АНДРЕЙ САФОНОВ

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ФИТОМОНИТОРИНГ АНТРОПОГЕННЫХ ТРАНСФОРМАЦИЙ

МОНОГРАФИЯ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНЕЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

А. И. Сафонов

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ФИТОМОНИТОРИНГ АНТРОПОГЕННЫХ ТРАНСФОРМАЦИЙ

Монография

Донецк - 2024
ИД «ЭДИТ»

УДК 581.52:502.175(477.62)
ББК: Е585.229(2Рос.Дон)
С217

Рецензенты:
Колесников С. И., доктор сельскохозяйственных наук, заведующий кафедрой экологии и природопользования Южного федерального университета;
Семенищенков Ю. А., доктор биологических наук, профессор кафедры биологии Брянского государственного университета имени академика И. Г. Петровского;
Тютиков С. Ф., доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории биогеохимии окружающей среды Института геохимии и аналитической химии имени В.И. Вернадского Российской Академии наук.

Сафонов Андрей Иванович
С 217 **Экологический фитомониторинг антропогенных трансформаций**: монография / А. И. Сафонов; ФГБОУ ВО «ДонГУ». – Донецк: Издательский дом «ЭДИТ», 2024. – 289 с.
ISBN 978-5-6052426-6-6

В монографии обобщены результаты 30-летнего исследования индикационных свойств растительных организмов и сопряженных с ними характеристик природных сред в условиях локальных экосистем Центрального Донбасса. Фитомониторинг проведён как комплекс научно-прикладных мероприятий по идентификации структурно-функциональных особенностей индикаторов в ответ на антропогенное вмешательство в эволюционно сформированные природно-территориальные комплексы степной зоны Европы. Впервые представлены сведения, доказывающие возрастающее влияние военных событий в Донбассе (2014-2024 гг.) по критериям ботанико-экологической экспертизы.

Работа подготовлена в рамках научной темы: «*Диагностика и механизмы адаптации природных и антропогенно-трансформированных экосистем Донбасса*».
№ ПТНИ 1023110700153-4-1.6.19;1.6.11;1.6.12; № госучета 124051400023-4.

Для экологов, ботаников, специалистов по охране окружающей среды, студентов направлений подготовки по наукам о жизни и о Земле.

Ecological Phytomonitoring of Anthropogenic Transformations: monograph / A. Safonov; Donetsk State University. – Donetsk: Publishing house EDIT, 2024. – 289 p.

The monograph summarizes the results of 30 years of research on indicator properties of plant organisms in the conditions of local ecosystems of the Central Donbass. Phytomonitoring was carried out as a set of applied measures to identify structural and functional characteristics of indicators in response to anthropogenic interference in evolutionarily formed natural-territorial complexes of the European steppe zone. For the first time the data proving the increasing influence of military events in Donbass (2014-2024) according to the criteria of botanical and ecological expertise are summarized.

For ecologists, botanists, environmental specialists, students of life and earth sciences training areas.

УДК 581.52:502.175(477.62)
ББК: Е585.229(2Рос.Дон)

© Сафонов А. И., 2024
© Донецкий государственный университет
© Издательский дом «ЭДИТ», 2024

ISBN 978-5-6052426-6-6

ОГЛАВЛЕНИЕ
TABLE OF CONTENTS

Предисловие ……..……..…… **4**
Foreword

Благодарности …….. **7**
Thankfulness

1 Концепт фитоиндикационного мониторинга для территории Донбасса…… **11**
Concept of phytoindication monitoring for the Donbass territory

2 Сетевой фитомониторинг Центрального Донбасса…….. **67**
Network phytomonitoring of Central Donbass

3 Частные иллюстративные примеры фитоиндикационной экспертизы…… **122**
Private illustrative examples of phytoindication expertise

4 Коллегиальная интеграция фитомониторинговых работ……. **164**
Collegial integration of phytomonitoring works

5 Локальная фитоквантификация объектов техногенеза…… **180**
Local phytoquantification of technogenesis objects

6 Фитоиндикационный полемострессс……... **203**
Phytoindication polemostress

Заключение ……...……... **239**
Conclusion

Список литературы…….. **241**
List of literature

ПРЕДИСЛОВИЕ

Посвящается мужеству и стойкости
донбассовцев, здесь живших и здесь живущих…

*Рабочее название этой книги «**Выжившие индикаторы Донбасса**». Это **выжившие растения**, благодаря которым была получена информация, и мы, **выжившие в тяжелое время**, которые эту информацию получили.*

Объект. Субъект. Сложная система возвратной квантификации.

Не было бы этой книги, если бы для осуществления большой науки в общепринятом понимании ***у нас было бы всё то материальное***, которого у нас не было.

*– И повторится ли это 10-летие с тем же **энтузиазмом**?*
– Нет, мир будет. Но мир будет другим.

Материал этой книги собран большими усилиями, по крупицам, ради того, чтобы сформировать **систему,** относительно простую, но оправданную обстоятельствами и обоснованную наукой **систему экологического мониторинга**. Получилась уникальная конструкция сведений, которую было решено опубликовать в отдельном издании.

В борьбе за право быть собой на своей земле долгие годы нам пришлось не только остаться и неотрывно быть здесь (что уже стратегически важно), но и сохранить в себе желание развиваться и изучать – познавать, делиться этим желанием со своими учениками, не забывать слушать учителей.

О том, что мы создали самую плотную в мире сеть фитомониторинговых наблюдений наземного типа из полевых стационаров (учётных площадок), нам стало известно совсем недавно. Скорее всего, так получилось от отчаяния, потому как в западном мире так не принято: много точек в природе и много, казалось бы, лишней информации. Но речь не о количестве, а в том, что результаты этих наблюдений не давали прямую и быструю прибыль. Их коммерциализация не состоялась. **Возможность всесторонне оптимизировать среду – это перспективная цель, поскольку активная фаза войны в настоящее время не завершена.** Считать фундаментальной наукой такие практические результаты мы не в праве: ведь речь идет не о молекулах и не о биомах в целом. Правда, в этой индикации принципиально наличествует то, что нас удивило и всё-таки заставило найти силы представить в виде отдельной публикации.

Существенно обостряется жизнь в эпицентре глобального геополитического конфликта. Но это были шанс и проверка: на сегодняшний день мы выстояли с большими потерями.

На некоторых экологических конференциях улавливается уникальный эффект, когда человек (ученый, испытатель, исследователь) искренне переживает не за себя (эгоистичную человеческую популяцию), а за окружающую природу, – живую часть природы. Это важно.

Сейчас, глядя на **30-летний период** целенаправленных поисков и находок (из которых **10 лет прожито в войне**), мы констатируем, что на 95-99 % полученная информация не выявила значимости и не пригодилась для достоверной индикации. Оказалась ли она лишней – покажет время. А пока мы *публикуем более наглядную часть результатов*. Кроме того, в нашу задачу не входило сделать подробную инструкцию или расширенную методичку. По-видимому, самое важное, что мы хотели опубликовать, – это широкий спектр идей и аспектов, поскольку **индикацию** мы находим во всём: она и есть те самые *причинно-следственные связи*, которые так нужны пытливому уму человека.

Естественно, как и все в этом суровом мире людей, мы сталкивались с критикой и демонстративным безразличием к мысли о том, что целесообразно, а что нецелесообразно. Но в девизе сравнений «*опыт – контроль*» мы продолжали работать.

На кафедре ботаники и экологии биологического факультета **в Донецком государственном** (национальном с 2000 по 2023 гг.) **университете** за годы военных событий были открыты и реализованы инициативные и госбюджетные научные темы:

– ***Функциональная ботаника: экологический мониторинг, ресурсные технологии, фитодизайн*** (2017-2021 гг.); № государственной регистрации 0117 D 00192; Г-17/28;

– ***Диагностика природных и трансформированных экотопов по состоянию фитокомпонентов*** (2018-2019 гг.); № государственной регистрации 0118 D 000017; 18-1вв/3;

– *Ботаника антропотехногенеза: индикация и оптимизация* (2022-2026 гг.); № государственной регистрации 0122 D 000085; Пв-22/28.

На сегодня тема индикационной ботаники в регионе постоянных антропогенных трансформаций осуществляется в рамках федерального проекта, благодаря которому и выходит данное издание:

– молодежная лаборатория «***Диагностика и механизмы адаптации природных и антропогенно-трансформированных экосистем Донбасса***» (№ ПТНИ 1023110700153-4-1.6.19;1.6.11;1.6.12 № госучета 124051400023-4).

Стиль и последовательность изложения материала являются авторскими. При этом очень надеемся, что наши результаты и выводы будут понятны. Поэтому здесь нет громоздких таблиц и увесистого приложения, нет специальных повторов из ранее опубликованного. Здесь представлено то, что мы посчитали важным, – на примере региона с глубоким техногенным преобразованием элементов биосферы.

На правах авторского введения
Андрей Сафонов

FOREWORD

Dedicated to the courage and resilience of the people of Donbass, who lived here and are still living here...

The ecological situation in the Central Donbas remains tense today and requires timely diagnosis of the state of ecosystems. Major causes of the tense environmental situation in Donbass are high level of industrialization (mining, metallurgical, mining and chemical industries), urbanization, agricultural technologies, landscape transformation and warfare from 2014 to the present. The cause and effect relationships in the peculiarities of landscape transformation are grouped in order to further restore the integrity and functionality of the historical and geographical environment.

The working title of this book is ***Surviving Indicators of Donbass****. These are* ***surviving plants****, thanks to which the information was obtained,* ***and we****, survivors of hard times, who received this information.*

The material for the analysis was collected with great efforts, bit by bit, in order to form a system, a relatively simple, but justified by circumstances and substantiated by science environmental monitoring system. The result is a unique structure of information, which was decided to be published in a specific edition.

Life in the epicenter of a global geopolitical conflict is significantly aggravated. But it was a chance and a test: to date, we have survived with great losses.

Now, taking a look at the **30**-year period of purposeful searches and findings (**10** years of which were spent in the war), we state that 95-99% of the information obtained did not reveal significance and was not useful for reliable indication. Time will show whether it turned out to be superfluous. In the meantime, we publish a more illustrative part of the results. Besides, it was not our objective to make detailed instructions or extended methodology. Apparently, the **most important thing** we wanted to publish is a wide range of ideas and aspects, because we find indication in everything: it is the very cause-and-effect relationships that are so necessary for the inquisitive human mind. In this work we managed to combine structural-botanical, geochemical, toxicological aspects in assessing the state of natural environments.

Surely, like everyone else in this harsh human world, we faced criticism and demonstrative indifference to the idea of what is reasonable and what is not. But in the motto of experience-control comparisons, we kept on working.

At the Department of Botany and Ecology of the Faculty of Biology at Donetsk State University during the years of war events were introduced and implemented initiative and state-budget scientific topics: ***Functional botany: ecological monitoring, resource technologies, phytodesign; Diagnostics of natural and transformed ecotopes by the state of phytocomponents; Botany of anthropotechnogenesis: indication and optimization.***

Today, the topic of indicator botany in the region of permanent anthropogenic transformations is carried out within the framework of a federal project, thanks to which this publication is issued, – the Youth Laboratory ***Diagnostics and mechanisms of adaptation of natural and anthropogenic-transformed ecosystems in donbass***.

The style and sequence of presentation of the material are the author's own. The presentation here is what we deemed essential - on the example of a region with deep technogenic transformation of biosphere elements.

Respectfully, on the rights of author's introduction
Andrey Safonov

Благодарности

Невозможно представить выход книги без формирования стимулирующей среды и мотивирующей поддержки со стороны родных – семьи. Находясь в промежуточном возрастном поколении между предками и потомками, автор осознанно делает усилия по выполнению научно-исследовательской работы отчасти краеведческого содержания в однозначно сложных условиях военного периода и минимального материально-технического лабораторного оснащения.

На всем протяжении научного пути по направлению фитоиндикационного мониторинга автора сопровождали и координировали работу выдающиеся учёные и организаторы науки в Донбассе: член-корреспондент НАНУ, РАН, доктор биологических наук, профессор, директор Донецкого ботанического сада ***Александр Захарович Глухов***, доктор физико-математических наук, профессор, заведующая кафедрой биофизики, декан биологического факультета, проректор на научной работе, ректор Донецкого государственного университета ***Светлана Владимировна Беспалова***. Первые наблюдения в аспекте структурной фитоиндикации были осуществлены на кафедре ботаники и экологии под руководством ассистента ***Нины Антоновны Хижняк***. При любых обстоятельствах и условиях жизни надёжной поддержкой в реализации научной работы является доктор биологических наук, профессор, декан биологического факультета ДонГУ ***Олег Степанович Горецкий***.

Смысловая актуальность, консультации, экспертная оценка элементного состава образцов, созидательная критика и моральное вдохновение, – все эти аспекты научной деятельности автора представленной работы связаны с доктором химических наук, профессором, заведующей кафедрой аналитической химии ДонГУ ***Антониной Сергеевной Алемасовой***.

За особый подход вдумчиво работать с содержанием научного текста, мудрые советы и готовность делиться опытом по анализу процессов, происходящих в экотопах антропогенно трансформированного региона, автор благодарен кандидату биологических наук, ведущему научному сотруднику, учёному секретарю Донецкого ботанического сада ***Анне Ивановне Хархоте***. Большую дружескую поддержку и консультирование по многим вопросам экологической морфологии растений, оценке среды в условиях техногенеза в разные годы оказали сотрудники Донецкого ботанического сада, кандидаты биологических наук: ***Анна Сергеевна Назаренко, Сергей Петрович Жуков, Елена Анатольевна Мудрик, Ирина Владимировна Агурова, Александра Викторовна Николаева, Дмитрий Валерьевич Сыщиков*** и многие другие.

