

Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«ЮЖНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

На правах рукописи



ТАРИК ЕКАТЕРИНА ПЕТРОВНА

**СЕГЕТАЛЬНАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ АГРОЦЕНОЗОВ ЗЕРНОВЫХ
КУЛЬТУР СЕВЕРНОГО ПРИАЗОВЬЯ**

1.5.15. Экология (биологические науки)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Ростов-на-Дону – 2023

Работа выполнена на кафедре экологии и природопользования Академии биологии и биотехнологии им. Д.И. Ивановского федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Южный федеральный университет"

Научный руководитель:

Вардуни Татьяна Викторовна,

доктор педагогических наук, кандидат биологических наук, доцент, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южный федеральный университет», Ботанический сад, директор

Официальные оппоненты:

Костылев Павел Иванович,

доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Аграрный научный центр "Донской"» (ФГБНУ «АНЦ «Донской»), лаборатория селекции и семеноводства риса, главный научный сотрудник

Муртазалиев Рамазан Алибегович,

кандидат биологических наук, доцент, Прикаспийский институт биологических ресурсов Дагестанского федерального исследовательского центра Российской академии наук, лаборатория почвенных и растительных ресурсов, руководитель

Защита диссертации состоится **23 ноября 2023 года в 15.00** на заседании диссертационного совета ЮФУ801.01.01 по биологическим наукам на базе Академии биологии и биотехнологии им. Д.И. Ивановского Южного федерального университета по адресу: 344090, г. Ростов-на-Дону, пр. Стачки 194/1, к. 712.

С диссертацией можно ознакомиться в Зональной научной библиотеке им. Ю.А. Жданова Южного федерального университета по адресу: 344090, г. Ростов-на-Дону, ул. Р. Зорге, 21Ж и на сайте Южного федерального университета <https://hub.sfedu.ru/diss/show/1319091/>.

Автореферат разослан «__» _____ 2023 г.

Отзыв на автореферат в 2-х экз. (с указанием даты, полностью ФИО, учёной степени со специальностью, звания, организации, подразделения, должности, адреса, телефона, e-mail), заверенный печатью организации, просим направлять по адресу: 344090, г. Ростов-на-Дону, пр. Стачки, 194/1, к. 804, ученому секретарю диссертационного совета ЮФУ801.01.01 Тимошенко А.Н., а также в формате .pdf на e-mail: atimoshenko@sfedu.ru

Ученый секретарь
диссертационного совета



Тимошенко Алена Николаевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. В структуре российского растениеводства основополагающая роль отведена зерновому хозяйству: производству, переработке и хранению зерна. Ростовская область занимает первое место по площади сельскохозяйственных угодий и посевов зерновых культур. Зерновые культуры занимают около 76% посевных площадей (Масалов и др., 2021; <https://www.donland.ru/activity/193/>). Более 70% посевов зерновых засорены в сильной и средней степени, поэтому очевидна необходимость борьбы с сорняками (Гордеев, 2003; Захаренко, 2001; Павлюшин и др., 2015; Кириленко, 2004; Лаптиев, 2015; Маханькова, 2013; Токарев, 2014).

Обязательным условием сохранения урожая зерновых культур является изучение флористического и фитоценотического разнообразия сегетальной растительности, на основе которого осуществляется прогнозирование и моделирование состояния агроценозов и мер их защиты (Зазимко, 2011; Миркин, 2012; Мысник, 2014).

Изучению видового состава сегетальных растений различных регионов России (средняя полоса Европейской части России, Сибирь, Дальний Восток, республика Башкортостан, Уральский регион и т.д.) посвящен большой объем исследований (Третьякова, 2020; (Третьякова, 2020; Шлякова, 1982; Палкина, 2011, 2015; Ульянова, 1985, 2005; Терехина, 2000; Миркин, 1985; Слепцова, Рудаков, 1985; Хасанова, 2014; Хасанова, Ямалов, 2017; Тунагаев, 1971, 1977, 1984; Тунагаев, Семенова, 1993; Тунагаев, 2015; Третьякова, 2006; Третьякова, Кондратков, 2018).

Однако, имеющихся данных недостаточно для масштабных обобщений. Растительные сообщества являются маркерами экосистем, без их классификации невозможно проводить исследования экологии видов, популяций и функциональных характеристик сообществ. Изучение сегетальной растительности агроценозов зерновых культур Северного Приазовья актуально для создания более полной синтаксономической структуры растительности региона (Голованев, 2004; <http://elibrary.ru/item.asp?id=22912811>; Миркин, Наумова, 2014).

Весьма актуальна разработка современных методов идентификации флористических элементов, сообществ сегетальной растительности, что является важным условием сохранения урожая ценных зерновых культур, прогнозирования и моделирования состояний агроценозов и мер их защиты (Архипова и др., 2014; Михайленко и др., 2016).

Цель исследования – изучить эколого-флористическое разнообразие сегетальной растительности агроценозов зерновых культур Северного Приазовья и возможность идентификации сорных видов по их спектральным характеристикам.

Задачи исследования:

1. Выявить флористическое разнообразие сегетальной растительности агроценозов озимой пшеницы и ярового ячменя.
2. Провести эколого – флористическую классификацию растительных сообществ агроценозов озимой пшеницы и ярового ячменя.

3. Провести непрямой ординационный анализ растительных сообществ и построить экологическую модель пространственного распределения сегетальной растительности в агроценозах озимой пшеницы и ярового ячменя.

4. Выявить связь между основными флористическими элементами и их спектральными характеристиками.

Основные защищаемые положения:

1. Флористический состав сорного компонента агроценозов озимой пшеницы и ярового ячменя характеризуется преобладанием семейств Asteraceae, Poaceae и Fabaceae и малой видовой насыщенностью.

2. Сегетальная растительность агроценозов зерновых культур Северного Приазовья описана в рамках единого класса *Papaveretea rhoeadis* S. Brullo et al. 2001. В составленную классификационную схему входят один класс, один порядок, два союза и шесть ассоциаций.

3. Ассоциации сегетальной растительности располагаются от центра к периферии агроценозов зерновых культур в следующей последовательности: *Convolvulo arvensis–Glycyrrhizetum glabrae* -> *Fallopia convolvulus–Chenopodietum albi* -> *Chenopodio albi–Descurainietum sophiae* -> *Ambrosio artemisifoliae–Chenopodietum albi* и *Ambrosio artemisifoliae–Cirsietum setosi*.

4. На основе изучения 80 вегетационных индексов, показано, что совместное использование индексов D1, Datt3 и PSND, рассчитанных по данным гиперспектральной съемки, позволяет классифицировать виды сорных растений *Ambrosia artemisiifolia*, *Euphorbia seguieriana*, *Atriplex tatarica*, *Glycyrrhiza glabra* и *Setaria pumila* с максимальной точностью.

Научная новизна. Впервые проведена оценка флористического разнообразия сегетальной растительности агроценозов озимой пшеницы и ярового ячменя Северного Приазовья. Впервые выявлены ассоциации сегетальной растительности агроценозов озимой пшеницы и ярового ячменя Северного Приазовья. Впервые выявлена связь между основными флористическими элементами и их спектральными характеристиками. Впервые построена экологическая модель пространственного распределения сегетальной растительности агроценозов озимой пшеницы и ярового ячменя Северного Приазовья. Впервые показана возможность классификации сорных видов растений (*Ambrosia artemisiifolia*, *Euphorbia seguieriana*, *Atriplex tatarica*, *Glycyrrhiza glabra* и *Setaria pumila*) по данным гиперспектральной съемки.

Теоретическая и практическая значимость. Теоретическая значимость исследования обусловлена обобщением и анализом большого объема данных о флористическом и фитоценоотическом разнообразии сегетальной растительности агроценозов озимой пшеницы и ярового ячменя исследованного региона.

Практическая значимость исследования обусловлена возможностью использования полученных данных при мониторинге состояния посевов озимой пшеницы и ярового ячменя, выборе методов и периода обработки посевов для предотвращения распространения сорной растительности. Результаты, полученные в исследовании, могут быть использованы для прогнозирования динамики сегетальной

флоры региона и раскрытии истории её формирования, а также при картировании и ботанико-географическом районировании региона.

Личный вклад автора. Вклад соискателя состоит в сборе материала, экспериментальной работе, анализе и интерпретации полученных результатов, в подготовке рукописей диссертации и автореферата. Подготовка публикаций по теме исследования осуществлена самостоятельно или при активном участии автора. Основные результаты исследований, представленные в диссертационной работе, получены на кафедре экологии и природопользования и секторе фитоценологии и геопространственного анализа Ботанического сада Академии биологии и биотехнологии им. Д.И. Ивановского Южного федерального университета. На основе данных диссертационного исследования зарегистрировано 4 базы данных.

Апробация работы. Основные результаты были представлены и обсуждены на 4 международных конференциях: Международная научно-практической онлайн-конференция «Биоразнообразие, рациональное использование биологических ресурсов и биотехнологии», Астрахань: Астраханский государственный университет, 2020; XIII международная научно-практическая конференция посвященной 90-летию Донского государственного технического университета (Ростовского-на-Дону института сельхозмашиностроения), в рамках XXIII Агропромышленного форума юга России и выставки "Интерагромаш" «Состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса», 2020 г.; Международная научно-практическая конференция «Современные научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации»; Международная научная конференция, посвященная 95-летию Ботанического сада Южного федерального университета «Биологическое разнообразие и биоресурсы степной зоны в условиях изменяющегося климата Ростов-на-Дону», 24–29 мая 2022 г.

