


## Связь сезонной динамики озимой пшеницы и рельефа в подзоне южных черноземов Волгоградской области

Асель Нурлановна Берденгалиева <sup>1</sup>, м.н.с., e-mail: berdengalieva-an@vfanc.ru,  
ORCID: 0000-0002-5252-7133,

Руслан Нурланович Берденгалиев<sup>1,2</sup>, ORCID: 0000-0002-4664-1984, лаборант-исследователь, лаборатория геоинформационного моделирования и картографирования агролесоландшафтов –  
<sup>1</sup>Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (ФНЦ агроэкологии РАН), e-mail: info@vfanc.ru, 400062, пр. Университетский, 97, г. Волгоград

<sup>2</sup>Волгоградский государственный университет, 400062, пр. Университетский, 100, г. Волгоград, Россия

*В статье рассматриваются результаты картографирования пахотных земель по данным дистанционного зондирования на территории Еланского района. Целью настоящей работы являлось определение закономерностей связи показателей NDVI (Normalized difference vegetation index) с морфометрическими условиями территории. Сезонная динамика NDVI широко используется для картографирования сельскохозяйственных угодий, определения культур на полях. Однако влияние рельефа на NDVI изучалось только на примере отдельных хозяйств относительно небольшой площади. В результате работы определены актуальные границы пахотных земель на территории Еланского района. Выделено более 1300 сельскохозяйственных полей, что составляет 73% от общей площади района. На основе полученной маски полей выполнен морфометрический анализ размещения сельскохозяйственных угодий. Определена преобладающая экспозиция и преобладающая крутизна склонов для каждого поля. Пахотные земли располагаются на склонах с крутизной от 1° до 3°. Около 90% пахотных земель района расположены на склонах с крутизной до 1°. На основе данных дистанционного зондирования Земли, полученных с использованием уникальной научной установки «ЦКП «ИКИ-Мониторинг», идентифицированы поля, занятые озимыми культурами с точностью 97%. По данным MODIS определена сезонная динамика вегетационного индекса NDVI озимой пшеницы. Максимальные значения вегетационного индекса озимых отмечены на склонах юго-восточной экспозиции в начале вегетации, минимальные – на склонах северо-восточной и северной экспозиции. Определение границ пашен на основе экспертного дешифрирования показало высокую точность, по сравнению с государственной статистикой ошибка составила 2%. Предложенный подход идентификации озимых культур и влияния рельефа на динамику NDVI может быть использован и на других территориях.*

**Ключевые слова:** агроландшафт, мониторинг, пахотные земли, Normalized difference vegetation index, дистанционное зондирование.

*Работа выполнена в рамках государственного задания ФНЦ агроэкологии РАН НИР № 122020100311-3 «Теоретические основы функционирования и природно-антропогенной трансформации агролесоландшафтных комплексов в переходных природно-географических зонах, закономерности и прогноз их деградации и опустынивания на основе геоинформационных технологий, аэрокосмических методов и математико-картографического моделирования в современных условиях».*

Поступила в редакцию: 05.08.2022

Принята к печати: 23.09.2022

Геоинформационные технологии широко применяются в сельском хозяйстве [5, 12, 14, 16, 18]. Электронные карты пространственного размещения угодий, культур являются основой для планирования севооборотов и агротехнических мероприятий. По этой причине крайне важно, чтобы карты посевных площадей обладали достаточной точностью. Спутниковые данные высокого и сверхвысокого пространственного разрешения позволяют выделять границы отдельных полей с необходимой точностью. Электронные карты полей являются основой геоинформационных систем поддержки принятия решений в точном земледелии. Внутри границ полей становится возможным анализ неоднородностей состояния посевов и почвенного покрова, выявление ареалов деградации почв, определение особенностей мезо-

микрорельефа, а также других задач сбора информации и мониторинга. Многочисленные исследования динамики состояния посевов посвящены изучению отдельных культур, агротехники, почвенного покрова, мелиоративному влиянию лесных насаждений, но как правило, в отрыве от морфометрических условий агроландшафтов. Только отдельные исследования на примере небольших тестовых полигонов демонстрируют влияние крутизны и экспозиции склонов на состояние посевных площадей [13].

Цель работы заключалась в выявлении актуальной структуры сельскохозяйственных земель, определении посевных площадей озимой пшеницы по данным дистанционного зондирования и анализе закономерностей сезонной динамики показателей вегетационного индекса (Normalized

difference vegetation index – NDVI) с учетом морфометрических условий территории. Для изучения показателей NDVI при отсутствии сведений о датах сева обычно используют озимые культуры, так как их динамика зависит не только от сроков сева, но и от условий зимовки и прогрева поверхности весной [11, 13]. При наличии данных о датах сева возможно проведение подобных исследований и для яровых культур.

Объектом исследования выбраны пахотные земли в пределах Еланского района. Использование не физико-географических, а административных границ обусловлено возможностью сравнения полученных данных по величинам посевных площадей с государственной статистикой.

Еланский район расположен на севере Волгоградской области и обладает площадью 267, 2 тыс га (рис.1). Граничит с Даниловским, Михайловскими и Киквидзенским районами Волгоградской области и на севере с Саратовской областью. Район исследования находится в зоне лесостепи с разрезающими территорию балками, в зоне юж-

ных черноземов [2]. Основной сферой деятельности региона является растениеводство, поэтому большая часть территории распаханна. На данный момент нет доступных четких границ обрабатываемых земель для всей территории исследования, а существующие карты земного покрова обладают недостаточной точностью и не разделяют пашни на отдельные поля.