В совокупности обязанностей по работе с молодежью, проведения научно-технических мероприятий (олимпиад, конкурсов и конференций) для студентов и аспирантов на высоком организационном уровне автор благодарен кандидату технических наук, заведующему кафедрой прикладной экологии и охраны окружающей среды, профессору Донецкого национального технического университета ***Анатолию Ивановичу Панасенко*** и кандидату биологических наук, доценту кафедры прикладной экологии и охраны окружающей среды

ДонНТУ, главному специалисту сектора экополитики и стратегического планирования Государственного комитета по экологической политике и природным ресурсам при Главе Донецкой Народной Республики ***Елене Валерьевне Кочиной***.

Автор выражает **благодарность рецензентам рукописи** за ценные **замечания**, стратегические **корректировки и определённую смелось** при поддержке работы такого тематического направления и специфически воспринимаемого региона (Донецкой Народной Республики) в глобально мирном научном пространстве:

доктору сельскохозяйственных наук, профессору, заведующему кафедрой экологии и природопользования Южного федерального университета ***Сергею Ильичу Колесникову***, в том числе за многолетнюю поддержку студентов, аспирантов и молодых ученых Донбасса;

доктору биологических наук, профессору кафедры биологии Брянского государственного университета имени академика И. Г. Петровского ***Юрию Алексеевичу Семенищенкову***, в том числе за конструктивную рецензию на первую открывающуюся тему в ДНР по фитоиндикаторам в 2017 году, открытый приём и поддержку статей от учёных ДонГУ в журнале «*Разнообразие растительного мира*»;

доктору биологических наук, профессору, ведущему научному сотруднику лаборатории биогеохимии окружающей среды Института геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского Российской Академии наук ***Сергею Фёдоровичу Тютикову***, в том числе за квалифицированные рецензии в научных журналах, консультации и помощь в биогеохимических исследованиях локальных экосистем Приазовья.

Инициатива для существования в Донбассе ингредиентно-бриологической тематики актуального фитоиндикационного назначения принадлежит научным сотрудникам Объединенного института ядерных исследований (г. Дубна) под руководством доктора химических наук, заведующей лабораторией нейтронно-активационного анализа ***Инги Ивановны Зиньковской***, а также при поддержке первым проректором ДонГУ ***Валентины Александровны Дубровиной*** и содействии доктора химических наук, заведующей кафедрой аналитической химии ДонГУ ***Антонины Сергеевны Алемасовой***.

Картографический материал подготовлен в тесном содружестве с кафедрой геоинформатики, геодезии и землеутройства Донецкого национального технического университета, – специально созданные проекты, гео-разработки, ГИС-технологии ***Екатерины Александровны Гермоновой***. Именно благодаря профессиональной помощи Екатерины Александровны стало возможным связать все мониторинговые точки в единое информационное поле для наглядного территориально-пространственного анализа накопившегося большого количества результатов.

Автор выражает искреннюю благодарность доктору биологических наук, профессору, ведущему научному сотруднику Института геохимии и аналитической химии имени В. И. Вернадского ***Вадиму Викторовичу Ермакову***

за помощь в разработке идеологии биогеохимического эксперимента в условиях техногенеза и инициирование этих разработок в Донбассе; учредителю автономной неправительственной организации «Центр Ноосистема» (г. Москва), члену Русского географического общества ***Антону Юрьевичу Хлынову*** за содействие экспериментам и успешную транспортировку образцов для анализа; старшим научным сотрудникам ГЕОХИ ***Денису Николаевичу Догадкину*** и ***Валентине Николаевне Даниловой*** за подготовку и элементный анализ растительных образцов современными методами; студенту ДонГУ, стажёру-исследователю Донецкого физико-технического института имени А. А. Галкина ***Роману Андреевичу Сафонову*** за помощь в осуществлении отбора проб и разработке безопасного маршрута при реализации первичной части экспериментов.

Отдельным фронтом исследований в совокупности методических приёмов анализа и интерпретации полученных результатов стоит сотрудничество с кандидатом физико-математических наук, старшим научным сотрудником Института экономических исследований (г. Донецк) ***Виталием Николаевичем Неспирным***. Многое уже сделано с учётом статистических приёмов в ботанико-экологических исследованиях. Большие надежды возлагает автор на дальнейшее сотрудничество в этом направлении в том числе в рамках функционирования *Азово-Черноморского математического центра*.

При выполнении работы в реализации полномасштабного для всей территории наблюдательной сети эксперимента по сбору растительного материала и организации опытов активного экологического мониторинга большой вклад внесли **научные сотрудники и студенты**, указанные списке литературы, а также в совместных публикациях.

Многие идеи и планы по реализации отдельных экспериментов были кристаллизованы именно в период научной апробации, при выступлении на конференциях и обсуждении результатов. В этом аспекте особый вклад в развитие представленного научного направления внесли доктор технических наук, главный научный сотрудник лаборатории биомониторинга Вятского государственного университета Коми НЦ УрО РАН ***Тамара Яковлевна Ашихмина***; доктор биологических наук, заведующая кафедрой биологии естественно-научного института Тульского государственного университета ***Елена Михайловна Волкова***; кандидат биологических наук, директор симферопольского ботанического сада имени Н. В. Багрова Таврической академии Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского, заведующая кафедрой садово-паркового хозяйства и ландшафтного проектирования КФУ ***Анна Игоревна Репецкая***; кандидат географических наук, доцент кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды, заместитель декана по научной работе на факультете географии, геоэкологии и туризма Воронежского государственного университета ***Сергей Александрович Епринцев***; доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой ландшафтной архитектуры Московской сельскохозяйственной академии имени К. А. Тимирязева ***Александр Владимирович Фёдоров***;

заведующая кафедрой биологии Северо-Казахстанского университета имени Манаша Козыбаева ***Елена Владимировна Галактионова***.

В рутинной и кропотливой работе при подготовке статей и комплектации университетских журналов (ВАК РФ) «*Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона*» и «*Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки*» большую помощь автору оказали ответственные секретари периодических изданий: кандидат биологических наук, доцент кафедры зоологии и экологии ***Артур Давыдович Штирц*** и кандидат физико-математических наук, учёный секретарь научно-исследовательской части ДонГУ ***Максим Владимирович Фоменко***.

Велика роль научных библиотек в формировании взглядов и обработке информации, социализации автора с региональным и мировым научным пространством, возможностью транслировать и экспонировать результаты своих достижений на большую аудиторию, поэтому автор благодарен руководству и сотрудникам научной библиотеки ДонГУ ***Светлане Михайловне Савчук, Ирине Васильевне Махно, Татьяне Дмитриевне Чуенковой, Татьяне Викторовне Губаревой, Елене Витальевне Швакиной, Ольге Владимировне Аленовской*** и многим другим; фронтовику-библиотекарю, заведующему отделом социокультурной деятельности Донецкой республиканской библиотеки для молодёжи ***Никите Евгеньевичу Олендарю***, заведующим отделом научной информации и библиографии, ответственным за подготовку и выпуск библиографического указателя «Экология Донбасса», «Экология в ДНР» Донецкой республиканской универсальной научной библиотеки имени Н.К. Крупской ***Любовь Петровне Свирковой и Елене Васильевне Белоглазовой.***

Коллегам и совместным разработкам в составе кафедры ботаники и экологии посвящен отдельный раздел рукописи, – по актуальным на сегодня объединяющим и обзорным публикациям. Вклад сотрудников дифференциально выделен в тексте, отмечен в списке используемых источников информации с надеждой на перспективное развитие каждого из существующих направлений ботанико-экологических исследований. Неоценимую помощь в подготовке этого издания оказала аспирант кафедры, младший научный сотрудник НИЧ ДонГУ ***Юлия Станиславовна Калинина***.

Пользуясь случаем, автор выражает благодарность всем, кто словом и делом способствовал выходу книги в свет.

Нужно отметить, что **впервые за 30 лет** работы автора над этой темой именно в университете созданы условия для формирования обобщающей публикации в виде монографии, благодаря кандидату биологических наук, доценту кафедры биофизики, руководителю актуального проекта федерального уровня – научной темы молодёжной лаборатории «*Диагностика и механизмы адаптации природных и антропогенно-трансформированных экосистем Донбасса*», заведующему научно-исследовательской частью (НИЧ ДонГУ) ***Владимиру Олеговичу Корниенко***.

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

1 КОНЦЕПТ ФИТОИНДИКАЦИОННОГО МОНИТОРИНГА ДЛЯ ТЕРРИТОРИИ ДОНБАССА

Опорной сводкой научно-методических и теоретических подходов в планировании и осуществлении регионального **эколого-ботанического мониторинга** является книга «*Фитоиндикация металлопрессинга в антропогенно трансформированной среде*» (Глухов, Сафонов, Хижняк, 2006), в которой заложены определённые принципы и дано обоснование, а самое главное – показана **возможность** для реализации крупномасштабных территориально связанных проектов по наблюдению, оценке, краткосрочному прогнозу и информационному контролю состояния локальных экосистем Донбасса.

В идеологическом ключе развития мирового научного направления по **промышленной ботанике** (Кондратюк, Тарабрин, Бакланов, Бурда, Хархота, 1980) используемый здесь метод фитоиндикационной оценки является всеобъемлющим, поскольку **диагностика** – это неотъемлемая процедура любого этапа и способа эксплуатации человеком окружающей среды, – её ресурсов в широком и узкоспециализированном смысле слова.

Специфический аспект фитомониторинга вполне можно считать эколого-токсикологическим, однако в системе нарушений речь пойдет не только о недопустимых концентрациях тех или иных элементов и соединений. Поэтому на определённом этапе теоретического осмысления и накопления практических результатов была разработана блок-схема фитомониторинга в аспекте индикационно-ботанического исследования геосистем с целью их диагностики (рис. 1.1).

Рис. 1.1 – Схема представлений о месте экологического фитомониторинга во взаимодействии с другими направлениями и решением общенаучных задач (Сафонов и Глухов, 2023б)

Диалектическое единство природных компонентов и способов их познания в разработках по обозначенному направлению было проанализировано в отдельной публикации (Сафонов и Глухов, 2021б), что нашло свое продолжение в представленных блок-схемах различных характеристик индикационного мониторинга промышленного региона, чтобы не только отразить возможности используемого метода получения и обработки информации, но и выделить вариантные аспекты реализации такой программы (рис. 1.2 и 1.3).

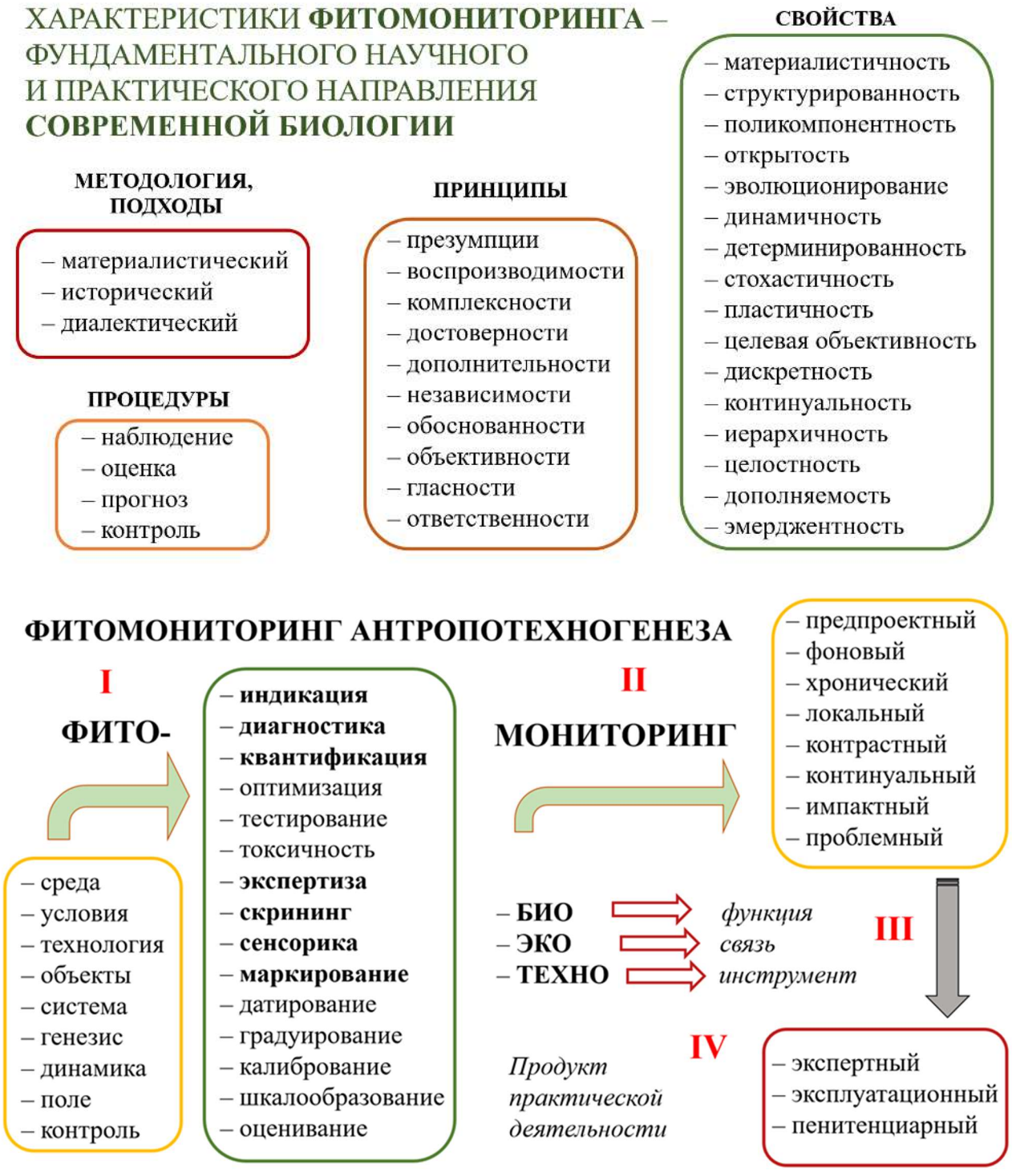


Рис. 1.2 – Системообразующие характеристики экологического мониторинга (Сафонов и Глухов, 2023б)