Публикации. По теме исследования опубликовано 8 работ, среди которых 1 публикация в изданиях, входящих в базы данных международных индексов научного цитирования Scopus и Web of Science, 3 работы входят в перечень рецензируемых научных изданий ЮФУ и ВАК. По результатам исследования опубликовано 4 РИД.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, 3 глав, заключения, выводов, списка литературы. Работа изложена на 154 страницах машинописного текста, содержит 23 таблицы, 44 рисунка. Список использованной литературы включает 396 источников, в том числе 109 на иностранных языках.

Конкурсная поддержка работы. Исследование выполнено при финансовой поддержке Фонда содействия инновациям, в рамках конкурса «УМНИК-20 (ЦЭ-3) (Договор - 660ГУЦЭС8-D3/63811 (вн. номер 0063811) от 09.12.2020).

Благодарности. Автор благодарит научного руководителя д.п.н., профессора Т.В. Вардуни, сотрудников кафедры Экологии и природопользования ЮФУ, Ботанического сада ЮФУ: с.н.с. П.А. Дмитриева, с.н.с. Б.Л. Козловского, директора Учебно-опытного хозяйства "Недвиговка" Д.П. Купрюшкина.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

В пяти подглавах представлен обзор отечественной и зарубежной литературы по теме исследования. Даны характеристика биологических особенностей и классификация сорных растений, их влияния на урожайность зерновых культур, описание методов контроля численности сорных растений и методов борьбы с ними, а также методов, подходов и технологий выявления сорной растительности в агроценозах зерновых культур с использованием данных дистанционного зондирования земли.

ГЛАВА 2. ОБЪЕКТ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом данного исследования являются агроценозы зерновых культур.

Предметом исследования является сеgetальная растительность зерновых культур «Северного Приазовья».

Основу работы составляют материалы, собранные в результате полевых исследований с 2020 по 2022 годы. Исследования проводились на посевах озимой пшеницы и ярового ячменя в пределах Мясниковского, Неклиновского и Аксайского районов Ростовской области.

Район исследования в схеме ботанико-географического районирования расположен в Северо-Приазовской степной подпровинции Причерноморской (Понтической) степной провинции Причерноморско-Казахстанской подобласти степной области Евразии.

Всего было выполнено 1106 геоботанических описаний на площадках 10×10 м. Описания проводились пунктирными полосами (метод пунктирной трансекты) через всё поле закладывая площадки через 10 м. поперёк посевов основной культуры и отступая вдоль посевов 20 м. в 2020 г., через 30 м. поперёк посевов и 50-100 м. вдоль посевов в 2021 г. и по диагонали через 100 м. в 2022 г. Проективное покрытие выражалось в процентах, + – менее одного процента. При сборе данных учитывалась так же методика геоботанического учета засоренности посевов сельскохозяйственных культур (Лунева, 2002; Лунева, 2010).

По данным геоботанических описаний были составлены сводные геоботанические таблицы.

В ходе исследований на флористическом уровне организации сообществ были проведены ряд анализов – таксономический, биоморфологический, экологический, хорологический, флорогенетический, выявлена группа наиболее активных сорняков данного сообщества, а также составлен аннотированный список.

При проведении биоморфологического анализа использовались две классификации жизненных форм:

- по И.Г. Серебрякову (Серебряков, 1962; 1964);
- по К. Раunkiеру (Raunkiær, 1907; 1934).

В экологическом анализе группировка производилась по отношению растений к условиям увлажнения (Шенников, 1950).

При выполнении хорологического анализа в основном использовалась классификация предложенная А.Л. Ивановым (Иванов, 2001) с учетом ареала видов растений (Тахтаджян, 1978; Черепанов, 1995).

Аборигенные и инвазивные виды определялись в соответствии с Флорой Нижнего Дона (Флора ..., 1984; 1985).

Активность вычислялась как произведение встречаемости на среднее проективное покрытие (Демина, 2011).

Сравнивая описания, полученные на всех площадках, вычисляли «встречаемость» видов. Встречаемость определяют как процент площадок, на которых встречен данный вид вне зависимости от его обилия. Обилие сорных видов оценивалось глазомерно-численным способом по 6-и балльной шкале предложенной Н.Ф. Комаровым, учитывая проективное покрытие видов (Палкина, 2011).

Постоянство учитывали по пятибалльной шкале, по сути, это встречаемость, выраженная в баллах.

В ходе выявления типологических единиц сообществ использовался метод непрямой ординации (Миркин, Наумова, 2012).

На основании классификационной процедуры в программе TWINSpan (метод табличной сортировки) (Hill, 1979), описания оказались разделены на 56 групп.

Далее анализ данных был проведен с использованием методов DCA (detrended correspondence analysis) – бестрендовый анализ соответствия (Hill, Gauch, 1980) (рис. 1), метода взаимного усреднения, и NMS, или NMDS (nonmetrical multidimensional scaling) – неметрическое многомерное шкалирование (Clarke, 1993) (рис. 2), в программе Juice 7.0.42.

Для большей наглядности ординационный анализ дополнительно выполнялся отдельно по культурам. Также в анализе использовался метод главных компонент или компонентный анализ (PCA, principal component analysis) (Джонгман и др., 1999).

Эколого-флористическая классификация проведена методом синтаксономического анализа (Braun-Blanquet, 1964; Westhoff et al., 1978; Миркин, Наумова, 2012). При принятии синтаксономических решений было проведено сравнение флористического состава выделенных сообществ, с диагностическими видами и флористическим составом описанных ранее синтаксонов сегетальной растительности России и ближнего зарубежья (Oberdorfer, 1993; Корженевский и др., 2003; Крораџ, 2006; Миркин и др., 2007; Ямалов, Шайхисламова, Миркин, 2007; Соломаха, 2008; Matuszkiewicz, 2012; Терещенко, 2013; Багрикова, 2016; Абрамова, Голованов, 2016; Хасанова и др., 2017; Природообустройство ..., 2019; Хасанова и др., 2021; Голованов, Биктимерова, 2022).

Изучение спектральных характеристик выбранных объектов проводились с использованием кадровой гиперспектральной камеры Cubert UHD185 (Bareth et al., 2015; Aasen et al., 2015).

Гиперспектральная съемка проводилась в дневное время при солнечной и безоблачной погоде. Для съемки выбирались объекты наиболее освещенный солнцем, для чего камера располагалась с юго-восточной стороны от объекта на расстоянии 90

см. Фиксировалось отраженное электромагнитное излучение от листьев в диапазоне 450–950 нм. Исследования проводились на посевах озимой пшеницы на двух участках: на северо-восточной окраине х. Веселый Мясниковского р-на Ростовской области. Площадь исследуемой территории 46 гектар, периметр 2,8 км². Были изучены образцы *Buglossoides arvensis* (L.) I.M. Johnst., *Galium humifusum* M. Bieb., *Lamium amplexicaule* L., *Setaria pumila* (Poir.) Roem. & Schult. и *Sinapis arvensis* L.; на территории Учебно-опытного хозяйства «Недвиговка» Южного федерального университета (ЮФУ). Были изучены образцы: *Ambrosia artemisiifolia* L., *Euphorbia seguieriana* Neck., *Atriplex tatarica* L., *Glycyrrhiza glabra* L., *Setaria pumila* (Poir.) Roem. & Schult.

Полученные данные представлены в виде одного панхроматического изображения, размером 1000 × 1000 пикс. и 125-ти гиперспектральных изображений, размером 50 × 50 пикс. Пространственное разрешение полученных гиперспектральных данных – порядка 35 мм².

Для оценки возможностей использования вегетационных индексов, рассчитанных по данным гиперспектральной съемки, для дистанционного выявления отдельных инвазионных и карантинных видов растений по литературным данным был составлен список из 80 вегетационных индексов. Для уменьшения ошибки измерения и удаления артефактов в спектральных данных на этапе предварительной обработки использовался фильтр Савицкого-Голея (длина 12 нм.). Обработка результатов гиперспектральной съемки проводилась в среде для статистических расчетов R (R Core Team), с использованием пакета *hsdar* (Lehnert et al., 2019). Для проверки нормальности распределения значений вегетационных индексов использовались следующие тест-методы: Norm test Shapiro–Wilk, Pearson's chi-squared, Lilliefors, Cramér–von Mises. Для сравнения средних значений вегетационных индексов был применен однофакторный дисперсионный анализ (ANOVA) and independent two-sample t-test.

ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

3.1. Флористическое разнообразие агроценозов зерновых культур Северного Приазовья

В ходе исследования флористического разнообразия сегетальной растительности агроценозов озимой пшеницы (*Triticum aestivum*) были описаны 1082 площадки (10×10 м). Описания проводились методом transect с целью исследования состава, структуры растительного покрова и выявления факторов, их определяющих.

В результате исследований посевов озимой пшеницы было выявлено 78 видов сорных растений (включая 5 культурных видов предшественника – *Cicer arietinum*, *Helianthus annuus*, *Hordeum vulgare*, *Pisum sativum*, *Zea mays*) из 75 родов и 31 семейства (рис. 1).