**Материалы и методика исследований.** Для определения актуальных границ пахотных земель использовались доступные космические снимки высокого разрешения Sentinel-2 за 2021 год, полученные с помощью сервиса Vega-Science [15]. Мозаика снимков Sentinel из двух сцен (T38UMB и T38ULB) за 25 августа 2021 года представлена на рисунке 1. Границы пахотных земель определены методом визуального дешифрирования в комбинации видимых каналов. Этот метод достаточно трудоемкий, но обеспечивает наибольшую точность при выделении границ полей по сравнению с автоматизированными алгоритмами.

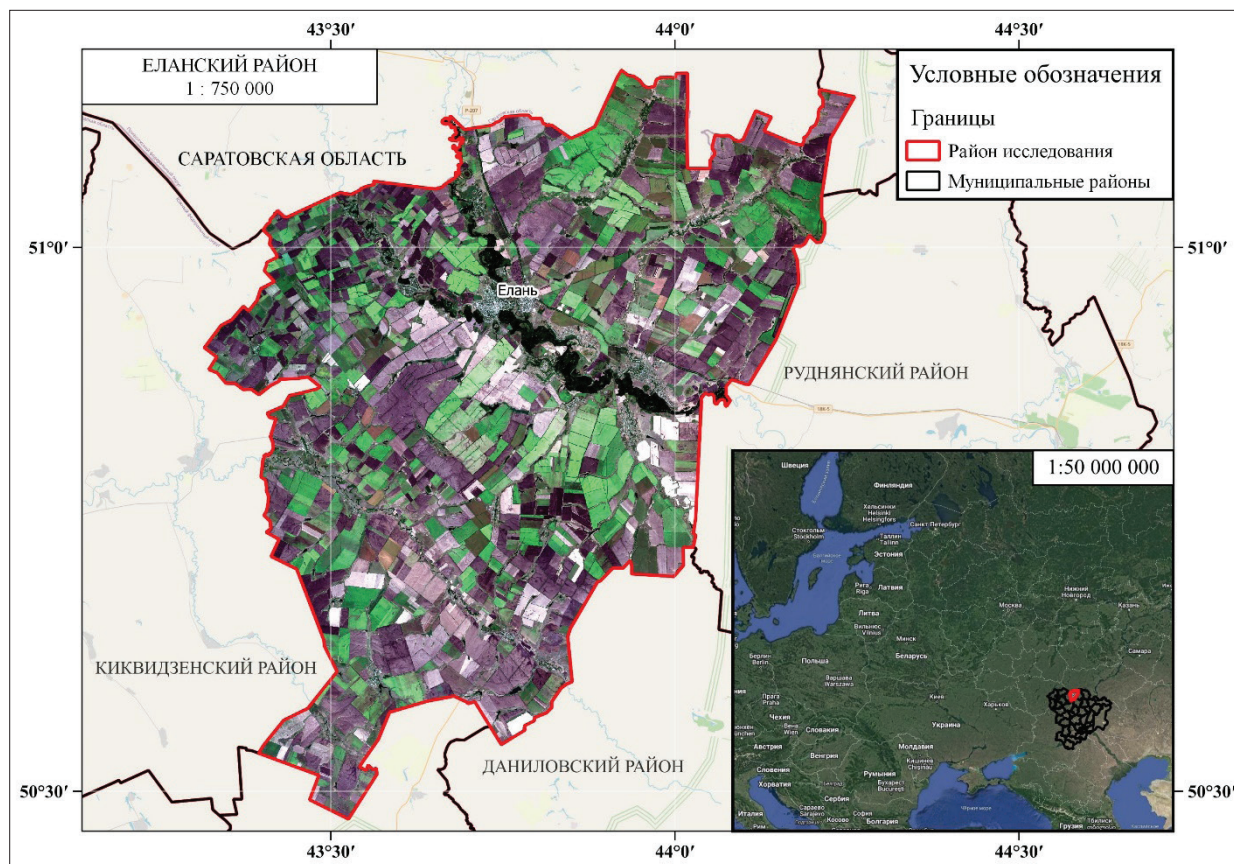


Рисунок 1 – Расположение объекта исследования, (дата снимка 25.08.2021)

Для анализа рельефа использована цифровая модель местности SRTM разрешения 30 метров, загруженная с помощью сервиса USGS EarthExplorer [17]. После скачивания растры SRTM были объединены (так как на территорию исследования попадает 4 сцены) и обрезаны маской границ района. Для вычисления морфометрических характеристик (экспозиция и крутизна склонов) выбрана

проекция UTM 38N. Для снижения влияния микро-рельефа и лесных насаждений при определении преобладающих экспозиций и крутизны склонов результирующий растр SRTM предварительно был подвергнут процедуре фильтрации. В результате земная поверхность была сглажена, что позволило получить менее шумные растры экспозиций и крутизны. Такой подход используется в ряде



исследований при изучении морфометрических параметров агроландшафтов [13]. Для каждого поля определялась преобладающая экспозиция и крутизна: с помощью инструментов зональной статистики растрового слоя определялось значение, соответствующее наибольшему количеству пикселей растра экспозиции и крутизны в границах поля. Эта величина и принималась за преобладающую экспозицию и крутизну.

Для определения местоположения озимых культур были использованы данные покрытия озимых, полученные с помощью сервиса «Vegetation Science» [15]. Были сформированы в веб-интерфейсе и выгружены маски озимых культур сезонов с 2002-2003 по 2020-2021 гг. в растровом

формате с координатной привязкой (рис.2). Метод детектирования озимых основан на анализе сезонной динамики NDVI, LAI и других вегетационных индексов с устраненным влиянием облачности и предполагает оперативное обнаружение и уточнение карт посевов озимых, яровых культур, а также чистого пара [9]. Эти данные широко применяются при анализе состояния посевов озимых культур в России [4, 6]. Поле считалось занятым озимыми культурами, если по указанным выше данным доля пикселей озимых составляла более 1/3 в его границах. Анализировались поля площадью более 20 га, т.к. на меньших велико влияние граничных пикселей [11].