Если эмпирически доказана достоверность в системе «фактор – признак», то в технологии оценки и мониторинга такая группа автоматически рассматривается как логическое парное преобразование «индикат – индикатор». Следовательно, все изучаемые закономерности, имея обоснование для происходящего, индицируются, то есть могут быть оценены по сродству между компонентами системы. Индикационная значимость для ситуаций с природными и природно-антропогенными конгломератами нуждается в обязательной численной оценке (**квантификации**), и роль ученого заключается в унификации такой оценки для разных внутрисистемных взаимодействий таким образом, чтобы проводить необходимые научные процедуры: рекогносцировку, диагностику, инвентаризацию, превентивную профилактику и постэксплуатационную ликвидацию, конструктивный менеджмент в поддержании продуктивного баланса развивающихся и уязвимых экосистем. Для техногенно трансформированных регионов, среди которых в глобальном масштабе выделяется территория современного Донбасса, система многоступенчатой квантификации объединена **программой** целевого экологического мониторинга, в том числе с помощью растительных организмов (**фитомониторинга**), включающего обязательные блоки **наблюдения, оценки, прогноза и контроля состояния среды**. Локально полученные данные требуют объединения не только в геосистемном (плоскостном картографическом) аспекте, а также осмысления и диалектического понимания в материалистической интерпретации (Сафонов и Глухов, 2021).

В обозначенных рамках мониторинга как программы оценки качества экотопов в пространстве (по геолокалитетам) и во времени (в динамике) система фитоквантификации (Safonov, 2013, 2014) характеризуется **обязательными свойствами**, требующими как общенаучного теоретического осмысления, так и эмпирической иллюстрации на конкретных примерах в результирующей части публикации:

1) объективно описанную **материалистичность**;

2) **структурированность** (наличие системообразующих элементов: скелетность, каркасность и их наполнение);

3) **поликомпонентность** в значении сложности при разных формах и способах материального взаимодействия;

4) **открытость** (или квазизамкнутость по круговоротам) в обмене веществом, энергией и информацией;

5) способность **эволюционировать** в значении наличия ответных реакций и выработке свойств, позволяющих выживать и реализовывать свою генетическую программу в меняющихся условиях среды;

6) **динамичность**, что важно, например, при учёте погрешности в микроклиматических тенденциях или адаптационных характеристиках структур и функций растительных объектов;

7) **детерминированность** как смысл индикационного поиска при рассмотрении обусловливающих факторов для рассмотрения современного состояния и закономерности проявления материалистических свойств;

8) **стохастичность** при поиске новых вероятностных индикационных признаков или выбраковки утративших своё индикационное значение;

9) **пластичность** в значении поливариантности и при учете реализации дополнительных признаков генома, не регистрируемых ранее;

10) целевую **объективность** в значении информативности конкретных индексов при реализации целевых программ;

11) **дискретность** для различных дифференцированных индексов, ранжированных и оцененных признаков в рамках созданных экологических шкал или группах экологической валентности по отношению к фактору (или факторам) среды или установленному тренду антропогенной (или токсикогенной, трансформирующей) нагрузки;

12) **континуальность** как преемственная неразрывность переходящих друг в друга процессов, например, при формировании системы непрерывной фитомониторинговой программы;

13) **иерархичность** структур и функций преимущественно по плотности корреляции, рассчитанной разными способами в математической обработке данных;

14) **целостность** как свойство материи реагировать, например, на процессы возмущения в системе путем перестройки всех её компонентов – как дискретных объектов (особей, видов), так и континуальных частей целого (отдельных клеток в тканевых совокупностях, или при рассмотрении фитосоциальной среды);

15) **эмерджентность** (рассматривается в качестве обсуждения) как проявление уникальных свойств материи при сочетании определенных параметров, которые не были характерны для изучаемой системы путем их механического составления в случайной совокупности.

Мониторинговые исследования с использованием растений объединяют несколько обязательных процедур: **1)** получение первичной информации путём наблюдения (сбор растений в соответствии с узлами локализации мониторинговой сети); **2)** обработка данных и получение результатов камеральных наблюдений – аналитико-синтетический этап для возможного построения прогностической модели; **3)** представление результатов в наглядном программном обеспечении; **4)** информирование специализированных инстанций об имеющейся информации.

В основу методологического подхода реализации научной программы по фитомониторингу в антропогенно трансформированном регионе положено несколько ***принципов*** общенаучного теоретического содержания с обязательным пояснением на примере эмпирически полученных результатов:

1) ***презумпции*** наличия потенциальной индикаторной связи или проявления корреляционно рассчитываемой зависимости растительных организмов от факторов внешней среды, в том числе неблагоприятного проявления (угнетения, деструкция, деградация и пр.);

2) ***обязательности*** проверки доступных индикаторных свойств растений, соподчинения признаков и свойств растений физиологическим и биохимическим закономерностям роста, развития и целостного функционирования;

3) ***комплексности*** при использовании разных инструментальных и аналитических методов в оценке состояния внешних сред и внутреннего статуса объекта исследования;

4) ***достоверности*** посредством использования математического и (или) статистического критерия на доверительном интервале, достаточном для полевых эколого-ботанических исследований;

5) ***полноты информации*** в аспекте имеющихся данных о состоянии экотопов, в том числе стратегической важности в первую очередь для жизни и здоровья человека;

6) ***независимости*** (непредвзятости) проводимой фитоэкологической экспертизы, например, при профессиональной диагностике образцов фитоматериала без информации о привязке к геолокалитету;

7) научной ***обоснованности*** при оценке целесообразности проводимых исследований, повторности, затрат оборудования и интеллектуальных усилий на получение информации, достаточной для принятия управленческих решений или ограничивающих мер пользования природными ресурсами или воздействия на окружающую среду;

8) ***объективности*** за счет использования разных подходов при оценке и интерпретации результатов (данных) диагностического содержания;

9) ***гласности*** при условии принципиальной возможности обнародования результатов научно-исследовательской деятельности как в специализированной литературе, так и в источниках открытого доступа при реализации дополнительных программ общественного экологического мониторинга и открытого обсуждения данных с возможностью принятия корректирующих управленческих решений;

10) ***ответственности*** за качество полученных результатов согласно инструкции или методическим рекомендациям и за результаты исследований, важные в системе экологического менеджмента в регионе.

Выполнение научной программы в соответствии с перечисленными принципами формирует **концептуальный методологический смысл** изучения индикаторных признаков и свойств растений в техногенно напряженной среде.

Установлено, что реализуемый **фитомониторинг** экотопов Донбасса **состоит из восьми функционально связанных блоков**. Для каждого блока рассмотрены примеры реализации, перечислены объекты, их признаки и свойства, которые в совокупности формируют возможность создания программы фитоквантификационой оценки качества экотопов.

1. Система обеспеченности региона экологической информацией, определение тенденций на основании возможного ретроспективного анализа, учёт динамических нововведений в условиях экологических кризисов техногенного и социально-конфликтного характера. Каркас (системообразующие связи) фитомониторинга открытых природных экосистем центральной части промышленного Донбасса сформирован двухуровневой мониторинговой сетью (Сафонов, Гермонова, 2019) с привязкой каждого узла к местности – учетной площадкой. С учетом целенаправленно полученных первых

данных с 1996 года рассмотрена возможность ретроспективного анализа и динамики показателей, определяющих уровень состояния балансовых систем по критериям трансформации в широком смысле терминоэлемента, определяющего и токсическую нагрузку, и антропическое воздействие на фоне естественных биогеохимических циклов и процессов в регионе. Как информационно-аналитическая система весь фитоиндикационный мониторинг рассматривается в многофункциональном аспекте и как справочное, консультативное, с пошаговым методическим сопровождением, имеющим возможность к экстраполяции совокупности методологических аспектов на другие регионы с высоким уровнем техногенной нагрузки на природные среды.

Методологически такая программа опирается на подходы:

1) ранжирования территорий и зон по благоприятному использованию их в целевых программах ресурсопотребления в широком смысле;

2) планирования и организации различных видов деятельности на стадии предпроектной экспертизы;

3) учёта особенностей данных общественного экологического мониторинга и работы общественных советов с обязательными своевременными научными консультациями для принятия решений благоустройства;

4) разработки плановых профилактических мероприятий и способов рациональной ликвидации последствий аварийных ситуаций, что чрезвычайно востребовано для всех регионов с развитым уровнем промышленности и урбанизации.

Наиболее изучены в индикационном отношении виды: *Cichorium intybus* L., *Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip., *Echium vulgare* L., *Tragopogon major* Jacq., *Berteroa incana* (L.) DC., *Tanacetum vulgare* L., *Reseda lutea*L., *Plantago major* L. Новые виды, апробация индикаторной значимости которых начата в 2018 году: *Atriplex mircantha* C.A.Mey., *Nigella arvensis* L., *Glaucium corniculatum* (L.) Rudolph, *Fumaria schleicheri* Soy.-Willem, *Portulaca oleracea* L., *Alsine media* L., *Dianthus campestris* M. Bieb, *Gipsophila paniculata* L., *Moehringia trinervia* (L.) Clairv., *Sagina procumbens* L., *Stellaria subulata* Boeberex Schlecht. Всего в базе фитоиндикационных исследований задействовано 154 вида цветковых растений.

Бесспорные преимущества проведения фитомониторинговых разработок в антропогенно трансформированной среде по выявлению реакций фитообъектов на всякого рода изменения требуют формирования на основе этих данных общегосударственных программ экологического назначения с применением автоматизированной или стационарной лабораторно-инструментальной техники, привлечения отделов статистической обработки информации, лаборатории картографической визуализации меняющихся или консервативно-стационарных показателей и пр.

2. Определение индикационной функции фитокомпонентов в экологической диагностике природных сред как методический приём квантификации (индикационные шкалы, коэффициенты значимости, аддитивные диапазоны варьирования признаков и пр.) на основании

статистически доказанных особенностей структурно-функциональной зависимости состояния фитообъектов в меняющихся условиях среды. По принципиально реализуемому методологическому подходу в обозначенной научно-прикладной задаче аргументом является состояние антропогенно трансформированной природой среды, функцией – выявленная информация путём интерпретации данных, полученных при изучении растительных объектов, сформированных в конкретном месте и в конкретное время. Это обоснование полностью соответствует классическим представлениям пространственно-временной системы организации материи.

Смысловая нагрузка фитокомпонентной диагностики определена выявлением разницы между неравновесными флуктуирующими опытными и равновесными контрольными образцами – результатом материальной обработки объекта исследований и установления его состояния. Индикационная функция экологически значима, поскольку в своем многовекторном использовании показывает взаимозависимые процессы в экосистемах, однако, чем разветвлённей причинно-следственная цепочка, тем сложнее определить прямые связи, в частности на фитоиндикационном уровне. В таком случае обработка результатов полевых исследований должна предусматривать возможную организацию лабораторно-аналитического контроля в условиях нивелирования помех и вычленения основных факторов, представляющих приоритетный интерес в экологических исследованиях.

Технология создания экспериментальной рабочей и одновременно аддитивной экологической шкалы индикационного признака – это способы разложения характеристики на диапазон варьирования в соответствии с меняющимся экологическим фактором, например, в тренде токсической нагрузки по основным атрибутам материи:

1) *в пространстве* – при удалении на равные расстояния от источника выбросов предприятия-загрязнителя, при этом учитывается сбор данных в направлении сторон света (с обязательным принятием во внимание западного и восточного направления, учитывая сезонные и доминирующие ветры в регионе);

2) *во времени* по разным категориям его протекания – суточные, сезонные, межгодовые, пяти- и десятилетние интервалы времени – для определения динамики, цикличности и амплитуды колебаний внутри конкретного интервала. В практике фитомониторинга открытых геолокаций самым распространенным является метод получения годовой характеристики и расчёта межгодовой разницы. Экологическая шкала в апробированных целевых назначениях на группе цветковых растений по диапазонам морфологической пластичности – это результат эмпирического учёта крайне контрастных и внутренних переходных значений. Априори заложено, что для 10-балльной индикаторной шкалы не бывает нулевого значения, а показатели от 1 до 10 распределены следующим образом:

1–3 – соответствуют уровню воздействия на среду, не превышающую допустимую норму в совокупности влияния всех факторов;

4–6 – диапазон выносливости вида или возможности проявления признака в конкретных геохимических или геофизических условиях;

7–8 предкритическое состояние изучаемого признака, в котором наблюдается либо резкое угнетение нормальных функций, либо проявляется механизм компенсаторного стресс-торелирования, на этом уровне, как правило, определяются значимые параметры для монофакторного эксперимента или в контролируемых известных условиях систем полевых наблюдений в рамках одной мониторинговой точки.