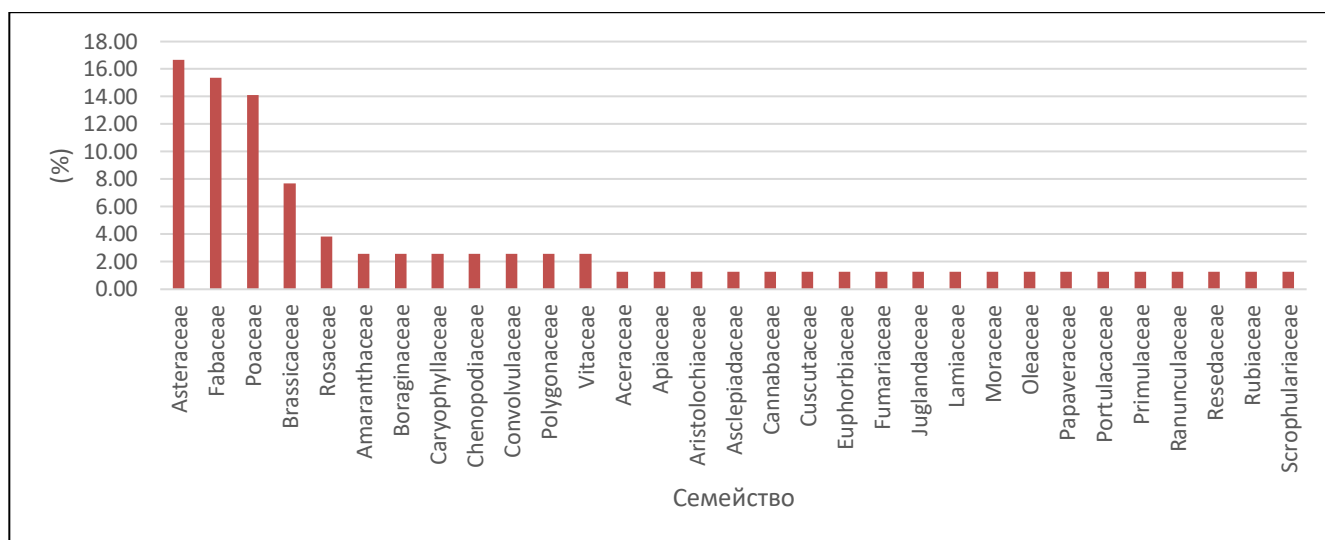


Рисунок 1 – Процентное распределение видов сорных растений в агроценозах озимой пшеницы (*Triticum aestivum*) по семействам

На семейство Asteraceae приходится 16,7% видов, Fabaceae – 15,4%, Poaceae – 14%, Brassicaceae – 7,7%, Rosaceae – 3,8% и на остальные одновидовые и двухвидовые семейства приходится 42,4 %.

Биоморфологически выявлено 11 жизненных форм по И.Г. Серебрякову (рис. 2).



Рисунок 2 – Биоморфологический состав сорного компонента в агроценозах озимой пшеницы (*Triticum aestivum*) по И.Г. Серебрякову (Серебряков, 1962; 1964)

Большинство видов составили монокарпические однолетники (50%), далее идут двулетники и малолетники – 10,3%, деревья – 9%, корнеотпрысковые 7,7%, травянистые лианы – 6,3 %, длиннокорневищные, коротkokорневищные и стержнекорневые по 3,8%, кустарники и лиановидные кустарники по 2 %, паразитные монокарпики – 1,3%.

По К. Раункиеру выявлено 8 жизненных форм, из них терофиты – 42,3%, гемикриптофиты – 16,7%, терофиты или гемикриптофиты – 15,4%, фанерофиты – 14%, криптофиты (геофит) – 6,4%, криптофиты – 2,6%, гемикриптофиты или травянистые хамефиты и геофиты корневые по – 1,3%. (рис. 3).



Рисунок 3 – Биоморфологический состав сорного компонента в агроценозах озимой пшеницы (*Triticum aestivum*) по К. Раункиеру

Экологически виды распределены на 9 групп (рис. 4). Большинство видов ксеромезофиты – 44,9%, мезофиты – 42,3%, мезоксерофиты – 3,8%, мезогигрофит – 2,5%, галоксеромезофиты, гигромезофиты, гигрофиты, ксерофиты и паразиты по 1,3%.



Рисунок 4 – Распределение видов сорных растений в агроценозах озимой пшеницы (*Triticum aestivum*) по экологическим группам

Хорологически выявлено 25 геоэлементов (рис. 5), из них преобладает евразийский – 19,2%, североамериканский – 15,4%, средиземноморско-евразийский – 11,5%, плюрирегиональный и средиземноморский по 9%, голарктический, евразийско-североамериканский, еврокавказский, европейско-средиземноморский, европейско-субсредиземноморский, палеарктический, субсредиземноморско-евразийский, южно-палеарктический по 2,56%, остальные 12 геоэлементов (по одному виду) составляют 15,42% флоры.

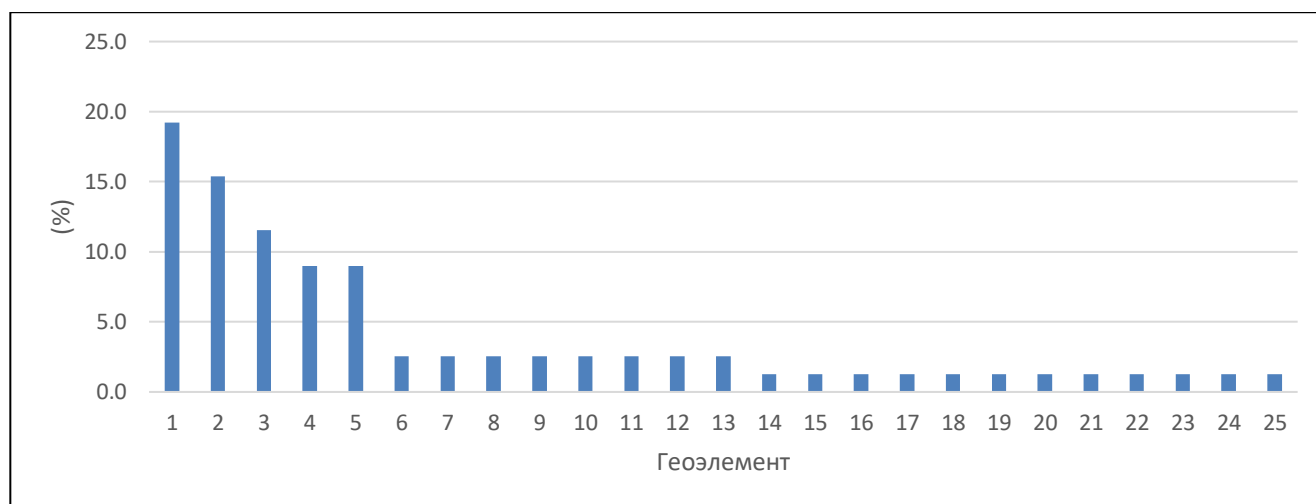


Рисунок 5 – Распределение видов сорных растений в агроценозах озимой пшеницы (*Triticum aestivum*) по геоэлементам

Примечание: номера геоэлементов на горизонтальной оси: 1 – евразийский, 2 – североамериканский, 3 – средиземноморско-евразийский, 4 – плюрирегиональный, 5 – средиземноморский, 6 – голарктический, 7 – евразийско-североамериканский, 8 – еврокавказский, 9 – европейско-средиземноморский, 10 – европейско-субсредиземноморский, 11 – палеарктический, 12 – субсредиземноморско-евразийский, 13 – южно-палеарктический, 14 – биполярный внетропический, 15 – восточно-палеарктический, 16 – европейско-малоазиатский, 17 – европейско-субсредиземноморско-номадийский, 18 – европейско-субсредиземноморско-туранский, 19 – западно-палеарктический, 20 – неморальный, 21 – понтический, 22 – средиземноморско-ирано-туранский, 23 – субкавказский, 24 – субсредиземноморско-западноевразийский, 25 – южноевразийский.

Растений местной флоры (апофиты) в составе данного агроценоза – 65,4%, адвентивный компонент – 34,6% (рис. 6).



Рисунок 6 – Компоненты сорной флоры в агроценозах озимой пшеницы (*Triticum aestivum*)

В ходе исследования флористического разнообразия сегетальной растительности агроценозов ярового ячменя (*Hordeum vulgare*) были описаны 24 площадки (10x10 м) на посевах ярового ячменя. Описания проводились методом трансект.

В результате исследований на посевах ярового ячменя было выявлено 20 видов сорных растений (табл. 4, приложение 1). На семейство Asteraceae приходится 35% видов, Poaceae – 15 % видов, Brassicaceae, Chenopodiaceae, Fabaceae, Polygonaceae по 10%, Convolvulaceae и Euphorbiaceae по 5% (рис. 7).

