

3. Разработана система мер по улучшению геоэкологического состояния речных бассейнов пойменных земель: оптимизация сельскохозяйственной деятельности путем создания замкнутых биогеохимических циклов азотных и фосфорных соединений, а также организация системы пространственно распределенной биологической очистки водотоков высшей водной и древесной растительностью.

### **Библиографический список**

1. Зотов С.И., Спиринов Ю.А., Таран В.С., Королева Ю.В. Гидрологические особенности и геоэкологическое состояние малых водотоков пойменных территорий Калининградской области // Географический вестник. 2021. № 3(58). С. 92–106.

2. Спиринов Ю.А., Зотов С.И. Оценка геоэкологического состояния поверхностных водотоков Славского района Калининградской области (летний гидрологический сезон) // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2021. Т. 21. вып. 1. С. 33-43.

3. Спиринов Ю.А., Зотов С.И., Таран В.С., Королева Ю.В. Оценка геоэкологического состояния поверхностных водотоков Славского района Калининградской области // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. География. Геология. 2021а. 7 (73). №. 1. С. 183–202.

4. Спиринов Ю.А., Зотов С.И., Таран В.С., Королева Ю.В. Сравнительный анализ химического состава воды водотоков Славского района Калининградской области по гидрологическим сезонам // Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле. 2021б. Т. 31. № 4. С. 425-436.

5. Anawar H.M., Chowdhury R. Remediation of Polluted River Water by Biological, Chemical, Ecological and Engineering Processes // Sustainability. 2020. No. 12. pp. 2–15.

6. Ateia M., Yoshimura C., Nasr M. In-situ Biological Water Treatment Technologies for Environmental Remediation: A Review // Journal of J Bioremediation & Biodegradation. 2016. 7 (3). pp. 1–5.

### **СЕКЦИЯ «АГРОЭКОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ»**

УДК 631.95

### **МОНИТОРИНГ ФЕНОФАЗ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ С ПОМОЩЬЮ БЕСПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ СПЕКТРОМЕТРОВ**

*Александров Никита Александрович, аспирант, ассистент кафедры экологии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, alexandrov\_na@rgau-msha.ru*  
*Серёгин Иван Андреевич, аспирант, ассистент кафедры экологии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, iv.seryogin2018@yandex.ru*

**Ярославцев Алексей Михайлович**, доцент кафедры экологии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, yaroslavtsevam@gmail.com

**Аннотация:** Проведена оценка работоспособности мобильных спектрометров в полевых опытах трех региональных институтов с помощью расчета вегетационного индекса NDVI. Данные, полученные спектрометрами, позволяют отметить смену фенологических фаз растений и выделить основные временные промежутки, когда растения испытывают наибольший стресс.

**Ключевые слова:** Спектрометры, NDVI, твердая пшеница, фенологические фазы, IoT.

В настоящее время уже не вызывает сомнений общий тренд на повышение среднегодовых температур, средних месячных температур и суммы активных температур вегетационного периода на территории всех сельскохозяйственных регионов России, что определяет устойчивый рост потенциального природного термического потенциала для более интенсивного развития продукционного процесса большинства сельскохозяйственных культур и товарного растениеводства. [1]. С другой стороны, при ярко выраженном сезонном или внутри-сезонном дефиците доступной для растений почвенной влаги это приводит не к росту, а к торможению продукционного процесса сельскохозяйственных культур. Вместе с тем, нерегулируемое внесение минеральных удобрений, активное применение химических средств защиты растений без учета климатических данных способствует снижению качества конечной растениеводческой продукции и ухудшению агроэкологической ситуации в целом [1].

Для своевременного принятия грамотных решений по улучшению качества продукции, необходимо проводить постоянные мониторинговые наблюдения за сельскохозяйственными культурами. На больших производственных площадях целесообразно проводить мониторинг с помощью дистанционных технологий, например, с помощью компактных спектрометров, устанавливаемыми над посевами культур.

**Цель исследования:** оценить работоспособность спектрометров AS7262 и AS7263 в полевых опытах с твердой яровой пшеницей.

#### **Объекты и методы**

Объектом исследования послужила яровая пшеница твердых сортов, выращиваемая на опытных полях региональных научно-исследовательских институтов сельского хозяйства.

1. ФГБНУ ФАНЦ «Юго-Востока» (Саратовская область). Преобладающим подтипом почв является чернозем южный среднемощный. Отличительной чертой участка является выраженная неоднородность рельефа – перепад высот составляет около 20 м, крутизна склона на разных частях склона крутизна меняется от 3° до 5°. В испытании использовались сорта Луч-25 и

Николаша, которые возделывались на двух разных вариантах технологий: традиционной – низкий уровень использования минеральных удобрений и ХЗСР, и интенсивный – дозировка удобрений значительно выше относительно первого варианта, а ХЗСР применяются гораздо чаще. Под исследование было выделено 8,5 га, на которых было выделено четыре участка, по два с каждым сортом и технологией.

