частях, Новочеркасск, 24 октября 2019 года. Том Выпуск 17. Часть 1. – Новочеркасск: ООО "Лик", 2019. – С. 206-212.

12. Кравченко, Н. Е. Комплекс геодезических работ при подготовке проекта межевания территории / Н. Е. Кравченко, Д. С. Зеленков // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: Сборник статей по материалам 78-й научно-практической конференции студентов по итогам НИР за 2022 год. В 3-х частях, Краснодар, 01–31 марта 2023 года. – С. 715-718.

13. Усиление основания дорожной одежды сельскохозяйственного предприятия для устройства проездов и площадок при наличии локальных песчаных линз / В. В. Подтелков, А. В. Прокопенко, Д. С. Зеленков, М. А. Пшидаток // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2022. – № 183. – С. 223-233. – DOI 10.21515/1990-4665-183-022.

14. Харатян, А. А. Математическое моделирование в геодезии / А. А. Харатян, Д. С. Зеленков // Математическое моделирование и информационные технологии при исследовании явлений и процессов в различных сферах деятельности : Сборник материалов международной научно-практической конференции студентов, магистрантов и аспирантов, посвященной 70-летию кафедры высшей математики, Краснодар, 19 февраля 2021 года / Отв. за выпуск Н.В. Третьякова. – Краснодар: Новация, 2021. – С. 418-421.

15. Пшидаток, С. К. Влияние технологий возделывания озимой пшеницы сорта Фортуна на фитосанитарное состояние почвы и растений на черноземе выщелоченном Западного Предкавказья: специальность 06.01.07 "Защита растений": автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Пшидаток Саида Казбековна. – Москва, 2013. – 22 с.

References

1. Turk, G. G. General principles and mathematical foundations of the measurement process with laser scanners / G. G. Turk // Results of research work for 2021: Proceedings of the Anniversary Scientific and Practical Conference dedicated

to the 100th anniversary of the Kuban State Agrarian University, Krasnodar, April 06, 2022. - P. 292-294. 2. Pshidatok, S. K. Application of modern geodetic technologies in land monitoring / S. K. Pshidatok // Scientific and technological support of the agro-industrial complex of Russia: problems and solutions: Collection of abstracts based on the materials of the V National Conference, Krasnodar, July 08-09, 2020. - Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilina, 2020. - P. 91.

3. Zharnikova, A. A. Efficiency of use and scope of application of unmanned aerial vehicles / A. A. Zharnikova, S. K. Pshidatok // Scientific support for the agro-industrial complex: Collection of articles based on the materials of the 75th scientific and practical conference of students on the results of R&D for 2019, Krasnodar, March 02-16, 2020. - P. 407-410.

4. Turk, G. G. Use of unmanned aerial vehicles (UAVs) in geodesy / G. G. Turk, N. K. Karachev // Vector GeoSciences. - 2023. - Vol. 6, No. 2. - P. 56-60. – DOI 10.24412/2619-0761-2023-2-56-60.

5. Savchenko, Yu. M. Features of land resources management in the Krasnodar Territory / Yu. M. Savchenko, G. G. Turk // Moscow Economic Journal. – 2023. – Vol. 8, No. 2. – DOI 10.55186/2413046X_2023_8_2_64.

6. Actual problems of land reform / S. K. Pshidatok, A. A. Solodunov, V. S. Kovshar, K. O. Soshenko // Economy and entrepreneurship. – 2018. – No. 12(101). – P. 178-181.

7. Features of the device of junctions of designed driveways of industrial enterprises to the existing improvement / V. V. Podtelkov, A. V. Prokopenko, D. S. Zelenkov, M. A. Pshidatok // Engineering Bulletin of the Don. - 2023. - No. 10 (106). - P. 553-562.

8. Pshidatok, M. A. Composition of documentation on territory planning during construction and reconstruction of linear objects / M. A. Pshidatok, V. V. Podtelkov // Scientific support of the agro-industrial complex: Collection of articles based on the materials of the 77th scientific and practical conference of students on the results of R&D for 2021. In 3 parts, Krasnodar, March 01, 2022 / Responsible for

the release A.G. Koshchaev. Volume Part 1. - Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilina, 2022. – P. 682-684.

9. Pilipenko, M. S. Increasing the safe operating life of a cantilever rapid flow / M. S. Pilipenko, A. A. Solodunov // Scientific support for the agro-industrial complex: Collection of articles based on the materials of the 75th scientific and practical conference of students based on the results of research for 2019, Krasnodar, March 2–16, 2020. – P. 448-450.

10. Nekh, Yu. I. Economic assessment of measures to protect the environment from flooding / Yu. I. Nekh, A. A. Solodunov // Scientific support for the agro-industrial complex: Collection of articles based on the materials of the 75th scientific and practical conference of students based on the results of research for 2019, Krasnodar, March 2–16, 2020. – P. 445-447.

11. Solodunov, A. A. Comprehensive assessment of the technical level of structures of the on-farm network of rice irrigation systems / A. A. Solodunov // Land reclamation and water management: Proceedings of the All-Russian scientific and practical conference (Shumakov Readings) with international participation, dedicated to the 130th anniversary of the birth of Academician B. A. Shumakov, in 2 parts, Novocherkassk, October 24, 2019. Volume Issue 17. Part 1. - Novocherkassk: OOO "Lik", 2019. - P. 206-212.

12. Kravchenko, N. E. Complex of geodetic works in the preparation of a land surveying project / N. E. Kravchenko, D. S. Zelenkov // Scientific support for the agro-industrial complex: Collection of articles based on the materials of the 78th scientific and practical conference of students on the results of R&D for 2022. In 3 parts, Krasnodar, March 01–31, 2023. – P. 715–718.

13. Strengthening the base of the road pavement of an agricultural enterprise for the construction of driveways and sites in the presence of local sand lenses / V. V. Podtelkov, A. V. Prokopenko, D. S. Zelenkov, M. A. Pshidatok // Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University. – 2022. – No. 183. – P. 223–233. – DOI 10.21515/1990-4665-183-022.

14. Kharatyan, A. A. Mathematical modeling in geodesy / A. A. Kharatyan, D. S. Zelenkov // Mathematical modeling and information technologies in the study of phenomena and processes in various fields of activity: Collection of materials of the international scientific and practical conference of students, master's students and postgraduates dedicated to the 70th anniversary of the Department of Higher Mathematics, Krasnodar, February 19, 2021 / Responsible for the release N.V. Tretyakov. - Krasnodar: Novation, 2021. - P. 418-421.

15. Pshidatok, S.K. The influence of cultivation technologies of winter wheat of the Fortuna variety on the phytosanitary state of soil and plants on leached chernozem of the Western Ciscaucasia: specialty 06.01.07 "Plant Protection": abstract of a dissertation for the degree of candidate of agricultural sciences / Pshidatok Saida Kazbekovna. - Moscow, 2013. - 22 p.

© Пшидаток С.К., Савченко Ю.М., Солодунов А.А., 2025. *International agricultural journal*, 2025, № 5, 92-110

Для цитирования: Пшидаток С.К., Савченко Ю.М., Солодунов А.А. Оценка полегания зерновых культур с помощью дистанционного зондирования//International agricultural journal. 2025. № 5, 92-110.