

1. Ключевые вопросы устойчивого управления ливневыми водами в городах / Барбоза А.Е., Фернандеш Ж.Н., Давид Л.М // Водные исследования. 2012. Т. 46, no20. С. 6787–6798.
2. Практика развития с низким воздействием на окружающую среду: Обзор текущих исследований и рекомендации по будущим направлениям / Дитц М.Е. // Загрязнение воды, воздуха и почвы. 2007. Т. 186, no1. С. 351–363.
3. Водохозяйственный комплекс России: Концепция, современное состояние и проблемы / Демин А.П. // Водные ресурсы. 2010. Т. 37, no5. С. 711–726.
4. Механизмы реализации государственной поддержки проекта по созданию кластера в России на примере кластера водоснабжения и водоотведения в Санкт-Петербурге / Голодкова, В., Моттаева, А., и Покровская, Т. // 2020.
5. Россия: исторические аспекты управления водными ресурсами / Котов, В // Эволюция права и политики в области водных ресурсов. 2009. 139-155.
6. Международный отчет: управление ливневыми водами / Марсалец, Дж., & Чокат, Б // Наука и техника о воде. 2002. Т. 46, no6. С. 1-17.
7. Растения для зеленых крыш: руководство по ресурсам и посадке / Снодграсс, Э. К., и Снодграсс, Л. Л. // 2006.

#### СЕКЦИЯ «АГРОЭКОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ»

УДК 631.95

### **ДИСТАНЦИОННАЯ И ПРОКСИМАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПРОДУКЦИОННОГО ПРОЦЕССА ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ**

*Александров Никита Александрович, аспирант кафедры экологии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, alexandrov\_na@rgau-msha.ru*

*Научный руководитель: Ярославцев Алексей Михайлович, к.б.н., доцент кафедры экологии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, yaroslavtsevam@gmail.com*

**Аннотация:** В работе приведены результаты агроэкологического мониторинга на территории Агроэкологического стационара РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева фенологических фаз развития яровой пшеницы сорта Дарья. Были выявлены ряд корреляционных зависимостей между рядом вегетационных индексов и биометрическими показателями, а также между индексом листовой поверхности и урожайности.

**Ключевые слова:** яровая пшеница, агроэкологический мониторинг, проксимальные методы оценки, вегетационные индексы, индекс листовой поверхности, проективное покрытие.

*Актуальность исследования.* Площадь листа - важный показатель фотосинтетической активности растений. Расчет LAI нужен для понимания

развития жизненного цикла растений, что позволяет понять влияние изменения климата на среднюю площадь листьев, на размер листьев, которые тесно связаны с урожайностью растений и эффективностью экосистем [4].

Индекс листовой поверхности (LAI) в качестве важного параметра и оценочного показателя широко используется для анализа роста групп растений и сообществ в сельском хозяйстве, лесном хозяйстве, экологии и других областях [5]. Достоверная оценка LAI имеет большое значение для мониторинга и анализа различных биофизических процессов в экосистемах, ведь это комплексный показатель, количественно отражающий сомкнутость древесного полога, проективное покрытие кустарникового, кустарничкового, травяного, мохово-лишайникового ярусов естественных экосистем или посевов агроценозов [2].

LAI – это отношение площади листьев (одной их стороны) и хвои к площади почвы биоценоза [ $\text{m}^2/\text{m}^2$ ]. В хвойных лесах он может достигать 28, на лугах – до 30, в степях снижается до 2,5 [5]. Глобальный индекс листовой поверхности равен 4,5. Для расчета продуктивности фотосинтеза индексы каждого дня вегетации суммируются, и эта сумма называется фотосинтетическим потенциалом (в  $\text{m}^2/\text{га}$ ) [3]. По цифровым изображениям растительного покрова можно определять LAI различных типов растительности и оценивать их состояние [1].

Проективное покрытие зелёной фитомассой — один из ключевых параметров, определяющих состояние растительного покрова. Анализ проективного покрытия, его сезонной и многолетней динамики представляет интерес в связи с тем, что позволяет получать информацию о развитии растительного покрова и его биофизических показателях. По причине того, что проективное покрытие является одним из ключевых биометрических параметров, характеризующих состояние растительности, на основе анализа его сезонного изменения можно делать выводы об особенностях развития растительного покрова тех или иных посевных площадей [5, 6].

По величине проективного покрытия зелёной фитомассой можно судить о продуктивности растительных сообществ. Проективное покрытие характеризует как численное обилие, так и массу надземных органов сообщества в целом или его отдельных видов. В значительной мере величина проективного покрытия служит показателем конкурентоспособности растений за свет [6,7].