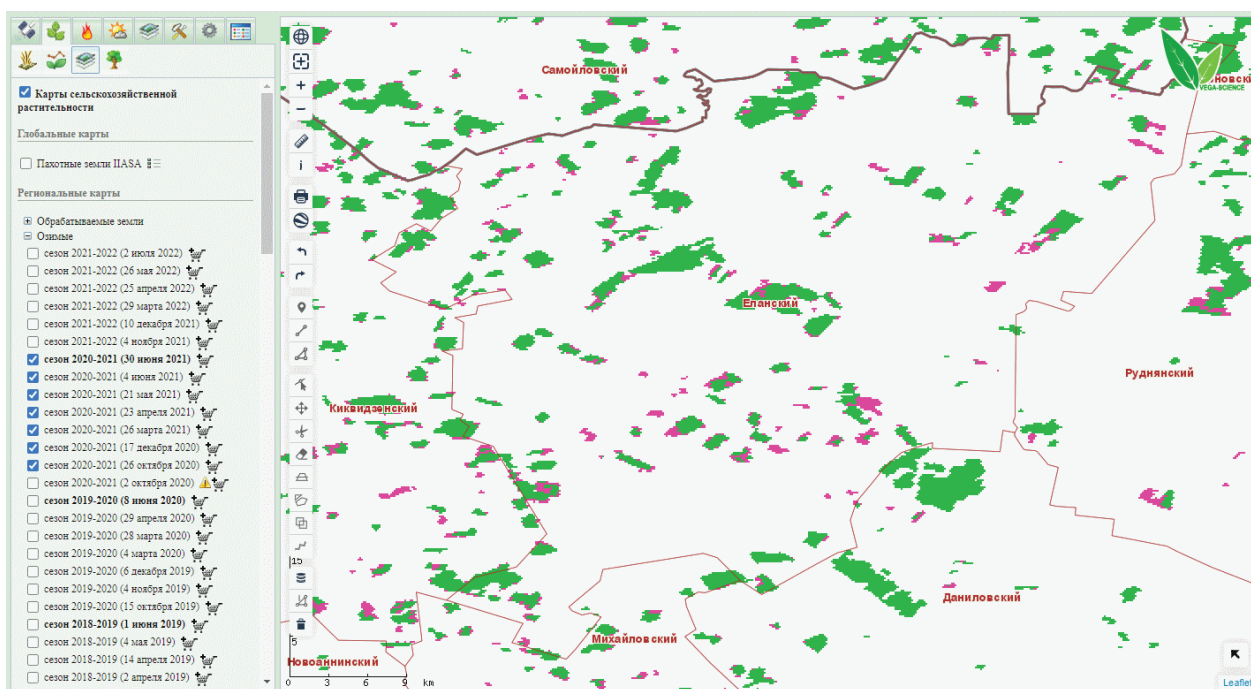


Рисунок 2 – Загрузка маски озимых Еланского района на 2020-2021 гг. из сервиса «Vegetation Science»

Также с помощью сервиса «Vegetation Science» загружены недельные композиты NDVI по данным MODIS пространственного разрешения 250 м за 2021 г. Используемые недельные композиты NDVI лишены влияния облачности, поэтому имеют непрерывный охват на всю территорию исследований [9]. Геоинформационное картографирование проводилось в программе QGIS. Все статистические операции и построение графиков выполнялись в MS Excel.

**Результаты и обсуждение.** В результате работы в Еланском районе картографировано 1385 полей, площадь которых составляет 195,7 тыс. га или 73,4% от общей площади района (рис.3). По данным Атласа почв в 2005 году площадь пашен составляла 199,8 тыс. га [7], что на 2% больше, чем получено по результатам экспертного дешифрирования. Различие может быть вызвано тем, что анализировались спутниковые данные на 2021 г., а указанная статистика приводится на 2005 г., соот-

ветственно, структура посевных площадей могла измениться за данный период. Согласно официальному сайту Администрации Еланского района, площадь пашни составляет 195 тыс. га [8], что соответствует полученным данным.

Таким образом, можно констатировать, что границы полей с помощью визуального дешифрирования выделены с достаточной точностью для дальнейшего анализа [3]. По данным спутниковой съемки в 2021 году идентифицировано 234,3 га залежей, по другим источникам в районе залежей нет [7]. Более актуальной, чем [7, 8] официальной информации о структуре земель Волгоградской области в открытом доступе нет, поэтому нет возможности провести сравнение с более современными данными.

Таким образом, оперативный анализ данных дистанционного зондирования Земли позволяет независимо и объективно актуализировать состояние землепользования в регионе [5].