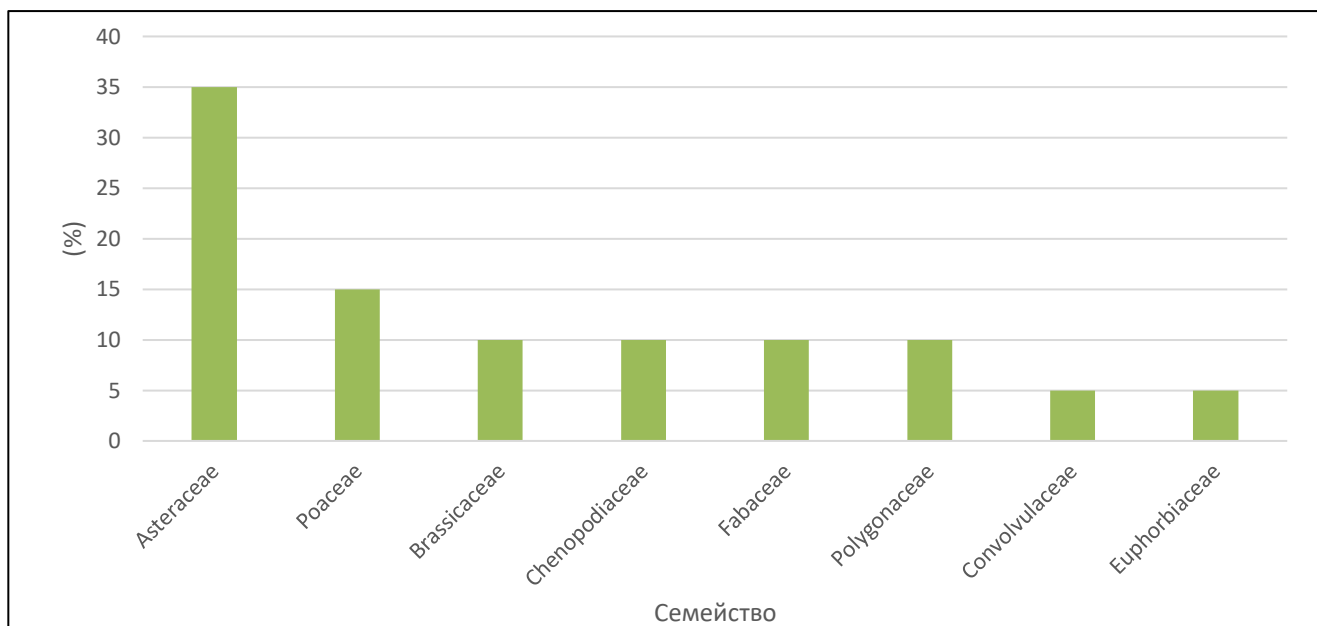


Рисунок 7 – Процентное распределение видов сорных растений по семействам в агроценозах ярового ячменя (*Hordeum vulgare*)

Биоморфологически выявлено (рис. 8) – по И.Г. Серебрякову 5 жизненных форм. Большинство видов монокарпические однолетники (55%), корневищные – 20%, стержнекорневые, двулетники и малолетники по 10%, многолетник стержнекорневой – 10%, корнеотпрысковые 5%.

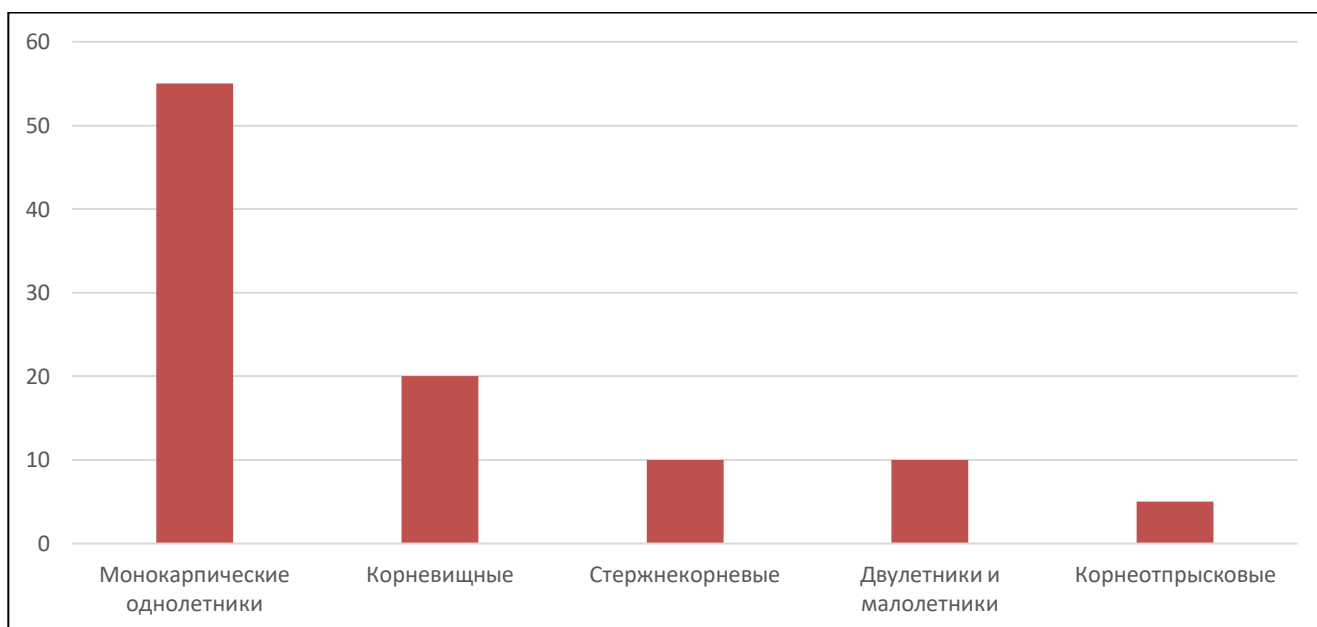


Рисунок 8 - Биоморфологический состав сорного компонента в агроценозах ярового ячменя (*Hordeum vulgare*) по И.Г. Серебрякову

По К. Раункиеру выявлено 6 жизненных форм, из них терофиты – 50%, гемикриптофиты – 25 %, терофиты или гемикриптофиты – 10%, гемикриптофиты или травянистые хамефиты, геофиты корневые и криптофиты по 5% (рис. 9).

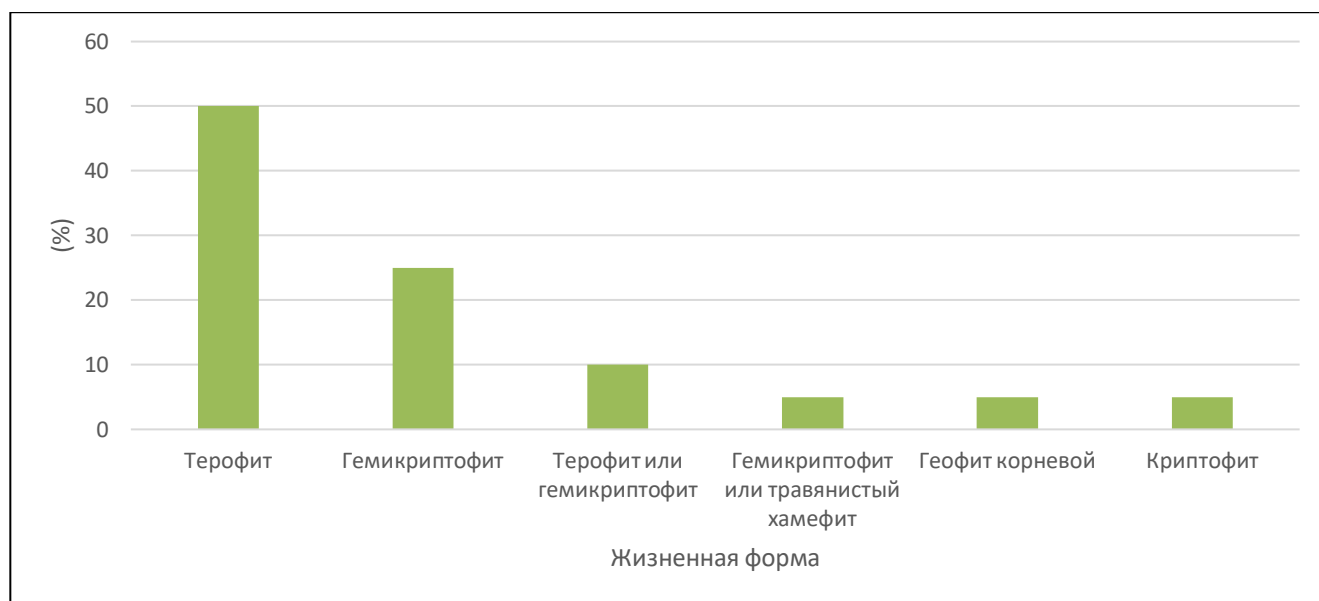


Рисунок 9 - Биоморфологический состав сорного компонента в агроценозах в агроценозах ярового ячменя (*Hordeum vulgare*) по К. Раункиеру

Экологически виды распределены на пять групп. Большинство видов ксеромезофиты – 50%, мезофиты – 35%, мезоксерофиты, галоксеромезофит и гигрофит по 5% (рис. 10).