*Объекты и методы исследования.* Исследование проводилось на Агроэкологическом стационаре Полевой опытной станции РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. В качестве опытной культуры была яровая пшеница сорта «Дарья». Для оценки продукционного процесса яровой пшеницы применялись две группы методов: дистанционные – по анализу снимков, полученных в процессе облетов БВС DJI Phantom 4 RTK раз в неделю на протяжении вегетационного периода 2022 года, и проксимальные - оценка проективного покрытия и LAI с помощью датчиков LP-80 и LAI-2200C.

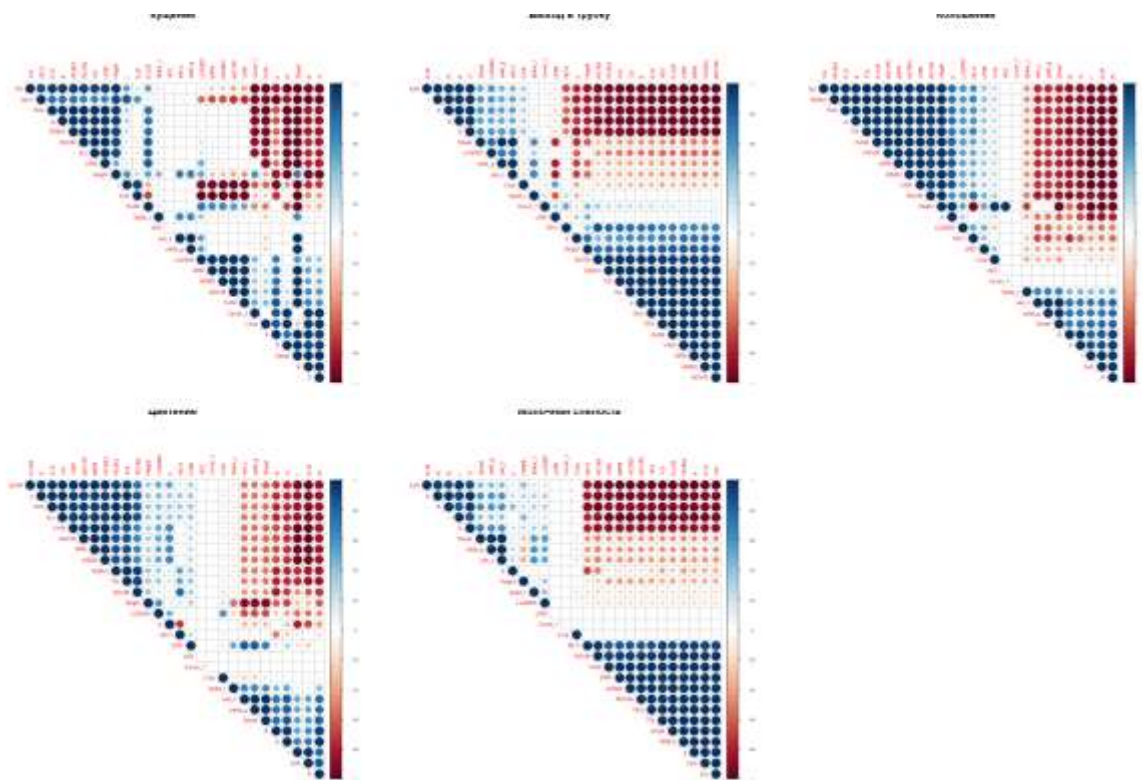
По RGB снимкам с БВС был оценен ряд вегетационных индексов: VARI, TGI, GLI, NGRDI и др., также вручную раз в неделю оценивалась высота растений по каждой фазе развития растений и длина колоса начиная с стадии цветения.

Опытный участок площадью 1,5 га делился на 81 квадрат. Результаты проксимальной оценки характеристик культур (высота, длина колоса, LAI, проективное покрытие и урожайность) были усреднены на отдельный квадрат, соответственно.

Проективное покрытие оценивалось по фотографиям через ПО ImageJ, расчеты всего массива данных и построение графиков результатов оценки проводилось в расчетной среде R.

*Результаты и обсуждения.* По результатам проведенных мониторинговых наблюдений были составлены корроделограммы зависимостей различных параметров друг от друга по каждой основной фазе развития пшеницы: кущения, выход в трубку, колошение, цветение и молочная спелость (рис.1).

Корроделограммы показывают, что ряд вегетационных индексов могут помочь предсказывать высоту и проективное покрытие пшеницы на ранних фазах развития (кущение, выход в трубку), где коэффициент корреляции близок к 1. На более поздних фазах предсказания биометрических характеристик и урожайности культуры относительно вегетационных индексов имеет слабую обратную корреляцию ( $r$  варьирует от 0,4 до 0,65).