На практике открытого фитоиндикационного эксперимента максимальные значения экологической шкалы 9–10 зачастую проявляются в суммационном эффекте по механизму реализации конкурентного взаимоусиливающего ингибирования.

В таких диапазонах проявления признака исследователь формирует ожидаемую тенденцию возникновения новообразования, массовой гибели особей в целом или микроэволюционного преобразования функций и связанных с ними структур. Техника расчета пороговости межинтервальных значений внутри всего диапазона может быть разной – равномерно установленных ступенек в значении внутриинтервальной принадлежности как правило не существует, поэтому эмпирика и статистика диалектически формируют критерий фитоиндикационной значимости, например, морфотипическая разнокачественность общего габитуса *Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip. – *MDGTi* – (2) [2–4) [4–6) [6–8) [8–9) [9–10) [10–11) [11–12) [12–13) [13); индекс трихоморазнообразия *Echium vulgare* L. – *ITREv* – (2) [2–3) [3–5) [5–6) [6–7) [7–8) [8–9) [9–10) [10–11) [11); степень дефектности пыльцевых зерен *Cichorium intybus* L. при окрашивании метиленовым синим – *SDPmsCi* – (2,50) [2,50–4,99) [5,00–7,49) [7,50–9,99) [10,00–12,49) [12,50–14,99) [15,00–17,49) [17,50–19,99) [20,00–29,99) [30,00) и другие варианты фитоиндикационных шкал (Сафонов, 2018).

Назначение фитоэкологической шкалы в целевой программе оценки трансформации или уровня нагрузки на природные среды – разбить весь диапазон значения признака таким образом, чтобы получить для каждой мониторинговой точки значение индекса, валентное в корреляционном анализе значению фактора, в таком случае и определяется теснота связи признаков и характеристик среды.

3. Технология установления индикаторной значимости выявленных признаков, аналитический контроль и проверка данных, методы геолокальной визуализации по структурным идентификациям растений, выявление наличия ранжированного территориального ряда и использование параметрических корреляционных плеяд. Фитоиндикация в экологическом мониторинге антропогенно трансформированного региона может быть реализована на всех уровнях существования и развития фитоматерии. Практика проведения полномасштабного скрининга в промышленном регионе доказывает целесообразность использования морфоструктурных характеристик от клеточного до ценопопуляционного уровней, например, индекс частоты

встречаемости (ч. в.) пыльцевых зёрен с атипичным строением лакун, ч. в. четырехгранных пыльцевых зёрен, вариабельность скульптуры, орнаментации и формы пыльцевых зёрен, индекс трихоморазнообразия (типификация трихом), индекс общей специализации трихом (нитчатого, ретортоообразного типа и сферической формы) – *уровень отдельно сформированных клеточных образований*; индексы аномальности анастомозной сетки и атипичного строения устьичного аппарата, прозенхимная деградация дерматогена, гиперфункция ткани, гомологичной гиалиновой оболочке, структурная дегенерация внешнего слоя эндосперма, элиминация тканей, идентифицированных как протодермальные образования с разных сторон зародыша – *тканевой уровень организации фитоматерии*; морфотипическая разнокачественность общего габитуса, ч. в. деформированного или несформированного зародыша, проявление тератологических синкотилии и схизокотилии, индекс матрикальной гетерокарпии, степень выраженности асимметрии отдельных органов или сопряженных структур – *уровень систем органов;* проявление онтогенетических жизненных стратегий в аутфитоиндикационном аспекте (произведение показателей семяобразования, созревания и жизнеспособности, периодов плодоношения и генеративного побегообразования), коэффициент генеративной активности – *онтогенетический аспект* аутфитоиндикации; ареалообразующие характеристики, наличие видов в маргинальных участках краевых границ выносливости, расстояние переноса элементов диссеминации, проявление розеточности, гигантизма, олигомеризации, карликовости, стратегия захвата территории вегетативным способом и за счёт генеративных структур в проявленном результате межвидовой конкуренции, сукцессионные процессы на эдафотопах, начиная со стадии эцезиса как варианта сингенеза в пространстве с открытыми экологическим нишами в совокупности рассматриваются как *синфитоиндикационные характеристики*. Таким образом, при выборе фитоиндикационных признаков учитывается иерархия структур с предполагаемым соподчинением функций и их оценивания, что также соответствует законам диалектического материализма.

Способы получения и обработки данных в обозначенном научно-техническом задании по квантификации учитывают лабораторный эксперимент по созданию сред с контролируемыми характеристиками, камеральную обработку полевых сборов, перепроверку результатов в достаточном для достоверности количественном эквиваленте по объему выборки, сравнение тенденций и результатов однотипных и взаимодополняющих параметров в динамике. Процесс визуализации реализуется в нескольких направлениях: **1)** витальное препарирование, рассмотрение и фотографирование образцов при световом микроскопировании – получение наглядных сравнительных образцов для шкалообразования и соответствующей квантификации; **2)** картографические продукты: значение отдельных признаков, плоскостное распределение по ранжированным рядам, определение функции приращения в динамическом эквиваленте; **3)** структурное моделирование, например, геометрические трансформации пыльцевых зёрен под воздействием загрязняющего вещества,

процесс формирования дерматокалиптрогена в миграционных потоках токсического элемента среды и пр. Параметрическую корреляционную плеяду в аспекте фитоиндикационного мониторинга целесообразно формировать как массивы данных для многократного сравнения между собой, причём перед фитоквантификационными заключениями обязательно нужно определить степень сродства между показателями внешней среды для индикационного признака, а также выяснить сопряженность проявления признаков между собой, – как привило больше 60% признаков имеют взаимозависимость в проявлении при действии одинаковой комбинации факторов токсической среды, тогда эти признаки являются компенсаторными и альтернативно используются при выпадении серии локальных экспериментов в конкретном году при сборе первичных данных.

4. Учёт вегетативно-соматических признаков фитоквантификации: архитектонические модели корне-, побегообразования, ветвления и других морфологических параметров на основании выявленных отклонений или проявлений на уровне отдельных доступных для анализа субклеточных структур, клеток и конформационных тканей. Функционально важно разделение вегетативных органов по сопряжению с факторами природных внешних сред:

1) микрокорневые системы находятся в прямом контакте с почвенным раствором, однако в практических заключениях делается логический вывод о степени загрязнения или трансформации почвенного горизонта;

2) особенности поверхности листовой пластинки фолиарных образований верхних формаций напрямую контактируют с воздушной средой, однако структуры закладываются в базовой части органогенеза при системном физиологическом обеспечении листа во взаимосвязи с корневой и побеговой системами, поэтому эмпирически нужно устанавливать – является ли рассматриваемый признак продуктом прямого воздействия агрессивности воздушной среды, или это общая физиолого-генетическая реакция на факторы водной или почвенной среды;

3) при анализе палинологического материала важен факт степени созревания пыльцы и места её сбора: если пыльца находится в пыльниках при лабораторном препарировании, то связь логичнее проводить с показателями внутренней среды организма, если же произведён сбор свободнооседающей пыльцы из аэрогоризонтов, то структурная характеристика экзины находится в прямом контакте с воздушной средой приземного слоя атмосферы, и даже эти показатели могут быть таксоноспецифичны, учитывая особенности разных видов продуцировать элементы мужского гаметофита в разных объемах и генерациях, с разной периодичностью, в разные сезоны и в разных микроклиматических условиях;

4) определение фенов околоцветника отдельных видов в разных ценотических условиях в сравнительном анализе должно учитывать онтогенетическую стадию особи и индивидуально видовое рассмотрение вопроса одно- или многоразового контакта венчика с воздушной средой. Поэтому поиск универсальных фитоиндикаторов очень важен в реализации

программ индикационного мониторинга антропогенно трансформированных экотопов.

В вегетативно-соматических моделях реализации побегообразования, надземной и подземной архитектоники проявляются тактики растительного организма по использованию ресурсов: территории, элементов питания, факторов жизнеобеспечения, реализации общебиологических потенций, поэтому выявленные отклонения от нормы в строении вегетативного органа на макроморфологическом уровне – это результат комплексной реализации (успеха в онтогенезе или сбоя в органогенезе) стратегии выживания вида в нестабильных или меняющихся экологических условиях. Из совокупности признаков гетерогенного строения листового аппарата новых для индикации в Донбассе видов растений по индикационным свойством выделены: *Nigella arvensis* L., *Glaucium corniculatum* (L.) Rudolph, *Fumaria schleicheri* Soy.-Willem, *Portulaca oleracea* L., *Alsine media* L., *Gipsophila paniculata* L., *Sagina procumbens* L., *Atriplex mircantha* C.A.Mey.

5. Индикация природно-техногенных экотопов по генеративным преобразованиям: причинно-следственные связи тератных проявлений на уровне отдельных частей цветка, общей морфологии дискретных генеративных органов и автономной продукции растительного происхождения (пыльцевые зерна на разных стадиях формирования, эмбриональные гистохимические проявления, частные карпологические характеристики и пр.) в условиях неблагоприятной гетерогенной среды. Практика индикационного эксперимента в разных частных примерах рассматривает строение генеративных структур растений как консервативный признак, например, при защитных процессах эмбрио- и карпогенеза, или максимально уязвимый и морфопластичный признак, например, при формировании экзокарпической орнаментации в период синильной стадии развития особи, архитектоники синфлории, побегообразования на начальных стадиях генеративного развития. Причем в первом и во втором примере установлена связь с характеристиками воздушной среды, что важно для дифференцированного индикационного анализа в проведении корреляционных расчётов (Safonov & Glukhov, 2021).

Описанное диалектическое противоречие на примере консервативности генеративных структур в своем проявлении формирует успех именно комплексного подхода в проведении фитомониторинговых исследований открытых природных сред.

Вариативность экологической пластичности и морфотипической изменчивости наглядно отображается в проявлении аномальных (тератных) признаков. Путём перепроверки результатов установлено, что перечисленные тератные образования не проявляются в следующих как минимум двух поколениях потомков, перенесенных в условно благоприятную в токсическом эквиваленте среду. Это важно для реализации фитомониторинговых программ по фенотипическим признакам – в условиях экспресс-диагностики и полевой специфики эксперимента в целом. Строение цветка по тератогенному типу, преимущественно околоцветника, тычиночных нитей установлены для

следующих новых в экологическом мониторинге видов растений: *Nigella arvensis* L., *Glaucium corniculatum* (L.) Rudolph, *Fumaria schleicheri* Soy.-Willem, *Portulaca oleracea* L., *Dianthus campestris* M. Bieb, *Gipsophila paniculata* L., *Moehringia trinervia* (L.) Clairv., *Sagina procumbens* L., *Stellaria subulata* Boeberex Schlecht. Отдельной группой тератогенных признаков эмбриональной структуры отмечены виды растений техногенных экотопов Донбасса: *Fumaria schleicheri* Soy.-Willem, *Portulaca oleracea* L., *Dianthus campestris* M. Bieb, *Gipsophila paniculata* L., *Moehringia trinervia* (L.) Clairv., *Stellaria subulata* Boeberex Schlecht., *Atriplex mircantha* C.A.Mey. – это наиболее стратегически важный показатель, отражающийся на качестве семенного материала индикационных видов.

6. Анализ полученных данных ценопопуляционного содержания – демографические трансформации в группах индикаторов, а также выявленные микросоциальные тенденции для модельных индикаторных видов растений. Вопрос выживания как абсолютного показателя и степени выживаемости как статистического критерия общепопуляционного значения является также системным в категориях диалектического материализма. В этом аспекте рассматривается несколько процессов, также важных в диагностике качества природных сред: 1) миграционные процессы видов с ценопопуляционными характеристиками, приобретенными в стресс-индуцированных условиях – регистрация особей с расширяющимися локалитетами, например, металл-сформированных ассоциаций; 2) факты ожидаемой внутривидовой бифуркации в контрастных геохимических условиях при возможных условиях механических изоляций в рамках буферной территории предприятия-загрязнителя или отдельной промышленной зоны.

Теоретическое обоснование любых преобразований в структурах растительных организмов хоть и подтверждено по критерию проявления фенотипической природы, всё же детерминировано начальными генетическими возможностями, то есть способностью реализации генетической программы в новых условиях при вырабатывании комплекса стресс-защитных или стресс-адаптированных признаков, изначально имеющих стартовый механизм проявления именно на молекулярно-биохимическом уровне. Запуск таких структурно-функциональных преобразований на разных уровнях организации материи также является иллюстрацией диалектического характера существования и дальнейшего эволюционного продвижения живых систем. Следовательно, в контрастных гетерогенных условиях генетический аппарат вида находится в условиях стимулирования дополнительной генной экспрессии, что позволяет не только сохранить целостность вида в разнообразии его генофонда и единицы сообщества, но и вывести его характеристики в динамически равновесное состояние в часто непредсказуемо меняющихся условиях антропогенной трансформации экотопов.