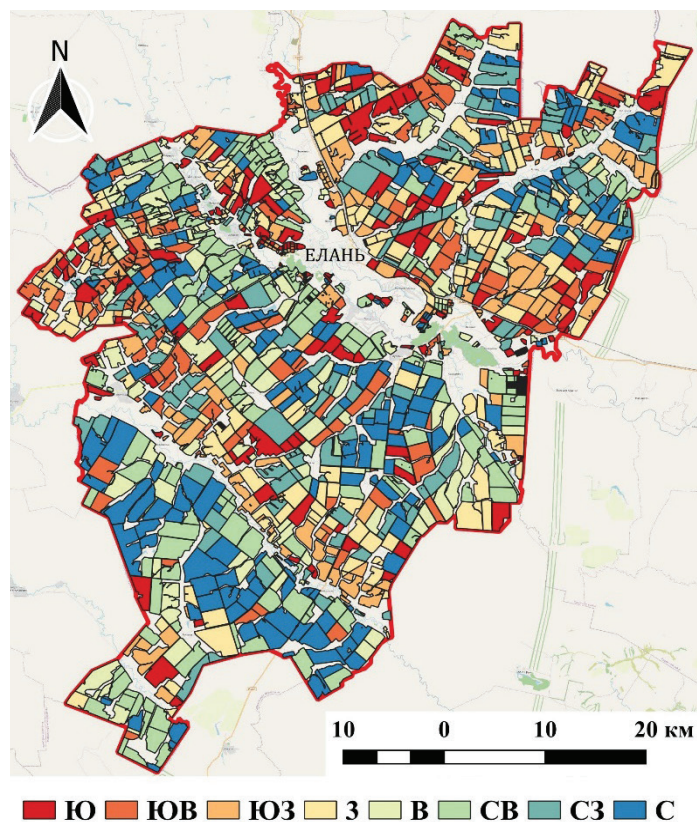


Рисунок 3 – Распределение пашни Еланского района по склонам различной экспозиции

В 2021 году в Еланском районе было засеяно 140,2 тыс. га, в том числе технических культур 78,9 тыс. га и 59,8 тыс. га зерновых и зернобобовых [1]. Всего в Еланском районе за 2021 год по данным дистанционного зондирования Земли с использованием сервиса «Vegeta-Science» идентифицировано 208 полей с озимыми культурами общей площадью 32,8 тыс. га. По данным Росстата, площадь озимой пшеницы за 2021 год составляла 30,9 тыс. га, пшеница – единственная озимая культура в районе после 2014 года [1]. Это позволяет констатировать, что использованные карты озимых культур имеют достаточно высокую точность (ошибка 6%).

В результате морфометрического анализа территории установлено, что рельеф относительно

ровный, крутизна склонов составляет от 1° до 3°. В таблице 1 представлен результат морфометрического анализа. Большая часть озимых полей расположена на склонах северо-восточной экспозиции, что составляет 20% от общего количества озимых. Количество полей северной и южной экспозиций имеют составляет по 14% от общего числа, меньше всего полей озимых на склонах юго-восточной, восточной и юго-западной экспозиции. Основная доля полей (92%) располагается на склонах с крутизной до 1°, а на склонах с крутизной более 2° всего одно поле с озимыми культурами. По этой причине в данной работе анализируется только влияние экспозиции склонов на сезонную динамику NDVI, т.к. выборка полей на склонах разной крутизны недостаточна.

Таблица 1 – Распределение количества полей озимой пшеницы Еланского района по преобладающей экспозиции и крутизне склонов

Крутизна, °	Экспозиция, румб								Всего
	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	
1°	29	42	18	14	29	15	27	19	193
2°	1	1	1	1	2	3	2	3	14
3°	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Всего	30	43	19	15	31	19	29	22	208

В результате обработки электронных карт озимых культур, полученных с помощью сервиса «Vegeta», была оценена динамика площадей посевов

озимых за 2003-2021 гг. Из-за недостатка данных карты озимых в период 2011-2013 и 2015-2017 гг. отсутствуют. Данные государственной стати-

стики озимых культур в разрезе муниципальных районов доступны только с 2007 года. Среднеголетняя ошибка определения площади озимых составила 3%, что является очень высокой точностью. Тем не менее, в отдельные годы данные ДЗЗ характеризовались отклонением до 25%, что может быть связано с аномалиями в развитии озимых культур, вызванных экстремальными ги-

дротермическими условиями. Например, в анализируемый в данной работе сезон 2020-2021 гг. характеризуется засухой, вызвавшей отставание в развитии всходов озимых по всему югу европейской России. В зимний же период отмечалось превышение многолетней нормы осадков, что способствовало стабилизации состояния посевов весной [10].