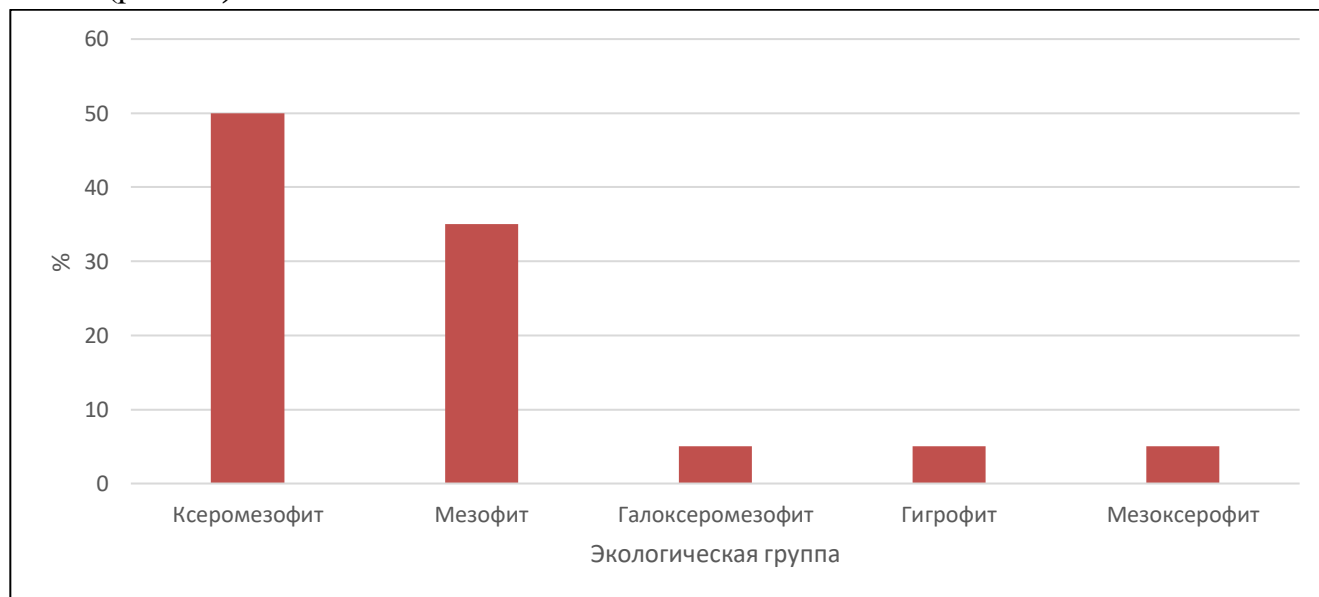


Рисунок 10 - Распределение видов сорных растений в агроценозах ярового ячменя (*Hordeum vulgare*) по экологическим группам

Хорологически выявлено 8 геоэлементов (рис. 11), из них преобладают плюрирегиональный и евразийский по 25%, средиземноморско-евразийский – и североамериканский по 15%, биполярный внетропический, голарктический, субсредиземноморско-евразийский, субсредиземноморско-западноевразийский по 5 %.

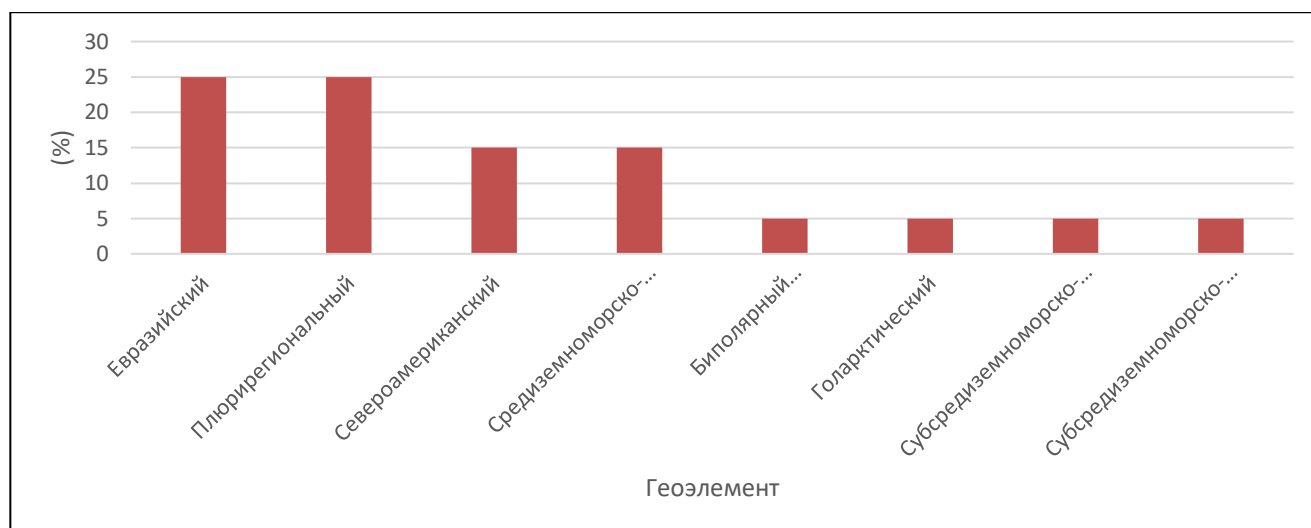


Рисунок 11 - Распределение видов сорных растений в агроценозах ярового ячменя (*Hordeum vulgare*) по геоэлементам

Растений местной флоры (апофиты) в составе данного агроценоза – 80%, адвентивных компонент – 20% (рис.12).



Рисунок 12 – Компоненты сорной флоры в агроценозах ярового ячменя (*Hordeum vulgare*)

Таким образом, в агроценозах озимой пшеницы сорный компонент представлен 78 видами, в типологическом составе сорного компонента преобладают семейства Asteraceae (16,7%), Fabaceae (15,4%), Poaceae (14%). Среди семейств, лидирующих в типологическом составе сорного компонента посевов озимой пшеницы, необходимо указать семейства Brassicaceae (7,7%), Polygonaceae и Rosaceae (по 3,8 %).

Соотношение жизненных форм выявило преобладание монокарпических однолетников по И.Г. Серебрякову (50%) и терофитов по К. Раункиеру (42,3%). Выявлено 9 экологических групп (ксеромезофиты, мезофиты, мезоксерофиты, галоксеромезофиты, гигромезофиты, гигрофиты, мезогигрофиты, ксерофиты и паразиты). Наиболее многочисленна группа ксеромезофитов (44,9%). Археографический анализ сегетальной флоры показал преобладание евразийской (19,2%) географической группы в агроценозах озимой пшеницы. Лидирующее положение занимают местные виды: 65,4%.

В посевах ярового ячменя сорный компонент представлен 20-ю видами. Преобладают семейства Asteraceae (35%), Poaceae (15%). Среди семейств, лидирующих в типологическом составе сорного компонента посевов ярового ячменя, необходимо указать семейство Brassicaceae, Fabaceae, Chenopodiaceae, Fabaceae, Polygonaceae представлены (по 10% каждое).

Соотношение жизненных форм выявило преобладание монокарпических однолетников по И.Г. Серебрякову (55 %) и терофитов по К. Раункиеру (50%). В посевах ярового ячменя древесные виды отсутствуют.

По экологическим группам наблюдается распределение на 5 групп (ксеромезофиты, мезофиты, мезоксерофиты, галоксеромезофиты, гигромезофиты). Наиболее многочисленна группа ксеромезофитов.

Археографический анализ сегетальной флоры показал преобладание евразийской и плурирегиональной географической группы (по 25%) в посевах ярового ячменя.

В агроценозах ярового ячменя лидирующее положение среди сорных видов занимают местные виды: 80%.

3.2. Фитоценотическое разнообразие сегетальной растительности агроценозов озимой пшеницы и ярового ячменя

С позиций эколого-флористической классификации все сообщества отнесены к классу *Papaveretea rhoeadis* S. Brullo et al. 2001 - сегетальная растительность зерновых, пропашных культур, садов и виноградников в умеренно-прохладном и бореальном поясах Евразии и Средиземноморского региона. В составленную классификационную схему входят 1 класс, 1 порядок, 2 союза и 6 ассоциаций (таблица 1).

Таблица 1

Синоптическая таблица сообществ зерновых культур Северного Приазовья

Ассоциация	<i>F-Ch</i>	<i>Ch-D</i>	<i>Co-G</i>	<i>Am-P</i>	<i>A-Ch</i>	<i>A-Ci</i>
Среднее число видов	9	11	8	13	8	9
Число описаний	402	105	291	45	166	73
Д.в. асс. <i>Fallopia convolvulus-Chenopodietum albi</i>						
<i>Chenopodium album</i>	V	V	V	V	V	IV
<i>Fallopia convolvulus</i>	V	III	IV	V	V	V
Д.в. асс. <i>Chenopodio albi-Descurainietum sophiae</i>						
<i>Descurainia sophia</i>	II	II	I		I	I
<i>Fumaria officinalis</i>	II	V			I	I
<i>Sinapis arvensis</i>	III	IV		I	I	I
Д.в. асс. <i>Convolvulo arvensis-Glycyrrhizetum glabrae</i>						
<i>Euphorbia virgata</i>	III	II	V		II	I
<i>Convolvulus arvensis</i>	III	II	V	III	III	II
<i>Glycyrrhiza glabra</i>	I		V	I	I	
<i>Setaria pumila</i>	III	IV	V	V	IV	