7. Определение стратегий выживания (особей и видов на ценопопуляционном уровне) и смещения стратегического потенциала при реализации экологической ниши, например, тяготение к эксплеренции для

патиентов и виолентов, процесс рудерализации и стимулирование стресс-устойчивости, онтогенетические трансформации (смещение фенопауз) индикаторной значимости. Проявление пластичности как защитной реакции и в то же время консервативности в строении и функциях – по тем же причинам является материальной аллюзией на диалектическое противоречие в борьбе противоположностей за стратегическое преимущество. В биологии совокупность таких стратегий связывают традиционно с борьбой за выживание. Эта борьба (прямое взаимоотношение, жесткая конкуренция, нелинейная взаимосвязь и пр.) обязательным образом программно обеспечивает биологический успех вида как единицы эволюционного процесса. Таксономическая единица, не вырабатывающая приспособительных новоприобретений в контрастных условиях среды (в данном случае – на примере комплексного фактора техногенеза) обречена на вымирание посредством катастрофического исчезновения или сравнительно постепенного угасания популяционных структур.

Все описанные процессы и характеристики растений в изучаемых условиях мониторинговой сети Донбасса являются совокупным отражением реализации стратегии выживания видов как дискретно оцениваемых субъединиц фитоквантификации.

8. Справочно-аналитические сводки и контроль в технологии регионального фитомониторинга включают процедуру пошагового динамического наблюдения в техногенной среде, внедрение аппарата автоматизированной системы оценки в разветвленном алгоритме инструментальных действий при обработке полевых и камеральных данных (первичной информации).

Необходимость в создании справочно-аналитического издания возникает в связи с возможностью учёта синонимического ряда используемых терминов в экологической фитодиагностике и других научно-технических и философско-обобщающих задач (например, используемые термины *фитоиндикация, фитомониторинг, фитодиагностика, фитоквантификация, фитоскрининг, фитосенсорика, фитомаркирование, фитоэкспертиза* имеют отдельную информационную нагрузку применительно к разным целевым использованиям в науке и практике, следовательно, требуют смыслового уточнения). Тенденции в изменении показателей фитосреды и связанные с ними характеристики состояния антропогенных экотопов определены по микроэволюционным трендам в морфологической пластичности растений-индикаторов, что диалектически соответствует двум сопряженным процессам: изменения промышленно индуцируемых биогеохимических циклов и адаптациогенеза фиксированных биосенсоров в конкретной геоточке. Важно связать полученные данные с возможностью экспресс-анализа состояния локальных экосистем и оценки стохастичности экологических рисков для уязвимых природно-техногенных конструкций, что выводит исследовательский поиск и решение управленческих задач на уровень организации мониторинга потенциальных и реально развивающихся экологических кризисов.

В итоговой продукции проводимого фитоиндикационного мониторинга предусмотрено обязательное составление аннотированного списка признаков и характеристик, имеющих достоверное значение в испытанных условиях эксперимента. Дополнительная визуализационная программа предполагает сбор и оформление иллюстрированного атласа территориальных экологических напряжений в регионе по дробным и комплексным показателям нарушенности или баланса в природных системах.

Предложенная план-концепция сформирована на эмпирических данных и территориально апробирована, соответствует законам диалектического материализма по специфике выявления причинно-следственных связей в системах «*фактор – признак*», «***индикат – индикатор***», технологии взаимно-обратной фитоквантификации перерасчета непараметрических признаков в параметрические характеристики, учету адаптационных возможностей тест-индикаторов в меняющихся условиях среды.

Разрабатываемый фитоиндикационный мониторинг соответствует принципам диалектического материализма по форме и содержанию (как процесс, программа и система взаимодействующих элементов), а значит, может рассматриваться в качестве теоретически-прикладного научного направления, обусловленного актуальностью исследований в антропогенно трансформированном регионе.

По совокупности приведенных примеров и выявленных закономерностей **мониторинг природных сред с помощью растений**

– материален, структурирован, поликомпонентен,

– представляет собой открытую, целостную, детерминированную и динамически развивающуюся систему, способную к эволюционному процессу,

– характеризуется пластичностью, предусмотренной стохастичностью, дискретностью, континуальностью, иерархичностью по структурам и функциям.

В такой совокупности свойств и характеристик экологический ***фитоиндикационный мониторинг*** – это диалектически оправданная совокупность научных изысканий, имеющих глобальную цель в получении объективной информации о состоянии компонентов природной среды.

Методологические разработки экологической проблематики, в том числе фитомониторинговых исследований, являются одним из ведущих составляющих как теоретического, так и практического разрешения проблемы биосферы – предотвращение дальнейших разрушительных изменений окружающей среды.

В инструментально-методологическом аспекте использованы авторские технологии фитоиндикационного содержания, а также принципы мониторинговых исследований на промышленных и(или) антропогенно трансформированных территориях. Для предложенных групп (технологических блоков) приведены соответствующие примеры видов растений и информативных признаков в сопряжении с характеристиками и некоторыми выявленными причинами их проявления.

Группы методов фитомониторинга в техногенных регионах представлены **по скорости получения и обработки данных**. Выделено **пять групп** применяемых в Донбассе **методологических программ фитомониторинга**.

1. Экспресс-диагностические методы, в том числе полевые, фоновые, экспедиционные, сигнальные для экстренной регистрации изменений, например, по габитуальным особенностям строения растений (механическая трансформация, тератологические признаки побегообразования на уровне всей особи), появление специфического налета на трихомах или изменение структуры поверхности листового аппарата под воздействием разных загрязнителей, имеющих локально-эндемичное распространение, – такие группы методов важны для диагностических мероприятий в супер-контрастных геохимических условиях, в первую очередь для территорий, занятых под размещение промышленных и бытовых отходов:

– диагностированы локальные очаги загрязнения соединениями кадмия при проявлении треугольной анастомозной сети в листовом аппарате *Echium vulgare* L. (признак установлен в полевых условиях санитарно-защитной зоны и учетной площадке максимального импакта Енакиевского металлургического завода);

– высокие концентрации соединений ртути (по-видимому, при складировании разбитых или вышедших из строя осветительных элементов на центрально-городском рудеральном полигоне (пгт. Кировское) в июне 2019 г. установлены по специфическому окрашиванию жилок второго порядка на нижней стороне листовой пластинки *Plantago major* L., что ранее наблюдалось (1999-2000 гг.) как фенотипический маркерный признак для особей этого вида, произрастающих на территории Никитовского карьера (Донецкая область) по открытому способу добычи ртутьсодержащих полезных ископаемых;

– залповые выбросы Донецкого металлургического комбината 27 июня 2011 г. и 15 августа 2013 г. были зарегистрированы по резкой механической габитуальной трансформации соцветий и частей цветка (отгибов венчика) *Cichorium intybus* L.; 92% из числа поврежденных особей на учетной площадке промзоны были восстановлены через 8 суток.

2. Первичные инструментально-аналитические подходы в экологическом фитомониторинге по сути разделяются на ботанико-структурные, функционально-физиологические, химико-аналитические, физико-химические и комбинированные (например, оптико-ботанические). В этой группе методов квантификации основной акцент сделан на поиск и выявление закономерных структурных трансформаций видов-индикаторов таким образом, чтобы можно было в лабораторных условиях подтвердить функциональную разницу между состоянием растений из зон с разным уровнем трансформации и(или) токсической нагрузки на природные среды, в которых проявляются изменения диагностической значимости.

В анализируемой группе метрических манипуляций и данных отнесены все факты, которые имеют конечный цифровой результат по первичным замерам

(также с учетом частоты встречаемости индикационного признака или процентного значения выявляемых показателей):

– тератологическая форма цветка и соцветий *Reseda lutea* L. преимущественно вызвана высокими концентрациями соединений серы, что характерно для большинства первичных эдафотопов на террикониках Донбасса;

– учет проявления признака полимеризации листового аппарата нижних розеточных листовых пластинок *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik. указывает на общую токсичность и почвенную агрессивность в тех экотопах, где вид не испытывает фитоценотического барьера и проявляет все признаки структурной пайноморфности как варианта ксерофитизации в условиях техногенной трансформации среды;

– регистрация тератных плодов у *Berteroa incana* (L.) DC. по типу синкарпии и фасциации как правило спровоцирована недостатком азота и кальция в почвенном субстрате, что характерно для олиготрофных эдафотопов, например, на обочинах дорог центральных улиц г. Донецка, а также экстраполируется для других городов Донбасса и доказано эмпирическим способом для Макеевки и Горловки в 2015–2019 гг.;

– важный функционал можно выделить из использования данных о статусе пыльцевых зерен растений-индикаторов, что было опубликовано ранее;

– количественная оценка репродуктивного успеха по анализу визуальной оценки качества семенного материала, например, для видов *Tanacetum vulgare* L., *Centaurea diffusa* Lam. и *Tragopogon major* Jacq. в условиях техногенно трансформированных экотопов дает важные результаты при опосредованном определении динамики валовых выбросов предприятий и общей промышленной нагрузки (регистрировали в сравнении данных в контрастные годы по интенсивности промышленных мощностей с 1996 по 2021 гг. в донецком экономическом регионе). В большинстве случаев установить причинно-следственные связи между показателями первичной метрики и факторами среды не удается, поскольку интерпретация нуждается во вторичном приближении с использованием разнообразных статистических методов.

3. Статистически-интерпретационные технологии с учетом частоты встречаемости или регистрации фитоиндикационных признаков и специфики их проявлений в условиях антропогенной трансформации экотопов, построение корреляционных матриц и плеяд взаимодействия в системе «индикатор – индикат», проверка индикационной значимости по критериям достоверности. Разнообразие таких методических приёмов с точки зрения математического аппарата велико, однако на практике выделены методы по целесообразности в работе с массивами данных, моно- и полифакторном корреляционном анализе.

В перечне возможных фитоиндикационных задач реализация системы корреляционных плеяд наиболее часто оправдана для анализа растительных сообществ и определения экологических режимов на разных сукцессионных стадиях существования неотехногенного экотопа (на примере отвалов угольных шахт). Были получены оригинальные данные по ассоциациям бриобионтов на террикониках Донецко-Макеевской агломерации:

I – *Bryum argenteum* Hedw., *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid, *Bryum caespiticium* Hedw., *Leskea polycarpa* Hedw., *Orthotrichum speciosum* Nees, *Brachythecium campestre* (Müll.Hal.) Bruch et al., *Bryum capillare* Hedw.;

II – *Plagiomnium cuspidatum* (Hedw.) T. Kop., *Grimmia pulvinata* (Hedw.) Sm., *Brachythecium salebrosum* (F.Weber & D.Mohr) Bruch et al., *Syntrichia ruralis* (Hedw.) F. Weber & Mohr, *Platygyrium repens* (Brid.) Schimp.;

III – *Homomallium incurvatum* (Schrad. ex Brid) Loeske, *Brachythecium albicans* (Hedw.) Bruch et al., *Dicranella cerviculata* (Hedw.) Schimp., *Campyliadelphus chrysophyllus* (Brid.) R.S.Chopra, *Niphotrichum canescens* (Hedw.) Bednarek-Ochyra & Ochyra, *Ditrichum pussilum* (Hedw.) Hampe.

4. Вторичные методические приемы фитомониторинга, например, аналитические по расчету экологических амплитуд, индикаторных шкал, установлению валентности видов и их характеристик к факторам, режимам и условиям среды в промышленном регионе. Наиболее приемлемой была определена технология расчетной конструкции аддитивных 10-балльных индикаторных шкал на основе морфологической пластичности видов таким образом, чтобы учесть весь диапазон пластичности отдельных признаков в строении растения и эмпирично выделить значимые интервальные ступени для характеристики каждого диапазона.

5. Интеграционные и визуализационные подходы как способы получения картографической продукции, анализ ГИС-данных для больших массивов, корреляционные процессы для плоскостного, объемного, динамического и прогнозно-стратегического вариантов моделирования и фитоквантификации. Из используемых параметров успешно апробированы способы выделения ядер биоразнообразия, что важно в реконструкции экологических коридоров сетей направленной миграции и сохранения флористического богатства региона.

Полученные результаты основаны на использовании как общепринятых классических методов, так и на запатентованных оригинальных разработках, представляющих инновационные технологии для внедрения в программы экологического мониторинга промышленных регионов.

Доказано, что ***индикационная значимость***, формирующая базу фитомониторинга в техногенно трансформированном территориальном конгломерате, востребована на всех стадиях восстановления биотопа как инструмент квантификационной диагностики, анализа для реализации дальнейших направленных технологий оптимизации локальных геосистем.

Успех любой восстановительной работы в условиях техногенных трансформаций среды на всех рекультивационных этапах должен быть определен по специфической процедуре квантификации, то есть иметь количественную оценку эффективности используемых технологий. Поэтому внедрение методов ботанической индикации и фитомониторинга необходимо как постоянный контролирующий инструмент в корректирующих и диагностических целях, что особо актуально для нарушенных ландшафтных систем.

Поскольку ёмкость полученных авторских схем имеет бесчисленные варианты трактовок и пояснений (что частично будет раскрыто в экспериментальных главах работы), то применительно к задачам регионального природопользования блок-схемы имеют более упрощенную конструкцию и характер аспектного насыщения всей совокупности использованных подходов в экологическом мониторинге, например, в токсикологическом (Сафонов и Глухов, 2023б) и ландшафтно-эстетическом (Калинина и Сафонов, 2024) направлениях организации научной деятельности на местах (рис. 1.3)

Рис. 1.3 – Примеры организации экологического мониторинга в зависимости от целевого назначения и поставленных перед исследователем задач

Очевидным в осуществимом экологическом мониторинге является осознание значительной роли **историко-этнографических** процессов, проходящих на территории современного Донбасса (Бабурин, 2022, 2023; Беспалова и др., 2021; Минаев, 2023; Муза, 2018, 2020, 2021, 2022; Алексеева и др., 2021; Черкашин, Теркулов, Тамерьян, 2023); корректных **лингвистических практик** (Теркулов, 2022, 2023а,б; Бровец и Теркулов, 2023;), **социально-экономического** анализа в регионе (Половян и Ялунер, 2021; Зибарев и Розенберг, 2019; Загорная и Долбня, 2023; Кошелева и др., 2022, 2023; Кужелева, 2021, 2022а,б; Гончарова, Загорная и др., 2023; Кособуцкая и Загорная, 2024; Zagornaya et al., 2023).