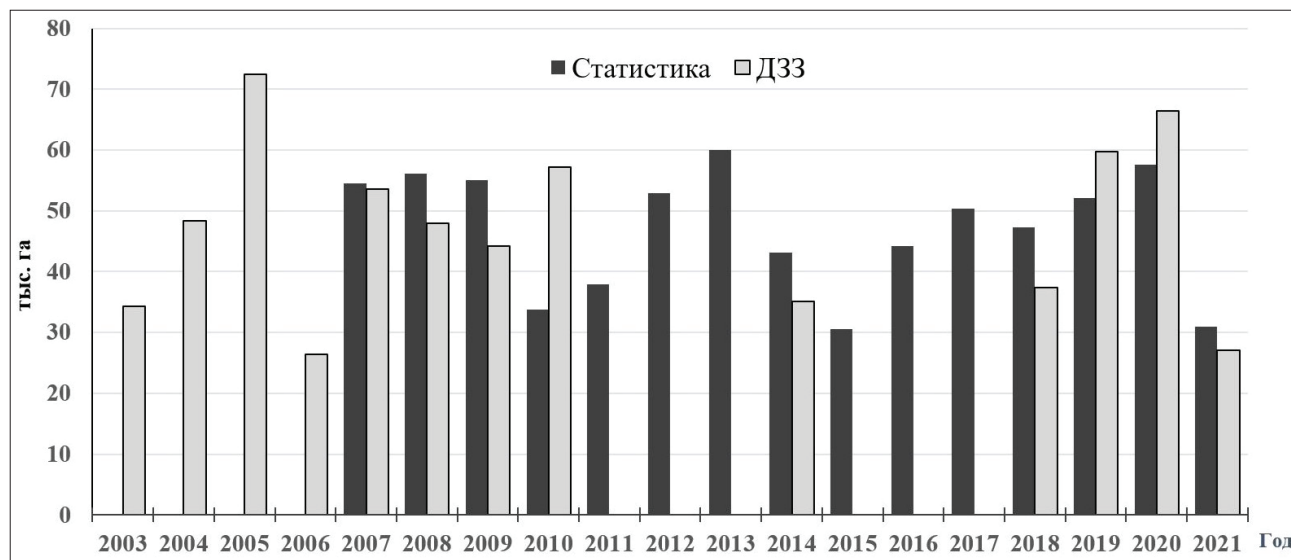


Рисунок 4 – Динамика площадей посевов озимых культур в Еланском районе по данным ДЗЗ и официальной статистики в 2003-2021 гг.

На рисунке 5 представлена сезонная динамика NDVI озимых для территории Еланского района за 2021 г. Посевы озимой пшеницы на склонах юго-восточной экспозиции в начале вегетации имеют максимальные значения NDVI, превышающие средние на 10-12%. Также существенно выше NDVI у посевов на склонах южной, западной и восточной экспозиции. Наиболее сильно отстают в развитии ранней весной посевы на склонах северо-восточной и северной экспозиции.

По данным Шинкаренко и др. [13] превышение NDVI озимой пшеницы на полях южной экспозиции Даниловского района Волгоградской области может достигать 20% от среднего значения. При этом для юго-восточной экспозиции отмечены, наоборот, более низкие (до 25%) значения вегетационного индекса. В указанной работе проанализировано всего шесть полей озимой пшеницы юго-восточной экспозиции, что не является достаточной величиной для получения достоверных выводов для нескольких районов. Возможно, что полученная разница объясняется недостаточной исходной выборкой, использованной в работе [13]. И в Еланском и в Даниловском районах характерны более низкие (до 15%) значения NDVI на полях северо-восточной экспозиции. Эта особенность должна учитываться при анализе сезонных рядов NDVI, в том числе при детектировании озимых культур и оценке их состояния. Имеющиеся исследования состояния озимых в России никак не учитывают морфометрические характеристики рельефа [4], что может приводить к некорректным

оценкам и ошибкам детектирования посевов по данным дистанционного зондирования Земли.

К середине мая значения NDVI на разных склонах выравниваются, разница не превышает 5%. Отрезок со второй половины мая до конца июня считается периодом наибольшей однородности состояния посевов как среди отдельных полей, так и внутри каждого поля [11]. Экспозиция склонов влияет на распределение приходящей солнечной энергии, более «теплые» склоны, прилегающей к южному румбу экспозиции в весенний период опережают в развитии посевы на склонах, обращенных на север. Тем не менее к середине мая ситуация выравнивается, и морфометрические характеристики уже не играют значительной роли. В июле различия в сезонном ходе NDVI обусловлены уборкой урожая и последующими агротехническими мероприятиями на убранных полях, поэтому экспозиция склонов уже не влияет на динамику NDVI.

**Заключение.** В результате проведенной работы получена маска векторных границ пахотных земель на территорию Еланского района. Сравнение с другими доступными данными показало, что полученная маска полей обладает достаточной точностью. Использование электронных карт покрытия озимыми культурами в сочетании с картой границ полей позволило получить пространственное распределение озимых и сопоставить их с морфометрическими характеристиками склонов. Среднеголетняя точность использованных карт посевов озимых культур составила 97%.



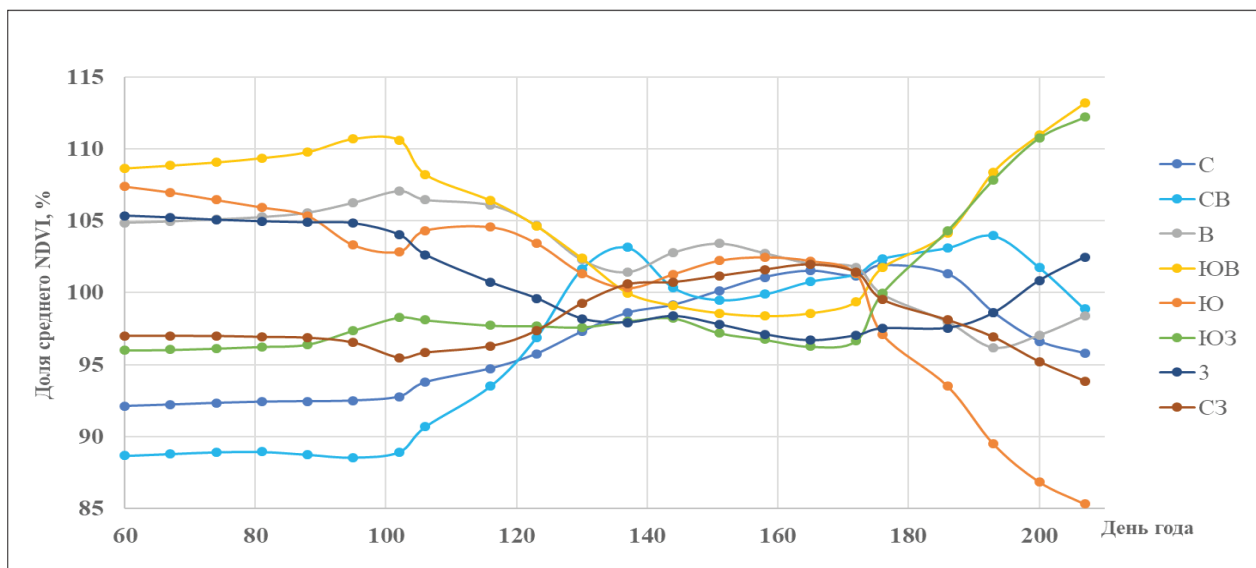


Рисунок 5 – Распределение сезонной динамики NDVI озимой пшеницы Еланского района в 2021 г.