Ассоциация	<i>F-Ch</i>	<i>Ch-D</i>	<i>Co-G</i>	<i>Am-P</i>	<i>A-Ch</i>	<i>A-Ci</i>
Среднее число видов	9	11	8	13	8	9
Число описаний	402	105	291	45	166	73
Д.в. асс. <i>Amaranto retroflexi-Portulacetum oleracei</i>						
<i>Amaranthus retroflexus</i>	I	III	II	V	II	I
<i>Portulaca oleracea</i>	I		I	V	I	
<i>Medicago lupulina</i>				IV		
<i>Conyza canadensis</i>				III		
<i>Amaranthus blitoides</i>				II		
<i>Anagallis foemina</i>				II		
Д.в. асс. <i>Ambrosio artemisifoliae-Chenopodietum albi</i>						
<i>Polygonum aviculare</i>	I	I	II	V	V	I
Д.в. асс. <i>Ambrosio artemisifoliae-Cirsietum setosi</i>						
<i>Cirsium setosum</i>	III	IV	I	III		IV
Д.в. союза <i>Veronico-Euphorbion</i>						
<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	V	V	V	V	V	V
Д.в. союза <i>Chenopodio albi-Descurainion sophiae</i>						
<i>Lactuca serriola</i>	I	I	I	V	I	II
<i>Sonchus asper</i>	II	II	I	III		III
<i>Lepidium campestre</i>	I	I				I
Д.в. порядка <i>Papaveretalia rhoeadis</i>						
<i>Avena sativa</i>	I				I	I
<i>Buglossoides arvensis</i>	II	I				I
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	I	I				I
<i>Stellaria media</i>					I	
Д.в. класса <i>Papaveretea rhoeadis</i>						
<i>Atriplex tatarica</i>	V	IV	V	V	V	IV
<i>Galium aparine</i>	I	V			I	III
<i>Bromus arvensis</i>	II	I			I	V
<i>Helianthus annuus</i>	III	IV	I	I	II	IV
<i>Aegilops cylindrica</i>	I	I	I		I	IV
<i>Xanthium orientale</i>	I	IV	I	I	I	I
<i>Reseda lutea</i>	I		I		I	I
<i>Lamium amplexicaule</i>	I	I			I	I
<i>Cuscuta campestris</i>		I			I	
<i>Echinochloa crus-galli</i>			I		I	
<i>Lathyrus tuberosus</i>	I	I			I	
<i>Linaria genistifolia</i>					I	
<i>Papaver rhoeas</i>	I	I				
<i>Pisum sativum</i>	I	I				
<i>Senecio vernalis</i>			I			
<i>Thlaspi arvense</i>	I	I			I	II
<i>Vicia cracca</i>					I	I
<i>Vicia hirsuta</i>			I		I	

Примечание. Кроме того, встречены виды: *Acer negundo* **Am-P** (5), *Agrostis tenuis* **Am-P** (1), *Anisantha tectorum* **Co-G** (2), *Arctium lappa* **A-Ch** (1), *Armeniaca vulgaris* **F-Ch** (2), *Artemisia absinthium* **A-Ci** (2), **Co-G** (1), *Cannabis sativa* var. *spontanea* **A-Ci** (2), **F-Ch** (2), *Coronilla varia* **F-Ch** (8), **Ch-D** (2), *Cyclachaena xanthiifolia* **A-Ci** (1), *Elytrigia repens* **Co-G** (2), *Falcaria vulgaris* **F-Ch** (1), *Fraxinus excelsior* **Am-P** (6), *Gleditsia triacanthos* **Co-G** (2), **A-Ch** (2), *Holosteum umbellatum* **A-Ch** (1), *Ipomoea purpurea* **A-Ch** (1), *Melilotus officinalis* **F-Ch** (3), **Am-P** (1), **A-Ch** (1), **A-Ci** (1), *Morus nigra* **Am-P** (1), *Parthenocissus inserta* **Am-P** (1), *Phragmites australis* **A-Ch** (1), **A-Ci** (1), *Prunus spinosa* **Co-G** (3), **A-Ch** (2), *Pyrethrum corymbosum* **A-Ch** (1), *Robinia pseudoacacia* **A-Ci** (2), *Tanacetum vulgare* **Am-P** (2), *Vitis vinifera* **Am-P** (1), *Zea mays* **F-Ch** (2).

Синтаксоны: **F-Ch** – асс. *Fallopia convolvulus*–*Chenopodietum albi*; **Ch-D** – асс. *Chenopodio albi*–*Descurainietum sophiae*; **Co-G** – асс. *Convolvulo arvensis*–*Glycyrrhizetum glabrae*; **Am-P** – *Amaranto retroflexi*–*Portulacetum oleracei*; **A-Ch** – асс. *Ambrosio artemisifoliae*–*Chenopodietum albi*; **A-Ci** – асс. *Ambrosio artemisifoliae*–*Cirsietum setosi*. (Mucina et al. 2016)

Таким образом, анализ фитоценотического разнообразия сегетальной растительности агроценозов озимой пшеницы и ярового ячменя позволил составить синтаксономическую структуру, представленную одним классом, двумя порядками, двумя союзами и шестью ассоциациями.

3.3. Ординационный анализ растительных сообществ и экологическая модель распределения сегетальной растительности в агроценозах озимой пшеницы и ярового ячменя

В результате ординационного анализа описания рассредоточились на несколько групп в пространстве возможных экологических факторов (рис 13).

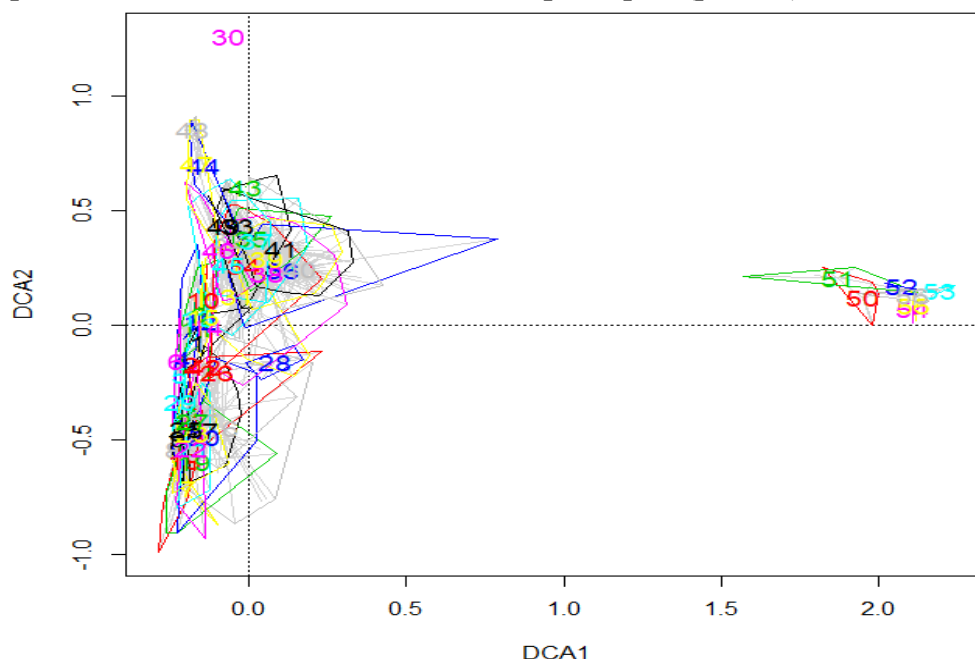


Рисунок 13 – Положение 56 групп описаний на ординационных осях (по методу DCA, Juice 7.0.42)

Примечание: числами обозначены номера сгенерированных таксонов

В подтверждение экологической значимости анализа была учтена нагрузка на ординационные оси (Eigenvalues). Все собственные величины осей ординации лежат в интервале между 0 и 1 (табл.8). Значения, приближенные и свыше 0,5 обычно означают хорошее рассеяние вдоль оси и имеют экологически достоверную информацию (Джонгман и др., 1999).

Таблица 2

Результаты бестрендового анализа соответствия по 1106 описаниям

	DCA1	DCA2	DCA3	DCA4
Eigenvalues	0.4008	0.2533	0.1299	0.1109
Decorana values	0.6606	0.2159	0.1462	0.1245
Axis length	2.5302	2.2468	2.6563	2.0089

Как видно на графиках (рис.16) в отдельную группу объединились сообщества № 50–56 – это сообщества посевов ярового ячменя. Отделилось и сообщество №30 – это рудеральное сообщество с преобладанием в проективном покрытии *Polygonum aviculare* – 40% и *Cuscuta campestris* – 30%, описанное вдоль автоколей к газовой скважине. Далее ординационный анализ целесообразно было выполнить отдельно по культурам (рис.14–15).