Фундаментально-идеологическая концепция представленного здесь мониторингового эксперимента так же была сформирована под влиянием отечественных экологических школ (Ермаков, 2023; Розенберг, 2019а,б, 2020, 2021, 2022 а,б; Саксонов, 2021; Шитиков и др., 2021; Янин, 2022; Mirkin & Naumova, 2002; Rozenberg, 2022; Rozenberg et al., 2023; Yashina et al., 2023).

Система накопления знаний в экологическом мониторинге затрагивает сферы разнообразных направлений научной деятельности:

– ***аналитические программы*** обнаружения и контроля токсических элементов и соединений (Ермаков, 2023а,б, Алемасова и Жебура, 2021; Алемасова и др., 2018; Пенькова и Алемасова, 2020; Громяк, Догадкин и др., 2023; Догадкин и др., 2023; Колотов и др., 2023; Янников и др., 2020; Alemasova, Shevchuk et al., 1996; Ermakov, Tyutikov, Danilova, 2020; Gholizadeh et al., 2024; Lugovyy, Alemasova et al., 2014);

– ***фитосозологические*** разработки (Приходько, Глухов, Остапко, Николаева, Козуб-Птица, 2022; Тишков, 2024; Семенищенков и др., 2023; Белоновская и др., 2024; Галактионова и др., 2024; Глухов и Хархота, 2001, 2006; Немцова, Телеганова, Чибилёва и Тишков, 2024; Grigorjevskaya, Vladimirov et al., 2021);

– ***фитоценотические*** методы (Миркин, 1990, 2012; Миркин и др., 1999, 2018; Онипченко и др., 2022, 2023; Розенберг, 2018; Булохов, Купреев, Семенищенков, Харин, 2024; Бузук, Созинов, Цвирко, 2017; Булохов и др., 2014; Волкова и др., 2020, 2022; Глухов, Хархота, Прохорова, Агурова, 2011; Семенищенков и Корсиков, 2020; Голуб, 2011, 2022; Полянчева и Волкова, 2021; Созинов и др., 2022; Чадаева и др., 2016, 2017; Kupreev & Semenishchenkov, 2022; Panitsa et al., 2020; Tabašević et al., 2021; Tamakhina, 2021; Vantarová et al., 2024; Willner et al., 2019);

– ***фитотоксикологические*** эксперименты (Колесников, 2023а,в; Тютиков, Ермаков и др., 2021, Булохов, Анищенко, Панасенко, Семенищенков, 2012; 2022; Гурина и Чуфицкий, 2023; Жуйкова и др., 2022; Калаев и Жигулина, 2023; Калинина, 2024; Мейсурова и др., 2023; Огородникова, 2010; Опекунова и др., 2015, 2016; Петухов и др., 2020; Савинов и Новожилов, 2021; Фрейберг и др., 2014; Фрунзе, 2023а,б,в,г; Цепина и др., 2024; Чуфицкий, 2023; Mihaylova et al., 2023; Opekunova et al., 2016, 2020, 2022, 2024; Tabrez et al., 2011; Tsepina et al., 2024; Vergel, Zinicovscaia, Yushin, 2022; Zinicovscaia et al., 2021, 2022);

– ***аэромониторинг*** в условиях антропогенной нагрузки (Адамович и Ашихмина, 2019; Абашев и др., 2024; Демина и др., 2011; Елькина, 2018; Карасева и др., 2021, 2024; Павлюченко и др., 2022; Посевина, 2010; Шамраев и др., 2020; Fernández-González et al., 2023; Kurolap et al., 2020; Levetin et al., 2023; Prodić et al., 2024; Rajfur et al., 2024; Rogova et al., 2024; Rosario et al., 2024; Strizhenok et al., 2021; Vagapov et al., 2023; Volkova & Severova, 2019; Zinicovscaia, 2020);

– ***гидробиологические*** сведения (Кутявина и Ашихмина, 2021; Беспалова, Чуфицкий и др., 2018а,б; Касько, Комарова, Мирненко, 2021; Кутявина и др., 2023, 2024а,б; Чуфицкий и Беспалова, 2023; Mirnenko, 2024);

– ***эдафические*** оценки (Колесников и др., 2024; Бетехтина и др., 2023; Глухов, Хархота, Прохорова, Агурова, 2012; Кондакова и др., 2023; Меньшикова и др., 2021; Плеханова и др., 2018; Скугорева и др., 2019, 2023; Тимофеева и Молодцова, 2021; Тимофеева и Якушева, 2018; Торохова и Агурова, 2008; Тютиков и др., 2023; Kolesnikov et al., 2017, 2022; Agathokleous et al., 2023; Agurova & Syshchykov, 2023; Ivashchenko, 2024; Mleczek et al., 2018; Vilkova et al., 2024);

– ***дендроиндикация*** и дендрохронология (Корниенко и др., 2019, 2021, 2022а,б, 2023, 2024; Аникина и Корниенко, 2024; Антропова и Кониенко, 2024; Горелова и Волкова, 2015; Калаев и др., 2022; Кольченко и Корниенко, 2019; Подлевских, 2022; Раменская и др., 2022; Ivanova, 2024; Matić et al., 2023; Taurines et al., 2024; Veselkin et al., 2021; Zaitsev et al., 2021);

– ***геоэкология*** (Тишков и др., 2020, 2021; Аникина и др., 2017; Владимиров и др., 2021, 2023; Жигулина, 2023; Гаврилов и др., 2023; Закотнюк и др., 2021, 2022; Караваева и др., 2023; Клепиков и др., 2023; Олонова и Высоких, 2021; Опекунов и Дэн, 2015; Опекунова и др., 2021, 2023; Плугатарь, 2023; Розенцвет, 2021; Стёпкин и др., 2024; Тимощук, 2024; Черятова, 2024; Яшков и др., 2015; Freschet et al., 2013; Liao et al., 2020; Opekunov et al., 2021; Prajzlerová et al., 2024; Ryakhov et al., 2021; Tabunshchik et al., 2020; Zeng et al., 2022);

– ***биоклиматический*** анализ (Афонин, Баранова, Кулакова и др., 2022; Водаева и Волкова, 2021; Корниенко, Калаев, Елизаров, 2018; Куролап и др., 2010; Никулина и др., 2018; Fristoe et al., 2023; Kambach et al., 2023; Klinkovská et al., 2024; Korniyenko & Kalaev, 2022; Popkova, 2023; Shahzad et al., 2024; Sukhoveeva, 2020; Vancostenoble et al., 2022);

– ***фитоинвазионные*** показатели (Афонин, Баранова, Сенатор и др., 2022; Григорьевская и др., 2017; Купреев, Семенищенков, Телеганова, Мучник, 2020; Senator & Vinogradova, 2023);

– ***квантификация опасности*** и риска (Ашихмина, 2001; Розенберг и др., 2019, 2023; Барциц, 2021; Безденежный и Кондакова, 2019; Жуков и Епринцев, 2022; Загорная и др., 2022, 2024; Куролап и др., 2022, 2023; Маркелов и др., 2021; Нарциссова и др., 2021, 2022; Федоркина, 2020, 2023; Шаров и Ашихмина, 2015; Fernández-Alvarado et al., 2023; Pera, 2020; Qin et al., 2022);

– ***аграрные*** аспекты диагностики (Басарыгина и др., 2017, 2023; Ефремов, 2024; Литвинская и др., 2023; Сальник и др., 2024; Bogaard et al., 1998; Milla,

2023; Nizhelskiy et al., 2021; Ortez et al., 2023; Vázquez et al., 2024; Zheng et al., 2024; Zhichkina et al., 2024);

– познание ***биофизических*** механизмов и сенсорных систем (Беспалова, Романчук, Чуфицкий, 2017, 2020; Губарев, Чуфицкий, Романчук, 2021; Корниенко, 2019; Song et al., 2023; Zhao et al., 2024);

– ***математический*** аппарат анализа, моделирование (Розенберг, 2024, 2019б; Сайранова и др., 2023; Бузук, 2017, 2018; 2021, 2023; Колпак и Романова, 2020; Логофет, 2023; Логофет и др., 2021; Маркелов и др., 2020, 2022; Полянчева и Волкова, 2020; Салугин, 2023; Lazareva, Sapova, Rosenberg, 2020; Logofet et al., 2018, 2020, 2021; Protasov et al., 2022; Suleymanov et al., 2023; Zhang et al., 2022);

– ***ретроспективный***, в том числе палео-анализ (Розенберг, 2023; Волкова и др., 2020; Загорная и др., 2023; Корженевский и Квитницкая, 2010; Корниенко, 2024; Кулагин, 2021; Онипченко, 2021; Kirschner et al., 2022; Langley et al., 2021; Nosova, Lisitsyna, Volkova, Severova, 2020; Stivrins et al., 2023; Swain et al., 2024; Trindade et al., 2023; Wang et al., 2024: Weide et al., 2021);

– в технологии ***гербаризации*** (Демьяненко, 2021; Демьяненко и Витязь, 2023; Домрачева и др., 2023; Кулакова, 2020);

– при формировании и обработке ***баз данных*** (Колесников и др., 2022; Корниенко и др., 2021; Кучерова и Колесников, 2023; Мощенко и др., 2023; Созинов, 2008, 2015; Цаценко и др., 2021, 2023; Эйдензон и др., 2012; Averin et al., 2018; Kattge et al., 2020; Ludwig et al., 2024; Pacé et al., 2024; Rillig et al., 2024; Speißer et al., 2022);

– ***картографические*** и ГИС-приёмы (Епринцев, 2014, 2022; Епринцев и др., 2021, 2022, 2023а,б, 2024, Шеставин, 2021 а,б, 2022; Семенищенков, 2017; Груммо и Зеленкевич, 2023; Гусев, 2023б; Гусев и др., 2022; Стрельников и др., 2018; Лазарева и др., 2020; Рахматуллина и др., 2023; Шеставин, Кишкань и др., 2020; Шеставин и Несова, 2023; Fadeev et al., 2019; Kutyavina, Rutman, Ashikhmina, 2022; Shekoyan et al., 2020; Tishkov et al., 2020; Voronin et al., 2017; Yeprintsev et al., 2020, 2021, 2022, 2023);

– ***ландшафтно-архитектурные*** сферы применения (Репецкая, 2023; Солтани, 2023; Федорова и Федоров, 2022; Баширова и др., 2021; Кондакова и Ашихмина, 2023; Мустафаева и Коноплева, 2023; Павлова, 2024; Ткачев, 2023; Barbinta-Patrascu et al., 2024; Sabreena et al., 2022; Umarov et al., 2021; Volosciuc et al., 2024; Wu, 2021; Xiangyan et al., 2021).

Диагностика рассматривается также в контексте **фитооптимизационных** работ на нарушенных территориях, в первую очередь технологии рекультивации (Глухов, Хархота, Агурова, Прохорова, 2010; Козуб-Птица, Глухов, Кустова, 2023; Сыщиков и Агурова, 2019 а,б, 2020а,б, 2022а,б, Агурова и Сыщиков, 2021; Ашихмина, Домрачева и др., 2023; Насыров и Кулагин, 2020; Фрунзе, 2022; Фрунзе и др., 2018, 2021; Новицкий и Азиатцева, 2022; Осадчий и Малая, 2024; Узденова, 2022; Храпай и др., 2024; Юзбеков и др., 2023; Gorelova et al., 2022; Iqbal et al., 2024; Kulik & Vlasenko, 2024; Kumar et al., 2022; Ladouceur et al., 2022; Mocek-Płóciniak et al., 2023; Ruseva et al., 2023; Zeshan et al., 2022; Zettlemoyer, 2023; Zhang et al., 2023; Zhao et al., 2024).

При формировании списка приоритетных загрязнителей ценным является мировой опыт по анализу явлений **техногенеза** в других регионах (Adhikari et al., 2022; Albertini et al., 2023; Dogadina & Botuz, 2019; Gawecka & Bascompte, 2023; Glinushkin et al., 2018; Hosseini et al., 2021; Ibáñez et al., 2019; Iskhakov et al., 2019; Khalilzadeh et al., 2020; Krauss & Rippy, 2022; Kuklová et al., 2022; Lu et al., 2024; Ma et al., 2024; Munir et al., 2021; Oginah et al., 2023; Santos et al., 2024; Shabbir et al., 2020; Sheydaei, 2024; Sorrentino et al., 2024; Srikhumsuk et al., 2023; Świsłowski et al., 2022; Török & Helm, 2017; Wan et al., 2024; Yıldız et al., 2023; Zandalinas et al., 2024).

Одним из важных способов учета данных краеведческой экологии является реализуемый в Донбассе **библиографический учёт**, проводимый сообществом научных библиотек региона с непосредственным участием ученых Донецкого государственного университета (Экология в ДНР, 2019, 2024; Авраимова и Сафонов, 2023; Альгузо, 2024; Горецкий, Столярова, Сафонов, 2021, 2023).