Установлено, что на склонах южной экспозиции и прилегающих румбах в ранневесенний период значения NDVI озимой пшеницы выше на 10-12% по сравнению со средним по району значением. Это вызвано более ранним прогревом склонов и соответствующим ранним сходом снега. Эта особенность должна учитываться при организации агротехнических мероприятий, а также при анализе сезонных рядов вегетационного индекса.

В дальнейшем данную методику необходимо апробировать на других районах и регионах, а также для других сельскохозяйственных культур. Это позволит проанализировать влияние морфометрических характеристик рельефа на состояние посевов на разных по плодородию и противозерозионной устойчивости почвах. Также это позволит расширить разнообразие условий по крутизне склонов, т.к. на территории исследований эта величина не превышала 3°.

#### Литература:

1. База данных показателей муниципальных образований // Федеральная служба государственной статистики. URL: <https://gks.ru/dbscripts/munst/munst18/DBInet.cgi> (дата обращения 10.06.2022).
2. Барабанов А. Т., Кулик А. В. Теоретическое обоснование агролесомелиоративного адаптивно-ландшафтного обустройства сельскохозяйственных земель (на примере ООО «Большой Морец» Еланского района Волгоградской области) // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 4(60). С. 47-59. DOI 10.32786/2071-9485-2020-04-04.
3. Виноградов Б. В. Аэрокосмический мониторинг экосистем / Б. В. Виноградов. М.: Наука, 1984. 320 с.
4. Денисов П. В., Середа И. И., Трошко К. А., Лупян Е.А., Плотников Д.Е., Толпин В.А. Возможности и опыт оперативного дистанционного мониторинга состояния озимых культур на территории России // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2021. Т. 18. № 2. С. 171-185. DOI 10.21046/2070-7401-2021-18-2-171-185.

5. Денисова Е. В., Силова В. А. Геоинформационное обеспечение проведения мониторинга земель сельскохозяйственного назначения в системе управления земельными ресурсами (на примере Волгоградской области) // ИнтерКарто. ИнтерГИС. 2021. Т. 27. № 4. С. 57-65. DOI 10.35595/2414-9179-2021-4-27-57-65.

6. Лупян Е.А., Середа И.И., Денисов П.В., Трошко К.А., Плотников Д.Е., Толпин В.А. Дистанционный мониторинг состояния озимых культур зимой 2020-2021 гг. на Европейской территории России // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2021. Т. 18. № 1. С. 165-172. DOI 10.21046/2070-7401-2021-18-1-165-172.

7. Национальный атлас почв Российской Федерации. М.: Астрель: АСТ. 2011. 632 с.

8. Общие сведения // Администрация Еланского муниципального района Волгоградской области. URL: <http://adm-elanrn.ru/obschie-svedeniya.html> (дата обращения 20.07.2022).

9. Плотников Д.Е., Ёлкина Е.С., Дунаева Е.А., Хвостиков С.А., Лупян Е.А., Барталев С.А. Развитие метода автоматического распознавания озимых культур на основе спутниковых данных для оценки их состояния на территории Республики Крым // Таврический вестник аграрной науки. 2020. № 1(21). С. 64-82. DOI 10.33952/2542-0720-2020-1-21-64-83.

10. Середа И.И., Денисов П.В., Трошко К.А., Лупян Е.А., Плотников Д.Е., Толпин В.А. Уникальные условия развития озимых культур, наблюдаемые по данным спутникового мониторинга на европейской территории России в октябре 2020 г // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2020. Т. 17. № 5. С. 304-310. DOI 10.21046/2070-7401-2020-17-5-304-310

11. Терехин Э.А., Маринина О.А. Исследование особенностей развития посевов зерновых озимых на основе их спектрально-отражательных характеристик // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2016. Т. 13. № 5. С. 202-213.

12. Шинкаренко С. С., Кошелева О. Ю., Солодовников Д. А., Пугачева А. М. Анализ пастбищных ресурсов Волгоградской области в геоинформационной системе // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 1(53). С. 123-130. DOI 10.32786/2071-9485-2019-01-15.

13. Шинкаренко, С.С., Бодрова, В.Н., Сидорова, Н.В. Влияние экспозиции склонов на сезонную динамику вегетационного индекса NDVI посевных площадей // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 1(53). С. 96-105. DOI 10.32786/2071-9485-2019-01-12.

14. Юферев В.Г., Кулик К.Н., Рулев А.С., Мушаева К.Б., Кошелев А.В., Дорохина З.П., Березовикова О.Ю. 2010. Геоинформационные технологии в агроресомелиорации. Волгоград: ВНИАЛМИ. 102 с.

15. Loupian E., Burtsev M., Proshin A., Kashnitskii A., Balashov I., Bartalev S., Konstantinova A., Kobets D., Radchenko M., Tolpin V., Uvarov I. 2022. Usage Experience

and Capabilities of the VEGA-Science System // Remote Sensing. Vol. 14(1): 77. DOI: 10.3390/rs14010077.

16. Moreira A., Bremm C., Fontana D.C., Kuplich T.M. Seasonal dynamics of vegetation indices as a criterion for grouping grassland typologies // Sci. Agric. 2019. Vol.76. №1. P. 24-32.