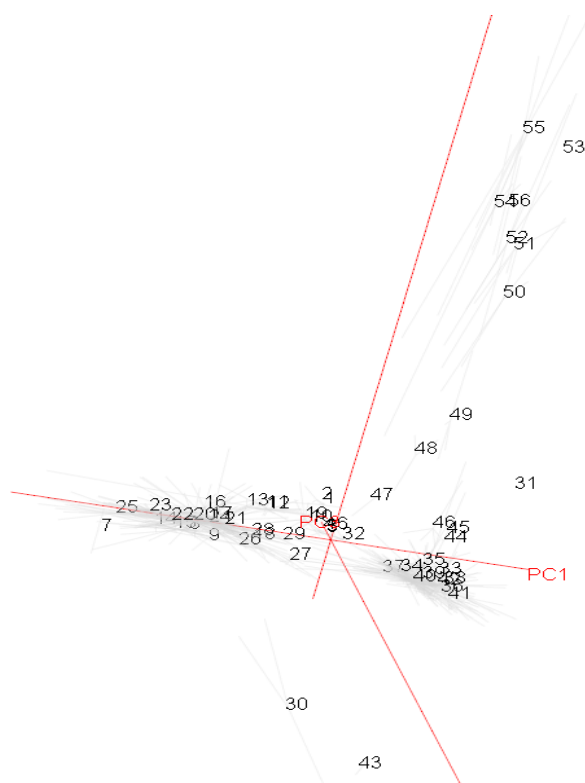


Рисунок 14 – Положение 56 групп описаний озимой пшеницы на ординационных осях (по методу PCA, Juice 7.0.42)

При проведении классификации растительных сообществ на посевах озимой пшеницы группы описаний отнесены к синтаксонам следующим образом. Порядки (союзы): группы описаний 7–17, 20–29, 32–43, 48, 54, 55 – **Secalietalia** (*Chenopodio albi*–*Descurainion sophiae*); 1–6, 10, 15–22, 24, 25, 28–36, 40–42, 44–56 – **Atriplici-Chenopodietalia albi** (*Polygono*–*Chenopodion*). Ассоциации: 7–15, 17, 20–26, 34, 40 – *Chenopodio albi*–*Descurainietum sophiae*; 14–17, 20–29, 33–35, 39–42, 48, 54, 55 – *Fallopia convolvulus*–*Chenopodietum albi*; 21, 26–28, 32–43, 51 – *Convolvulo arvensis*–*Glycyrrhizetum glabrae*; 1–6, 10, 15, 18–20, 24, 29–36, 40–42, 44–49, 53–56 – *Ambrosio artemisifoliae*–*Chenopodietum albi*; 15–17, 20–22, 24, 25, 28, 49–52, 54, 55 – *Ambrosio artemisifoliae*–*Cirsietum setosi*.

Некоторые группы описаний (программно выделенные таксоны) в результате проведения классификационных методов отнесены к разным синтаксонам, так как классификация учитывает дополнительные параметры, кроме данных обрабатываемых программой (например: постоянство, наличие групп диагностических видов и другие).

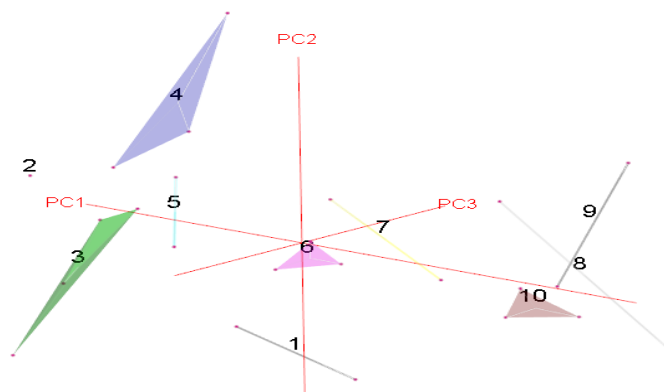


Рисунок 15 – Положение 10 групп описаний сообществ ярового ячменя на ординационных осях (по методу PCA, Juice 7.0.42)

При проведении классификации сообществ ярового ячменя группы описаний отнесены к синтаксонам следующим образом. Порядки: группы описаний с **1** по **5** – **Secalietalia** Br.-Bl. 1931 em. Tx. et R. Tx. in Malato-Beliz et al. 1960; **6–10** – **Atriplici-Chenopodietalia albi** (Tüxen 1937) Nordhagen 1940. Ассоциации: с **1** по **3** – *Fallopia convolvulus-Chenopodietum albi* V. Sl. 1990; **4–5** *Convolvulo arvensis-Glycyrrhizetum glabrae* ass. nov. (associatio nova); **6, 7** *Ambrosio artemisifoliae-Cirsietum setosi* Marjuschkina & V.Solomakha 1985; **8–10** *Ambrosio artemisifoliae-Chenopodietum albi* Marjuschkina & V.Solomakha 1985.

Таким образом, непрямой ординационный анализ показывает, что сообщества достаточно четко дифференцируются в пространстве осей ведущих экологических факторов на 4 основных группы. В данном анализе метод PCA оказался более показательным и информативным.

Далее при классификационном анализе эти сообщества отнесены к пяти уже описанным ассоциациям и выделена одна новая.

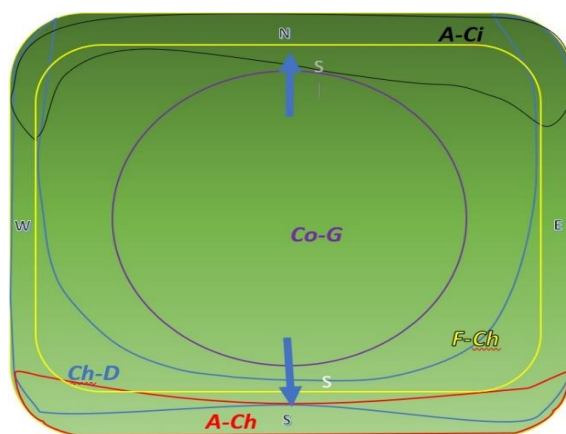


Рисунок 16 – Экологическая модель пространственного распределения сообществ на полях

Примечание: разными цветами обозначены контуры площади распространения ассоциаций **A-Ch** – ассоциация *Ambrosio artemisifoliae–Chenopodietum albi*; **Ch-D** – ассоциация *Chenopodio albi–Descurainietum sophiae*; **F-Ch** – ассоциация *Fallopia convolvulus–Chenopodietum albi*; **A-Ci** – ассоциация *Ambrosio artemisifoliae–Cirsietum setosi*; **Co-G** – ассоциация *Convolvulo arvensis–Glycyrrhizetum glabrae*; S, N, W, E – стороны света; стрелка и буква «S» склон, направление.

Анализ пространственного распределения ассоциаций в агроценозах зерновых культур (рис. 16) позволил построить ряд распределения ассоциаций от центра к периферии агроценозов.

Ассоциации сеgetальной растительности располагаются от центра к периферии агроценозов зерновых культур в следующей последовательности: *Convolvulo arvensis–Glycyrrhizetum glabrae* -> *Fallopia convolvulus–Chenopodietum albi* -> *Chenopodio albi–Descurainietum sophiae* -> *Ambrosio artemisifoliae–Chenopodietum albi* и *Ambrosio artemisifoliae–Cirsietum setosi*.

Экология выделенных синтаксонов описана выше в их характеристиках и отражена на экологической модели распределения сообществ на полях (рис. 16).

Факторами, определяющими пространственное распределение исследуемых сообществ, являются – увлажнение, плотность почвы, рельеф, инсоляция и сомкнутость посевов основной культуры. Также на низкую видовую насыщенность влияет агротехнология с применением гербицидов и доминирование *Ambrosia artemisiifolia*.

3.2 Выявление связи между основными флористическими элементами и их спектральными характеристиками.

Однофакторный дисперсионный анализ показал, что для 76 из 80 вегетационных индексов разница между групповыми средними оказалась существенной.

Количество вегетационных индексов, значения которых достоверно различались у сравниваемых видов согласно независимому t-критерию с двумя выборками, оказалось большим (табл. 3).

Таблица 3.

Количество вегетационных индексов, значительно отличающихся между сравниваемыми парами видов в соответствии с независимым t-тестом с двумя выборками

Вид	<i>Ambrosia</i>	<i>Atriplex</i>	<i>Euphorbia</i>	<i>Glycyrrhiza</i>	<i>Setaria</i>
<i>Ambrosia</i>	-	50	69	76	40
<i>Atriplex</i>	50	-	57	65	54
<i>Euphorbia</i>	69	57	-	54	61
<i>Glycyrrhiza</i>	76	65	54	-	68
<i>Setaria</i>	40	54	61	68	-

Мы обнаружили 19 вегетационных индексов, которые значительно различались между *Ambrosia artemisiifolia* и всеми другими видами, 20 для *Atriplex tatarica* и *Euphorbia seguieriana*, 40 для *Glycyrrhiza glabra*, 21 для *Setaria pumila* и только 1

вегетационный индекс, который значительно различался между видами по своим значениям одновременно во всех парах. Это R4 (рис. 17).

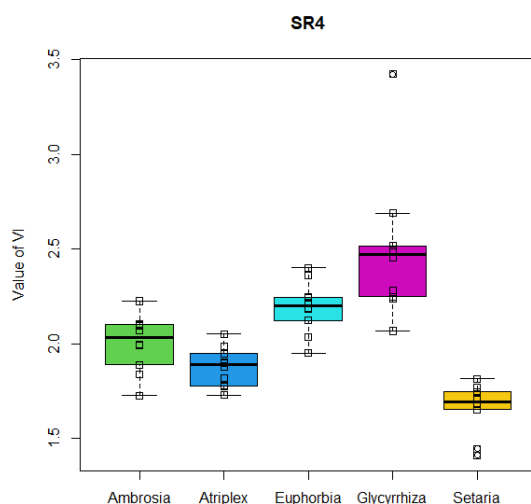


Рисунок 17 – Блок-схема VISR 4

t-test показал, что для идентификации видов в парах может быть использовано большое количество вегетационных индексов. Так, например, для пары *Atriplex vs Euphorbia* 57, для *Atriplex vs Glycyrrhiza* – 65. Для максимального количества пар общими вегетационными индексами, дающими достоверную разницу, оказались: D1, Datt3, PSND. В трехмерном пространстве значений этих индексов виды группируются в отдельные кластеры (рис. 18-19).