С 2000 г. в Донбассе поддерживается специальная программа библиографического учёта публикаций, которые касаются решения экологических проблем промышленного региона (г. Донецк, его агломерация и хозяйственные объекты Северного Приазовья), с 2014 года эти вопросы перешли под юрисдикцию Донецкой Народной Республики.

Методологически сформулированная цель библиогрфического учёта может быть достижима при соответствии требованиям проведения общественного экологического мониторинга в промышленных регионах. Некоторые примеры осуществления образовательной деятельности в эколого-биологических вопросах являются аспектами реализации научно-просветительской работы в донецком экономическом регионе, в том числе для подготовки квалифицированных кадров в области экологии и рационального природопользования. Сугубо научные эколого-ботанические разработки о состоянии биотопов в условиях антропогенной трансформации Донбасса являются источником информации, который может и должен быть доступен общественности как важный ресурс знаний краеведческого содержания. Но такая научная информация должна быть грамотно представлена общественности. В целенаправленной системе управленческих механизмов оптимизации техногенных сред эти данные также важны и для органов исполнительной власти, в первую очередь Государственного комитета по экологической политике и природным ресурсам при Главе Донецкой Народной Республики. Устойчивость природных экосистем, их резистентность к факторам антропогенного влияния также представляет актуальный научный интерес на международном уровне. И в таких условиях интеллектуальная программа стремится соединить узкоспециализированные и малодоступные для широкой общественности высокие технологии с процессами адекватного информирования о данных реального состояния территорий для регулирования комфортного проживания.

В опытном поле работы с **ботаническими данными по микроморфологии** авторитетное влияние при поиске диагностических признаков оказали работы

ученых (Глухов, Хархота, Назаренко, Лиханов, 2005; Девятов и Калиниченко, 2021; Бойко и Новожилова, 2024; Каримов и Илларионова, 2018; Комарницкая и Демьяненко, 2018; Николаева, Загуменный, Стрельников, 2020; Новожилова и Бойко, 2021; Папян и др., 2021; Старостина и др., 2023; Сарбаева, 2024; Синюшин, 2010; Цаценко и др., 2023; Шарый и др., 2019; Шевченко и др., 2020; Chase et al., 2016; İnceer & Özgürlük, 2024; Krak & Mráz, 2008; Ochoa-Alejo et al., 2024; Sennikov, 2003, 2024; Severova et al., 2021; Xu & Asghar, 2023; Zaika et al., 2020).

Ценными в подборе подходов изучения растений являются публикации о **стратегиях выживания** видов (Onipchenko et al., 2021; Pierce et al., 2017, 2022; Agrawal, 2020; Бывальцева, 2017; Ahler et al., 2023; Basto et al., 2018; Costa et al., 2024; Elliott et al., 2022; Erofeeva, 2022b, 2023; Gelviz-Gelvez et al., 2024; Glukhov, Kharkhota et al., 2014; Guo et al., 2018; Hu et al., 2023; Li et al., 2017, 2023; Morabito et al., 2024; Wang, Zhang et al., 2023; Wu, Elumeeva et al., 2023; Zhou et al., 2021).

Реализованный эксперимент (как совокупность приёмов и способов оценки среды) включал разные аспекты частной и интегральной диагностики:

– формирование **методологической** базы и практических возможностей (Глухов и Сафонов, 2002, 2016, 2023; Шульгина и Сафонов, 2017; Литвинова, Авдеева, Сафонов, 2016; Сафонов, 2016г, 2017б, 2019а,б,г, 2020а, 2020в,д,е, 2021б,е,ж,з, 2022а,в,г,д,ж, 2023д,и; Сафонов и Глухов, 2021б,г,д, 2023б; Glukhov & Safonov, 2024a; Safonov, 2013, 2016, 2022, 2023a,b, 2024 и др.);

– результаты **инвентаризационных** работ по биоразнообразию в регионе (Беспалова, Горецкий, Рева, Прокопенко, Сафонов, 2022; Захарова и Сафонов, 2017; Сафонов, 2018, 2019д, 2022л; Сафонов и Глухов, 2023а и др.);

– **ингредиентный анализ** диагностируемых компонентов среды (Алемасова и Сафонов, 2022а,б,е, Сафонов, 2024в; Сафонов, Догадкин, Неспирный, 2024; Dogadkin et al., 2024; Zinicovscaia, Safonov, Kravtsova, Chaligava, Germonova, 2024 и др.);

– результаты **структурного анализа** в экологической ботанике (Киселева и Сафонов, 2016а,б,в, 2017а, 2020; Сафонов, 2009, 2010, 2019в, 2020б,г,ж, 2021а,в, 2022б,е,з, 2023в; Сафонов и Беломеря, 2007; Сафонов и Захаренкова, 2016; Сафонов и Мирненко, 2019; Сафонов, Калинина, Палагута, 2024; Safonov & Safonova, 2014) и др.;

– применение полученных результатов для **оптимизационных** работ (Сафонов и Фрунзе, 2019; Сафонов, 2021д, 2022м, 2023ж; Сафонов и Калинина, 2024; Kornienko et al., 2024 и др.);

– использование приёмов **математической статистики и моделирования** (Беспалова и Сафонов, 2023; Неспирный и Сафонов, 2024а,б; Золотой и Сафонов, 2016, 2017; Сафонов, 2016а, 2022и; Nespirnyi & Safonov, 2024 и др.);

– **картографические** подходы и ГИС-технологии (Гермонова и Сафонов, 2019а,б, 2023а,б,в, 2024; Safonov & Glukhov, 2021; Зайцева и Сафонов, 2022; Сафонов и Гермонова, 2023а,б и др.);

– идентификация факторов **полемострессa** (Сафонов, 2023з, 2024б, 2023в; Safonov, 2023c и др.).

Результаты научной работы также неразрывно были сопряжены и внедрены в образовательный процесс на биологическом факультете Донецкого государственного (национального) университета, что

– пополнило дидактическую базу преподавания (*Экологический мониторинг*…, 2021; *Экология*…, 2021; *Экологическая стандартизация*…, 2021; *Экологическая сеть*…, 2021; *Репродуктивные системы*, 2021; *Репродуктивные стратегии*…, 2018; *Нормирование*…, 2021; *Геоэкология*…, 2020; *Технологии фитоиндикации*…, 2019; *Фитоэргономика*…, 2019; *Охрана природы*…, 2019) и

– дополнило методический кабинет кафедры ботаники и экологии для проведения образовательных мероприятий, включая республиканские студенческие олимпиады по биологии и экологии, конкурсы научных работ студентов по экологии и природопользованию, а также наукам о жизни (*Эволюционная биология*…, 2019; *Современные вопросы экологии*…, 2019; *Ландшафтоведение*…, 2021; *Современные достижения*, 2019; *Ботаника: технология*…, 2019; *Биоиндикация*…, 2018; *Олимпиада*…, 2018).

В методологическом разнообразии были выделены **10 подходов** реализации фитоиндикационного мониторинга. Каждый блок обобщенно содержит информацию о способе квантификации, вовлеченных видах растений и специфике временной и территориальной реализации экспертизы.

1. Классический **ординационный способ шкалообразования**, но с учетом картографической дифференциации для отдельного участка исследований. Апробирован для видов растений *Agrostis stolonifera* L., *Amblystegium serpens* (Hedw.) Schimp., *Artemisia vulgaris* L., *Berteroa incana* (L.) DC., *Bromopsis inermis* (Leyss.) Holub, *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik., *Centaurea diffusa* Lam., *Chenopodium album* L., *Cichorium intybus* L., *Cirsium arvense* (L.) Scop., *Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt.) Fresen., *Dactylis glomerata* L., *Diplotaxis muralis* (L.) DC., *Echium vulgare* L., *Gipsophila paniculata* L., *Grimmia pulvinata* (Hedw.) Sm., *Lactuca tatarica* (L.) C. A. Mey., *Orthotrichum speciosum* Nees*, Papaver rhoeas* L., *Plagiomnium cuspidatum* (Hedw.) T. Kop., *Plantago lanceolata* L., *Plantago major* L., *Polygonum aviculare* L., *Reseda lutea* L., *Senecio vulgaris* L., *Stellaria subulata* Boeber ex Schlecht., *Tanacetum vulgare* L., *Tragopogon major* Jacq., *Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip. Это наиболее распространенный вариант фитоквантификации в Донбассе, поскольку, использует одинаковый шаг при формировании шкалы. Достоверность показателей при повторяемости эксперимента доказана 4-6-летними исследованиями.

2. **Континуальное распределение данных** на плоскости для очерчивания межгодовой или **многолетней динамики** изменения показателя состояния экотопа. Подход использован для видов растений: *Achillea nobilis* L., *Amblystegium subtile* (Hedw.) Schimp., *A. vulgaris*, *Atriplex hortensis* L., *Atriplex patula* L., *B. incana*, *Atriplex mircantha* C.A.Mey., *B. inermis*, *Bromus arvensis* L., *C. bursa-pastoris*, *C. diffusa*, *C. intybus*, *C. arvense*, *Convolvulus arvensis* L., *C. xanthiifolia*, *D. glomerata*, *Daucus carota* L., *D. muralis*, *Dianthus campestris* M. Bieb*, E. vulgare*, *Glaucium corniculatum* (L.) Rudolph, *L. tatarica*, *Leskea polycarpa* Hedw., *P. lanceolata*, *P. major*, *R. lutea*, *S. vulgaris*, *T. vulgare*, *T. major*, *T. inodorum*.

Повторяемость эксперимента при проверке достоверности составила три периода (2010-2014 гг., 2015-2021 гг. и с. 2022 г. по настоящее время) в случае использования разных видов. Этот подход требует многолетних наблюдений и вычленения флуктуационных процессов.

На практике при анализе картографического материала специфический контраст значений конкретного признака проявляется в характерном узоре: при этом важен подход, подобный ареалографическому при выделении исторического возраста вида или другой таксономической единицы. Чем эволюционно стабильнее изучаемая структурная характеристика, тем более широкими будут расстояния между переходными значениями в интервальном распределении, и наоборот – антропогенный фактор создает контраст.

3. Подход выделения **экокризисных зональных** характеристик (участков) – территорий, требующих незамедлительного вмешательства и реорганизации эксплуатационных мероприятий апробирован для следующих видов растений *Ambrosia artemisiifolia* L., *A. hortensis*, *B. incana*, *Bryum capillare* Hedw., *C. bursa-pastoris*, *C. diffusa*, *C. album*, *C. intybus*, *C. arvensis*, *C. xanthiifolia*, *Deschampsia cespitosa* (L.) Beauv., *E. vulgare*, *Hyoscyamus niger* L., *Melilotus albus* Medik., *P. major*, *P. aviculare*, *Platygyrium repens* (Brid.) Schimp., *R. lutea*, *S. vulgaris*, *T. vulgare*, *T. major*, *T. inodorum*, *Fumaria schleicheri* Soy.-Willem. На практике в категорию критически неблагоприятных участков отнесены по разным примерам 1,5–4,6% всей территории Центрального Донбасса – это зоны в основном непосредственного импакта крупных промышленных предприятий или урбанизированные территории, в 2020 и 2021 гг. к зонам экокризисного состояния добавились сорно-бытовые и рудеральные полигоны, с 2022 г. – очерчен фактор полемостресса.

Локальные вспышки индексированного материала (помимо логичных закономерностей) могут быть при вторичной проверке и выпадающими значениями как выколотыми точками в статистическом ряду, поэтому сверх высокие или сверх низкие показатели структурно-функционального состояния растительных организмов проходят вторичную экспертизу.

4. Обозначение на картографическом материале отдельных данных, имеющих **чрезвычайное проявление** по характеру фиксированного сомато-генетического мутационного процесса, например, уникальные случаи тератообразования, появления редких аномалий, которые невозможно вписать в систему статистических закономерностей за счет единичных случаев проявления. Способ на практике использован для видов растений: *Amaranthus retroflexus* L., *A. vulgaris*, *A. hortensis*, *A. patula*, *Aulacomnium palustre* (Hedw.) Schwägr., *B. inermis*, *B. arvensis*, *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth, *Chelidonium majus* L., *C. arvense*, *D. glomerata*, *D. carota*, *D. muralis*, *E. vulgare*, *Galinsoga parviflora* Cav., *L. tatarica*, *Orthotrichum pallens* Bruch ex Brid., *Persicaria maculosa* Gray, *P. lanceolata*, *P. major*, *Pleurozium schreberi* (Willd. ex Brid.) Mitt *, Portulaca oleracea* L., *R. lutea*, *Radula complanata* (L.) Dumort., *Rumex crispus* L., *T. major*, *T. inodorum*. Эмпирика этой категории, как правило, не имеет прямых связей с работой промышленности или урбанизации территории. Каждый частный

случай рассматривается как фиксируемый процесс, результат которого, возможно, проявится статистически в последующих поколениях.

В этой закономерности и реализуется возвратная диалектически оправданная система квантификации. В системе идеального распространения значений на конкретной территории для открытых экспериментальных участков всегда выявляются неоднородности, которые либо вписываются в программу континуального фонового состояния, либо свидетельствуют о контрасте.