**Рис.1 – Корроделограммы зависимостей измеренных характеристик по результатам мониторинга**

Результаты мониторинга LAI помощью LP-80 и LAI-2200C показывают высокую корреляцию ( $r$  близкая к 1) с урожайностью на стадии кущения и выхода в трубку, что определяет данные фазы развития как ключевые для развития культуры и потенциальной урожайности, то есть возможно повлиять на урожайность культуры на данных фазах путем регулирования режима питания или минимизации природных рисков (перепады температур, засуха/переувлажнение почв).

### Библиографический список

1. Агроэкологический мониторинг почвенных потоков закиси азота в природных и агрогенно измененных черноземах Центрально-черноземного заповедника / А. Тембо, М. Самарджич, Д. В. Морев [и др.] // Агрохимический вестник. – 2014. – № 5. – С. 19-24.

2. Александров, Н. А. Мониторинг фенофаз яровой пшеницы с помощью беспроводных сетей спектрометров / Н. А. Александров, И. А. Серегин // Материалы Международной научной конференции молодых учёных и специалистов, посвящённой 135-летию со дня рождения А.Н. Костякова : сборник статей, Москва, 06–08 июня 2022 года. Том 1. – Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2022. – С. 110-113.

3. Бузылев, А. В. Агроэкологическая оценка высоко окультуренных пахотных угодий представительных хозяйств Пензенской области / А. В. Бузылев, С. Ю. Ермаков // Доклады ТСХА : Международная научная конференция, посвященная 175-летию К.А. Тимирязева, Москва, 06–08 декабря 2018 года. Том Выпуск 291, Часть IV. – Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2019. – С. 667-670.

4. Оценка применимости прибора Assurag LP-80 для изменения индекса листовой поверхности (LAI) посевов яровой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) по данным сравнения с LI-Cor LAI 2200C / М. С. Бобровская, А. О. Петрова, Н. А. Александров [и др.] // Аграрная наука - 2022 : материалы Всероссийской конференции молодых исследователей, Москва, 22–24 ноября 2022 года. – Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2022. – С. 999-1002.

5. Таллер, Е. Б. Оценка динамики биомассы растительных сообществ в ходе постагрогенной сукцессии в условиях центрально - лесного заповедника / Е. Б. Таллер, Т. В. Комарова, М. В. Тихонова // Доклады ТСХА : Международная научная конференция, посвященная 175-летию К.А. Тимирязева, Москва, 06–08 декабря 2018 года. Том Выпуск 291, Часть IV. – Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2019. – С. 691-695.

6. Цифровые технологии агроэкологического мониторинга и оптимизация земледелия / И. И. Васенев, Н. А. Александров, И. В. Андреева [и др.]. – Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2022. – 240 с. – ISBN 978-5-6048783-0-9.

7. Васенев, И. И. Геоинформационно-методическое обеспечение агроэкологической оптимизации и прецензионного земледелия в условиях Черноземной зоны России / И. И. Васенев, А. В. Бузылев, А. В. Велик // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2007. – № 2. – С. 48-55. – EDN IADQHZ.

8. Кирюшин, Б. Д. Основы научных исследований в агрономии : учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по агрономическим специальностям и направлениям / Б. Д. Кирюшин, Р. Р. Усманов, И. П. Васильев ; Б. Д. Кирюшин, Р. Р. Усманов, И. П. Васильев. – Москва : КолосС, 2009. – (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений). – ISBN 978-5-9532-0497-2. – EDN QKZYKT.

УДК 004.94

## МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЛЬЕФА МЕСТНОСТИ С ПОМОЩЬЮ ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ НА ПРИМЕРЕ ЛЕСНОЙ ОПЫТНОЙ ДАЧИ

*Безруких Алексей Игоревич, аспирант кафедры экологии. ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 127434, г. Москва, Тимирязевская ул., 49. [abezrukih@list.ru](mailto:abezrukih@list.ru)*

***Аннотация:** Данная работа посвящена созданию модели рельефа территории Лесной опытной дачи. В исследование проводится анализ различных методик по созданию рельефа местности, проводится оценка их преимуществ и недостатков.*

***Ключевые слова:** qGis, SRTM, ЛОД, SketchUp, моделирование местности, Лесная опытная дача*

Создание цифровых систем является актуальной темой на данный момент. Данное направление позволяет проводить комплексный анализ территории, заносить множество данных в одну систему и создавать модели местности для оценки особенностей территории. Данные, полученные в результате работы, могут использоваться для экологических исследований – оценка влияния рельефа на загрязнение тяжёлыми металлами, оценка состояния растительности, почвенные исследования.

Для исследования была выбрана территория Лесной опытной дачи. На данной местности можно обнаружить множество особенностей строения рельефа, такие как большие перепады высот и наличием различных типов уклонов. В первую очередь стоит выделить тип рельефа – моренная равнина, на 60 метров выше уровня реки Москвы.



**Рис. 2. Пиковые точки на объекте**