17. USGS Earth Explorer // USGS. Science for a changing world. URL: <http://earthexplorer.usgs.gov> (дата обращения 10.06.2022).

18. Wardlow B., Egbert S. Large-area crop mapping using time-series MODIS 250 m NDVI data: An assessment for the U.S. Central Great Plains // Remote Sensing of Environment. 2008. Vol. 112. P. 1096-1116.

DOI: 10.34736/FNC.2022.118.3.007.49-56

## The Relationship of Relief and Winter Wheat Seasonal Dynamics in the Subzone of Southern Chernozems in the Volgograd Region

Berdengalieva Asel' Nurlanovna<sup>✉1</sup>, Junior Researcher, e-mail: berdengalieva-an@vfanc.ru, ORCID: 0000-0002-5252-7133,

Berdengaliev Ruslan Nurlanovich<sup>1,2</sup>, ORCID: 0000-0002-4664-1984, laboratory assistant-researcher of the Laboratory of Geoinformation Modeling and Mapping of Agroforestry Landscapes –

<sup>1</sup>Federal State Budget Scientific Institution “Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences” (FSC of Agroecology RAS), Volgograd, Russia;

<sup>2</sup>Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Volgograd State University»

**Abstract.** The article discusses the results of mapping of arable lands according to remote sensing data on the territory of the Elansky district. The purpose of this work was to determine the NDVI (Normalized difference vegetation index) values relationship regularities with morphometric conditions of the territory. The seasonal dynamics of NDVI is widely used for mapping agricultural land, determining crops in the fields. However, the influence of relief on NDVI was studied only on the example of individual farms which area is relatively small. As a result of the work, the actual boundaries of arable land on the Elansky district territory were determined. More than 1300 agricultural fields have been allocated, which is 73% of the total area of the district. Based on the obtained mask of the fields, a morphometric analysis of the agricultural land placement was performed. The prevailing exposure and steepness of the slopes for each field were determined. Arable land is located on slopes with a steepness from 1° to 3°. About 90% of the arable land of the district is located on slopes with a steepness of up to 1°. On the basis of the Earth remote sensing data obtained using the unique scientific installation “ЦКП “ИКИ-Мониторинг”, fields occupied by winter crops were identified with 97% accuracy. According to MODIS data, the seasonal dynamics of the vegetation index NDVI of winter wheat has been determined. The maximum values of the vegetation index of winter crops are noted on the slopes of the south-eastern exposure at the beginning of the growing season, the minimum values are on the slopes of the north-eastern and northern exposure. The arable land boundaries determination on the basis of expert

decryption showed high accuracy, compared with the state statistics, the error was 2%. The proposed approach to the identification of winter crops and the influence of relief on the NDVI dynamics can be used in other territories.

**Keywords:** agrolandscape, monitoring, arable land, NDVI, remote sensing

The work was carried out within the framework of the state task of the FSC of agroecology RAS No. 122020100311-3 “Theoretical foundations of the functioning and natural-anthropogenic transformation of agroforestry complexes in transitional natural-geographical zones; patterns and forecast of their degradation and desertification based on geoinformation technologies, aerospace methods and mathematical cartographic modeling in contemporary conditions”.

Received: 05.08.2022

Accepted: 23.09.2022

### References:

1. Database of municipalities indicators // Federal State Statistics Service. URL: <https://gks.ru/dbscripts/munst/munst18/DBInet.cgi> (access date: 10.06.2022).

2. Barabanov A. T., Kulik A. V. *Teoreticheskoe obosnovanie agrolesomeliativnogo adaptivno-landshaftnogo obustroystva sel'skokhozyajstvennykh zemel' (na primere OOO “Bol'shoy Morets” Elanskogo rajona Volgogradskoj oblasti)* [Theoretical substantiation of agroforestry adaptive landscape arrangement of agricultural lands (on the example of LLC “Bolshoy Morets” of the Elansky district of the Volgograd region)]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Proceedings of the Lower-Volga agrouniversity complex: Science and higher professional education]. 2020. 4(60). pp.

47-59. DOI 10.32786/2071-9485-2020-04-04.

3. Vinogradov B.V. *Aerokosmicheskij monitoring ekosistem* [Aerospace monitoring of ecosystems]. Moscow. «Nauka» Publ. house. 1984. 320 p.

4. Denisov P.V., Sereda I.I., Troshko K.A., Lupyan E.A., Plotnikov D.E., Tolpin V.A. *Vozmozhnosti i opyt operativnogo distantsionnogo monitoringa sostoyaniya ozimyykh kul'tur na territorii Rossii* [Possibilities and experience of operational remote monitoring of the winter crops state in Russia]. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa* [Contemporary problems of the Earth remote sensing from space]. 2021. T. 18. 2. pp. 171-185. DOI 10.21046/2070-7401-2021-18-2-171-185.

5. Denisova E.V., Silova V.A. *Geoinformatsionnoe obespechenie provedeniya monitoringa zemel' sel'skokhozyajstvennogo naznacheniya v sisteme upravleniya zemel'nymi resursami (na primere Volgogradskoj oblasti)* [Geoinformation support for monitoring agricultural lands in the land management system (on the example of the Volgograd region)]. InterKarto. InterGIS. 2021. T. 27. 4. pp. 57-65. DOI 10.35595/2414-9179-2021-4-27-57-65.