2. ФГБНУ ФАНЦ «Юго-Востока» (Самарская область). Почвенный покров представлен обыкновенными черноземами тяжелого гранулометрического состава, характеризуется ровным выположенным мезорельефом (крутизна менее 1°) и слабовыраженным микрорельефом. Для эксперимента использовали сорта Луч-25 и Безенчукская крепость. Варианты опыта также отличались различным уровнем интенсификации возделывания культуры. В отличие от предыдущего участка, испытание проводилось в мелкоделяночных опытах с размером одной ячейки 1,5 x 10 м, в трехкратной повторности.

3. ФНЦ Биологических систем и агротехнологий РАН (Оренбургский НИИСХ). Почвенный покров представлен обыкновенными и типичными черноземами тяжелого гранулометрического состава, перепады высот на участке не превышает метра, микрорельеф не выражен. Для эксперимента были отобраны сорта Луч-25 и Безенчукская золотистая с аналогичными вариантами технологий. Исследование также проводилось в трехкратной повторности с деланками размером 38 x 1,8 м.

Исследование проводилось с помощью спектрометров компании AMS AS72652 и AS72653. 6-канальные анализаторы спектра, которые, не смотря на размеры 4.5×4.7×2.5 мм (LGA-20), объединяют в одном корпусе все необходимые компоненты: фотодиодную сборку, цифровое ядро анализатора спектра на базе 16-битного АЦП, коммуникационные интерфейсы (USART/I<sup>2</sup>C) для связи с внешним контроллером, SPI-интерфейс для подключения внешней памяти, генератор 16 МГц, датчик температуры [2].

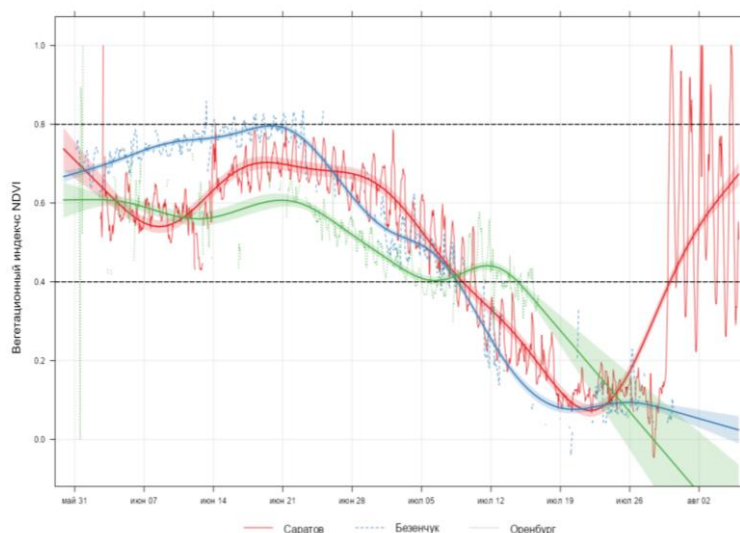
Ключевым элементом спектрометра являются фотодиодные сборки, представляющие собой матрицы из шести фотодиодов с узким спектром чувствительности. Микросхема анализатора спектра AS7262 предназначена для работы с видимой частью спектра: 450/ 500/ 550/ 570/ 600/ 650 нм с шириной 40 нм. Микросхема AS7263 предназначена для анализа ближней части инфракрасного диапазона: 610/ 680/ 730/ 760/ 810/ 860 нм с шириной спектра чувствительности 20 нм [2].

Важным фактором стабильности при проведении измерений всегда остается температура. Анализаторы AS7262 и AS7263 откалиброваны для функционирования во всем диапазоне температур (–40...+85 °С) на протяжении всего жизненного цикла [2].

Датчики устанавливались на штангах у оснований деланок в случае с мелкоделяночными опытами и внутри деланок на разных участках склона в Саратовской области.

**Результаты.** Интерпретировать данные, полученные системой спектрометров можно по-разному, но для получения наиболее полной информации, следует обратиться к индексу NDVI. Рассчитав значения вегетационного индекса, можно дать оценку продукционному процессу культур: выделить временные ряды, когда растения испытывали наибольший стресс, находились в состоянии оптимального развития или вегетационный период окончен и можно проводить уборку урожая и т.д.

На рисунке представлена динамика усредненных значений NDVI в трех полевых опытах.



**Рис. Динамика средних по участку значений вегетационного индекса NDVI согласно данным датчика CropTalker в условиях полевых опытов**

Данный график позволяет достаточно точно отследить смену фенологических фаз пшеницы, а также выделить наиболее проблемные временные периоды, в данном случае – начало июня в Саратове и в целом весь вегетационный период в Оренбурге, что связано с достаточно продолжительной засухой в данных регионах. В связи с чем, можно сказать, что спектрометр дает данные достаточно качества для проведения дальнейших экспериментов.

### **Библиографический список**

1. Сравнительный анализ влияния технологий выращивания твердой яровой пшеницы на качество и урожайность зерна в условиях Самарской области / Д. В. Морев, И. В. Веретельникова, П. Н. Мальчиков [и др.] // Доклады ТСХА : Международная научная конференция, посвященная 175-летию К.А. Тимирязева, Москва, 06–08 декабря 2018 года. – Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2019. – С. 699-702.

2. Анализируем спектр света с датчиками AS7262 и AS7263 от ams. Радио Лоцман: [Электронный ресурс]. URL: <https://www.rlocman.ru/review/article.html?di=336125> (Дата обращения: 30.05.2022г.).