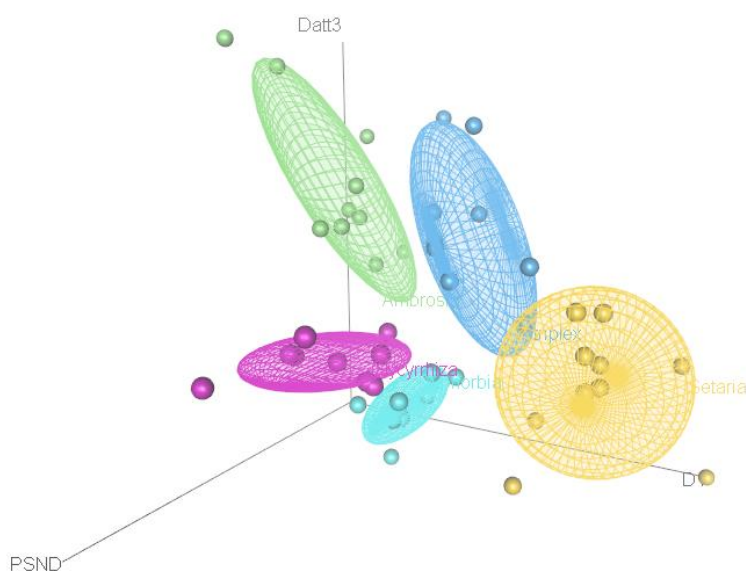


Рисунок 18 – *Ambrosia artemisiifolia* L., *Euphorbia seguieriana* Neck., *Atriplex tatarica* L., *Glycyrrhiza glabra* L. и *Setaria pumila* (Poir.) Roem. & Schult. в пространстве вегетационных индексов D1, Datt3, PSND

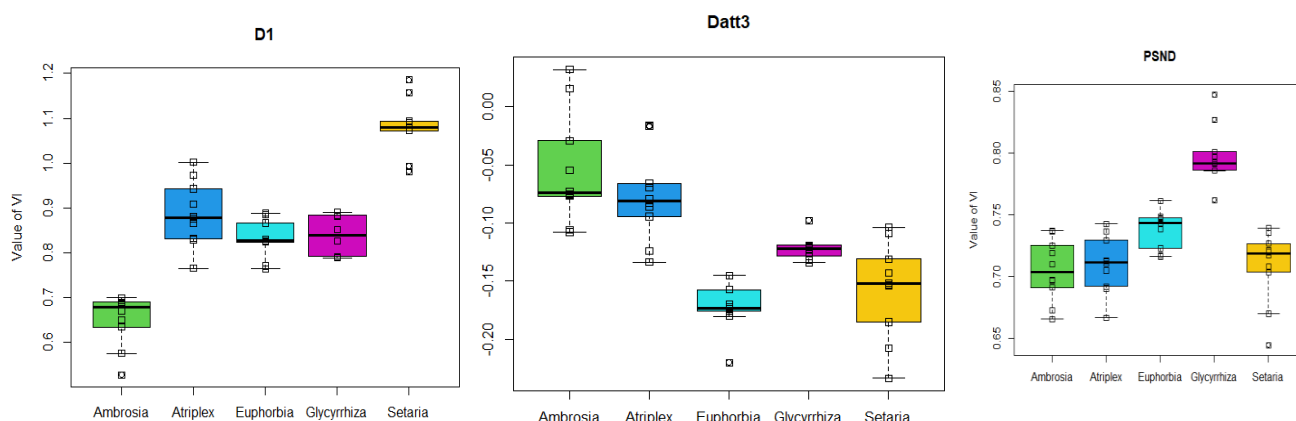


Рисунок 19 – Блок-схема Vis D1, Datt3, PSND

Таким образом, показано, что комбинация индексов D1 (Derivative index), Datt3 (chlorophyll content index) и PSND (Pigment specific normalized difference) позволяет идентифицировать *Ambrosia artemisiifolia* L., *Euphorbia seguieriana* Neck., *Atriplex tatarica* L., *Glycyrrhiza glabra* L. и *Setaria pumila* (Poir.) Roem. & Schult.

ВЫВОДЫ

1. Анализ флористического разнообразия сегетальной растительности агроценозов озимой пшеницы показал преобладание семейств Asteraceae (16,7%), Fabaceae (15,4%), Poaceae (14%), среди жизненных форм - монокарпических однолетников по И.Г. Серебрякову (38,5%) и терофитов по К. Раункиеру (42,3%). Экологические группы сегетальной растительности представлены ксеромезофитами, мезофитами, мезоксерофитами, галоксеромезофитами, гигромезофитами, гигрофитами, мезогигрофитами, ксерофитами и паразитами. Археографический анализ сегетальной флоры показал преобладание евразийской (19,3%) географической группы. Лидирующее положение занимают местные виды (65,4%).

2. Анализ флористического разнообразия сегетальной растительности агроценозов ярового ячменя показал преобладание семейств Asteraceae (35%), Poaceae (15%), Fabaceae (10%), среди жизненных форм - монокарпических однолетников по И.Г. Серебрякову (45%) и терофитов по К. Раункиеру (50%). Экологические группы сегетальной растительности представлены ксеромезофитами, мезофитами, мезоксерофитами, галоксеромезофитами, гигромезофитами. Археографический анализ сегетальной флоры показал преобладание евразийской и плурирегиональной (по 25%). Лидирующее положение занимают местные виды (80%).

3. С позиций эколого-флористической классификации все сообщества отнесены к классу *Papaveretea rhoeadis* S. Brullo et al. 2001- сегетальная растительность зерновых, пропашных культур, садов и виноградников в умеренно-прохладном и бореальном поясах Евразии и Средиземноморского региона. В составленную классификационную схему входят 1 класс 1 порядок 2 союза и 6 ассоциаций.

4. Анализ пространственного распределения ассоциаций в агроценозах зерновых культур позволил построить ряд распределения ассоциаций от центра к

периферии агроценозов в следующей последовательности: ***Convolvulo arvensis-Glycyrrhizetum glabrae*** -> ***Fallopia convolvulus-Chenopodietum albi*** -> ***Chenopodio albi-Descurainietum sophiae***-> ***Ambrosio artemisifoliae-Chenopodietum albi*** и ***Ambrosio artemisifoliae-Cirsietum setosi***.

5. В результате анализа возможности идентификации сорных видов растений с помощью восьмидесяти вегетационных индексов, полученных по данным гиперспектральной съемки, показано, что комбинация из трех вегетационных индексов D1 (Derivative index), Datt3 (chlorophyll content index) и PSND (Pigment specific normalized difference) достаточна для классификации *Ambrosia artemisiifolia*, *Euphorbia seguieriana*, *Atriplex tatarica*, *Glycyrrhiza glabra* и *Setaria pumila*.

СПИСОК ОСНОВНЫХ РАБОТ ТАРИК Е.П., ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

**Всего по теме диссертации опубликовано 8 научных работ. Ниже представлены
основные работы.**

Статьи, опубликованные в журналах, входящих в Перечень рецензируемых научных изданий ЮФУ и ВАК

1. Идентификация сорных видов растений в агроценозах озимой пшеницы по данным гиперспектральной съемки / Е. П. Тарик, Д. П. Купрюшкин, А. А. Дмитриева [и др.] // Живые и биокосные системы. – 2022. – № 39. – DOI 10.18522/2308-9709-2022-39-5. – Режим доступа: <https://jbks.ru/archive/issue-39/article-5> (дата обращения 22.08.2023).
2. Флористическое разнообразие сегетальной растительности агроценозов зерновых культур Северного Приазовья / Тарик Е. П., Купрюшкин Д. П., Дмитриев П. А., Вардуни Т. В. // Живые и биокосные системы. – 2023. – № 44. – DOI: 10.18522/2308-9709-2023-44-2. – Режим доступа: <https://jbks.ru/archive/issue-44/article-2> (дата обращения 22.08.2023).
3. Флористический состав и ординационный анализ сегетальной растительности Северного Приазовья (Россия) / Е. П. Тарик, Д. П. Купрюшкин, Т. В. Вардуни [и др.] // АгроЭкоИнфо. – 2023. – № 3(57). – DOI 10.51419/202133308. – Режим доступа: https://agroecoinfo.ru/STATYI/2023/3/st_308.pdf (дата обращения 22.08.2023)

Статьи в изданиях, индексируемых в базах Scopus и Web of Science:

4. Assessment of Invasive and Weed Species by Hyperspectral Imagery in Agrocenoses Ecosystem / Dmitriev P. A., Kozlovsky B. L., Kupriushkin D. P., Dmitrieva A. A., Rajput V. D., Chokheli V. A., Tarik E. P., Kapralova O. A., Tokhtar V. K., Minkina T. M., Varduni T. V. // Remote Sensing. – 2022. – Vol. 14, No. 10. – Art. No 2442. – DOI 10.3390/rs14102442

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ СОКРАЩЕНИЙ

- ДСА – бестрендовый анализ соответствия
 РСА – метод главных компонент
 NMS – неметрическое многомерное шкалирование
 ДЗЗ – дистанционное зондирование земли