6. Lupyan E.A., Sereda I.I., Denisov P.V., Troshko K.A., Plotnikov D.E., Tolpin V.A. *Distantsionnyj monitoring sostoyaniya ozimyykh kul'tur zimoy 2020-2021 gg. na Evropejskoj territorii Rossii* [Remote monitoring of winter crops in winter 2020-2021 on the European territory of Russia]. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa* [Contemporary problems of the Earth remote sensing from space]. 2021. T. 18. 1. pp. 165-172. DOI 10.21046/2070-7401-2021-18-1-165-172.

7. *Natsional'nyj atlas pochv Rossijskoj Federatsii* [National Atlas of Soils of the Russian Federation]. Moscow. «Astrel': AST» Publ. house. 2011. 632 p.

8. General information // Administration of the Elansky municipal district of the Volgograd region. URL: <http://adm-elanrn.ru/obschie-svedeniya.html> (access date: 20.07.2022).

9. Plotnikov D.E., Yolkina E.S., Dunaeva E.A., Khvostikov S.A., Lupyan E.A., Bartalev S.A. *Razvitie metoda avtomaticheskogo raspoznaniya ozimyykh kul'tur na osnove sputnikovyykh dannykh dlya otsenki ikh sostoyaniya na territorii Respubliki Krym* [Development of the method of automatic recognition of winter crops based on satellite data to assess their condition on the territory of the Republic of Crimea]. *Tavricheskiy vestnik agrarnoj nauki* [Tauride Bulletin of Agrarian Science]. 2020. 1(21). pp-82. DOI 10.33952/2542-0720-2020-1-21-64-83.

10. Sereda I.I., Denisov P.V., Troshko K.A., Lupyan E.A., Plotnikov D.E., Tolpin V.A. *Unikal'nye usloviya razvitiya ozimyykh kul'tur, nablyudaemye po dannym sputnikovogo monitoringa na evropejskoj territorii Rossii v oktyabre 2020 g* [The winter crops development unique conditions observed on the European territory of Russia in October

2020 according to satellite monitoring data]. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa* [Contemporary problems of the Earth remote sensing from space]. 2020. T. 17. 5. pp. 304-310. DOI 10.21046/2070-7401-2020-17-5-304-310

11. Terekhin E.A., Marinina O.A. *Issledovanie osobennostej razvitiya posevov zernovykh ozimyykh na osnove ikh spektral'no-otrazhatel'nykh kharakteristik* [Investigation of the winter grain crops development peculiarities on the basis of their spectral-reflective characteristics]. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa* [Contemporary problems of the Earth remote sensing from space]. 2016. T. 13. 5. pp. 202-213.

12. Shinkarenko S.S., Kosheleva O.Yu., Solodovnikov D.A., Pugacheva A.M. *Analiz pastbishchnykh resursov Volgogradskoj oblasti v geoinformatsionnoj sisteme* [Analysis of the Volgograd region pasture resources in the geoinformation system]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Proceedings of the Lower-Volga agrouniversity complex: Science and higher professional education]. 2019. 1(53). pp. 123-130. DOI 10.32786/2071-9485-2019-01-15.

13. Shinkarenko S.S., Bodrova V.N., Sidorova N.V. *Vliyaniye ekspozitsii sklonov na sezonnyy dinamiku vegetatsionnogo indeksa NDVI posevnykh ploshchadej* [Slope exposure influence on seasonal dynamics of vegetation index NDVI of acreage]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Proceedings of the Lower-Volga agrouniversity complex: Science and higher professional education]. 1(53). pp. 96-105. DOI 10.32786/2071-9485-2019-01-12.

14. Yuferev V.G., Kulik K.N., Rulev A.S., Mushaeva K.B., Koshelev A.V., Dorokhina Z.P., Berezovikova O.Yu. *Geoinformatsionnye tekhnologii v agrolesomeliatsii* [Geoinformation technologies in agroforestry melioration]. 2010. Volgograd. VNIALMI Publ. house. 102 p.

15. Loupian E., Burtsev M., Proshin A., Kashnitskii A., Balashov I., Bartalev S., Konstantinova A., Kobets D., Radchenko M., Tolpin V., Uvarov I. Usage Experience and Capabilities of the VEGA-Science System. *Remote Sensing*. 2022. Vol. 14(1): 77. DOI: 10.3390/rs14010077.

16. Moreira A., Bremm C., Fontana D.C., Kuplich T.M. Seasonal dynamics of vegetation indices as a criterion for grouping grassland typologies. *Sci. Agric*. 2019. Vol.76. №1. P. 24-32.

17. USGS Earth Explorer // USGS. Science for a changing world. URL: <http://earthexplorer.usgs.gov> (access date:10.06.2022).

18. Wardlow B., Egbert S. Large-area crop mapping using time-series MODIS 250 m NDVI data: An assessment for the U.S. Central Great Plains. *Remote Sensing of Environment*. 2008. Vol. 112. P. 1096-1116.

**Цитирование.** Берденгалиева А.Н., Берденгалиев Р.Н. Связь сезонной динамики озимой пшеницы и рельефа в подзоне южных черноземов Волгоградской области // Научно-агрономический журнал. 2022. №3(118). С. 49-56. DOI: 10.34736/FNC.2022.118.3.007.49-56

**Авторский вклад.** Авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования, ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Citation.** Berdengalieva A.N., Berdengaliev R.N. The Relationship of Relief and Winter Wheat Seasonal Dynamics in the Subzone of Southern Chernozems in the Volgograd Region. *Scientific Agronomy Journal*. 2022. 3(118). pp. 49-56. DOI: 10.34736/FNC.2022.118.3.007.49-56

**Author's contribution.** Authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. Authors of this paper have read and approved the final version submitted.

**Conflict of interest.** Authors declare no conflict of interest.