5. По реализации программы **индивидуального активного мониторинга**, например, при использовании гомогенизированного семенного материала, вегетативных трансплантаций или выращивании растений в контролируемых условиях начального формирования для выделения разницы после смены геолокалитета с другими характеристиками. Подход использован для следующих видов растений: *A. nobilis*, *A. stolonifera*, *A. artemisiifolia*, *B. incana*, *Brachythecium campestre* (Müll.Hal.) Bruch et al., *C. bursa-pastoris*, *C. album*, *C. intybus*, *C. arvense*, *C. arvensis*, *C. xanthiifolia*, *Cynoglossum officinale* L., *D. carota*, *D. cespitosa*, *Erigeron canadensis* L., *G. parviflora*, *Homalothecium lutescens* (Hedw.) H. Robins., *Kochia lanifora* (S. G. Gmel.) Borb., *Orthotrichum pumilum* Sw., *Otites media* (Litv.) Klokov, *P. major*, *P. aviculare*, *R. lutea*, *S. vulgaris*, *Sisymbrium polymorphum* (Murray) Roth, *T. vulgare*, *T. major*, *T. inodorum*, *Sagina procumbens* L.

Выделены закономерности выбора признаков фенотипической природы проявления, что во многих случаях является принципиально важным в реализации масштабных программ и получения корректно обоснованных выводов об информативной значимости индикаторов в процедуре фитоэкологических экспертиз.

В целом, такой подход оправдан общим принципом «*опыт-контроль*», однако подкреплен начальной однородностью данных с целью получения более достоверного результата. Активный мониторинг, безусловно, формирует ядро ботанико-экологических экспертиз для конкретных территорий. Реализация такого метода позволяет не только теоретически экстраполировать результаты для оценки на других (сопредельных) территориях, но и реализовать их на практике в том числе мониторинговых исследований.

6. Создание **3–5-ступенчатой дискретной шкалы** квантификации для концептуального разграничения экотопов трех-пяти уровней трансформации. Указанный подход реализован для видов растений: *A. stolonifera*, *A. retroflexus*, *A. vulgaris*, *A. hortensis*, *Alsine media* L., *B. incana*, *B. inermis*, *B. arvensis*, *Brachythecium mildeanum* (Schimp.) Schimp., *C. epigeios*, *C. bursa-pastoris*, *C. diffusa*, *C. majus*, *C. intybus*, *D. carota*, *Digitaria sanguinalis* (L.) Scop., *D. muralis*, *Fallopia convolvulus* (L.) Á. Löve, *Melilotus officinalis* (L.) Pall., *Moehringia trinervia* (L.) Clairv., *Nigella arvensis* L., *P. major*, *P. aviculare*, *Plagiomnium* affine (Blandow ex Funck) T. J. Kop., *Pleuridium acuminatum* Lindb., *R. lutea*, *R. crispus*, *Sonchus arvensis* L., *T. major*, *T. inodorum*, *Weissia brachycarpa* (Nees & Hornschuch) Juratzka. Пример является частным случаем первого принципа из указанного перечня, однако для некоторых признаков слабодискретной природы

перевод качественных показателей затруднён в эквивалентную экологическую шкалу, тогда использование 3, 4 или 5 диапазонов специализации отдельных признаков являются более информативным.

7. Использование данных о пределах выносливости растительных организмов – функциональный подход с основным критерием анропотолерантности, используется для классических убиквистов или типично стенобионтных видов по сопряженному механизму выделения эдификаторов и ассектаторов в сообществах разной степени сформированности. Способ апробирован для видов: *A. nobilis*, *A. artemisiifolia*, *Abietinella abietina* (Hedwig) Fleisch., *A. hortensis*, *A. patula*, *B. inermis*, *Brachythecium salebrosum (F.Weber & D.Mohr) Bruch et al., Campyliadelphus chrysophyllus* (Brid.) R.S.Chopra*, C. epigeios*, *C. diffusa*, *C. album*, *C. intybus*, *C. arvense*, *C. officinale*, *D. glomerata*, *D. cespitosa*, *D. sanguinalis*, *E. vulgare*, *Elytrigia repens* (L.) Nevski, *G. parviflora*, *Galium mollugo* L., *L. tatarica*, *Oberna behen* (L.) Ikonn., *P. major*, *R. lutea*, *Salsola australis* R. Br., *S. vulgaris*, *Sinapis arvensis* L., *Syntrichia ruralis* (Hedw.) F. Weber & Mohr*, T. vulgare*, *T. major*, *T. inodorum*, *Xanthium albinum* (Widd.) H. Scholz. Такой подход наиболее оправдан с позиций фитоценотического анализа, однако почти во всех случаях речь не идет о сформировавшихся растительных сообществах (с учетом сильной трансформации экотопов), поэтому на современном этапе в Донбассе реализован на аутэкологическом уровне.

Такой методический приём позволяет совместить два уровня организации растительной материи при аут- и синфитоиндикационной оценках, когда выделяемый признак обусловлен сначала наличием конкретного вида и его состоянием (количественной представленностью и жизненностью), а затем проводится детальный анализ макро- и микроструктур, сопряженных с конкретными характеристиками среды.

8. Подход **полевой диагностики** – это совокупность **экспресс-способов** квантификации на основании визуально-экспертного анализа в натуральных условиях проведения экспертизы. При всей кажущейся простоте принципа реализация подхода доказана для сравнительно небольшого количества видов из числа фитоиндикаторов в условиях Донбасса. *C. bursa-pastoris*, *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid*, C. intybus*, *C. arvense*, *E. vulgare*, *P. major*, *R. lutea*, *S. vulgaris*, *T. major*, *T. inodorum*. Виды растений указанной категории индикационного эксперимента часто встречаются и в сопряженных диагностических группах по выделенным отдельным подходам анализируемого перечня, имеют широкую экологическую амплитуду и долгосрочный период использования в мониторинговых программах Центрального Донбасса.

Однако именно результаты рекогносцировки позволяют выявить резкие (априори теоретически не ожидаемые) изменения, что в сигнальной функции биоиндикационных систем является аттрактантом экспертного внимания. Из практики подтвердилось, что более 30 % всех регистрируемых геохимических аномалий локального уровня были идентифицированы именно таким способом экспресс-анализа при первичной рекогносцировке. Для начинающих работ

студентов и аспирантов метод полевой диагностики является приоритетным в выборе, если поставлена задача проведения экологического мониторинга.

9. Анализ вторичных данных при вариантах формирования статистически сопряженных **корреляционных плеяд** – учет непрямых фактических индексов, полученных уже как совокупность данных интегральной оценки состояния отдельного экотопа или территориальных характеристик для всей мониторинговой сети. Использованы виды-индикаторы: *A. nobilis*, *A. retroflexus*, *A. artemisiifolia*, *A. vulgaris*, *A. hortensis*, *B. incana*, *B. arvensis*, *Bryum argenteum* Hedw., *Bryum torquescens* Bruch & Schimp., *C. epigeios*, *C. bursa-pastoris*, *C. diffusa*, *C. majus*, *C. intybus*, *C. xanthiifolia*, *C. officinale*, *D. carota*, *D. cespitosa*, *D. muralis*, *Euphorbia seguieriana* Neck., *G. parviflora*, *Hypnum cupressiforme* Hedw., *K. lanifora*, *P. lanceolata*, *P. major*, *P. aviculare*, *R. lutea*, *S. vulgaris*, *S. polymorphum*, *T. vulgare*, *Thlaspi arvense* L., *T. major*, *Tortula mucronifolia* Schwaegr., *T. inodorum*. Такой способ количественной оценки на практике характерен в комплексной оценке, что также часто востребовано экологическими службами региона.

Этому принципу в системе методических подходов посвящено подавляющее количество работ, проводимых на регулярной основе для больших выборок и при наличии большого количества данных. Однако в программе реализуемого мониторинга, например, по биогеохимическим особенностям нескольких отвалов угольных шахт, принцип сохранился в связи с широким спектром данных, характеризующих элементный состав фитоиндикаторов.

10. Способ функционала – подход квантификации в **оценке общей жизненности** особей конкретного вида без дробного учета факториальных характеристик; на практике организован для случаев временно неустановленной причинно-следственной связи такого проявления в состоянии растительных организмов: *A. stolonifera*, *A. artemisiifolia*, *A. vulgaris*, *A. patula*, *B. incana*, *B. inermis*, *B. arvensis*, *Bryum caespiticium* Hedw., *C. epigeios*, *C. bursa-pastoris*, *C. album*, *C. intybus*, *C. arvensis*, *C. xanthiifolia*, *C. officinale*, *D. glomerata*, *D. carota*, *D. cespitosa*, *E. vulgare*, *P. major*, *Polygonum patulum* M. Bieb., *R. lutea*, *S. vulgaris*, *T. vulgare*, *T. major*, *T. inodorum*, *Weissia controversa* Hedw. Такая категория экспериментов технически может рассматриваться как вариант экспресс-анализа, однако выделена в отдельную группу диагностического способа, поскольку количественный учет идет по другому признаку – функциональный критерий состояния отдельных особей в дробном геолокалитете.

В широком понимании функционала речь идет об использовании данных физиологического состояния (нормы или патологии разных степеней проявления) растительного организма в ответ на меняющиеся условия или несколько (реже – один) факторов среды, который в контексте полевой диагностики экотопов Донбасса в полной мере нужно считать лимитирующими, поскольку практически все испытуемые растения находятся в системе прямого импакта антропотехногенеза.

Для фитомаркеров индикаторной значимости из числа новых видов (2020 г.) в диагностике были дифференцированы признаки для аэрофитогоризонтов.

Табл. 1.1 – Пример внедрения новых видов в экологический аэрофитомониторинг

Вид	Признак, характеристика	Достоверность сопряженной информации	Вероятность связи с другими природными средами
Fumaria schleicheri Soy.-Willem	дефектность зрелых пыльцевых зерен по орнаментации экзины	**75-81**	почвенная (28-32)
Berteroa incana (L.) DC.	деградация дерматокалиптрогена по прозенхимному типу	**66-70**	почвенная (25-34)
Nigella arvensis L.	дефектность пыльцы, пролиферация гинецея, опушение листовой пластинки	**72-84**	почвенная (25-35)
Alsine media L.	скульптура пыльцевых зерен, опушение листовой пластинки по ретортообразному типу	**62-70**	водная (20-35)
Gipsophila paniculata L.	выявление признаков полимеризации в вегетативных органах	**55-58**	водная (28-32)
Glaucium corniculatum (L.) Rudolph	стадии специализации трихом нитчатого типа на нижней стороне листа	**59-65**	водная (25-30)
Cirsium arvense (L.) Scop.	разрастание ткани, гомологичной гиалиновой оболочке, деградация тканей коневого чехлика	**74-78**	почвенная (18-23)
Portulaca oleracea L.	гетерогенность воскового налета на листовых пластинках, кутинизация листовой и побеговой части	**51-55**	почвенная (40-42)
Stellaria subulata Boeber ex Schlecht.	деструкция зародышевых элементов, ювенилизация пыльцы (ранняя продукция)	**68-71**	почвенная (15-22)
Atriplex mircantha C. A. Mey.	пыльцевые зерна с атипичными лакунами, кутинизация листа	**60-74**	водная (20-30), почвенная (15-30)
Dianthus campestris M. Bieb	вариабельность пыльцы по форме (стереометрия)	**53-60**	водная (25-30), почвенная (20-26)
Senecio vulgaris L., *Agrostis stolonifera* L.	отсутствие гиалиновых оболочек и кутикулярного слоя в зародышевых структурах	**62-68**	водная (20-25)
Achillea collina J. Becker ex Rchb., *Centaurea diffusa* Lam.	структурная деградация элементов внешнего слоя эндосперма, синфлория апекальной части генерации	**85-91**	–
Amaranthus albus L., *Erucastrum armoracioides* (Czern. ex Turcz.)	дерматоген деградирован по прозенхимному типу лизигенный характер, тератность пыльцевого материала	**81-90**	–

Табл. 1.2 – Пример внедрения новых видов в экологический гидрофитомониторинг (в диагностике прибрежно-водных систем и оценке фракции выпадения осадков, 2020 г.)

Вид	Признак, характеристика	Достоверность сопряженной информации	Вероятность связи с другими природными средами
Alsine media L.	феноритмика вторичной вегетации, тератогенность побега	58-61	воздушная (32-46)
Glaucium corniculatum (L.) Rudolph	система архитектоники побеговой части, фено-варианты оттенков околоцветника	52-60	воздушная (35-45)
Sagina procumbens L.	феноритмика ревитализации, абортивность зародышевых структур	66-75	почвенная (20-25)
Dianthus campestris M. Bieb	тератообразование цветка, махровость околоцветника	52-59	воздушная (22-26), почвенная (20-24)
Atriplex mircantha C. A. Mey.	архитектоника ветвления, синкотилия, дистопия в строении цветка	50-60	воздушная (15-21), почвенная (22-25)
Gipsophila paniculata L.	матрикальная гетероспермия, атипичное строение побега	50-70	воздушная (30-39)
Senecio vulgaris L.	атипичное строение конформационных тканей стебля у основания	62-66	воздушная (32-35)
Moehringia trinervia (L.) Clairv.	нетипичное строение корневой системы, тератологическая синкотилия	80-84	почвенная (25-29)
Diplotaxis muralis (L.) DC., *Capsella orientalis* Klokov, *Agrostis stolonifera* L., *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle	элиминация тканей, идентифицированных при окрашивании как протодермальные образования с разных сторон зародыша	88-91	почвенная (25-29)
Atriplex hortensis L.	укорочение флоральной оси при скученности соцветий, позеленение (нетипичное) для цветка, фрагментарный альбинизм цветка	75-80	–
Calamagrostis epigeios (L.) Roth	гиперфункция генеративной части побега, фасциации побеговых структур, нетипичное строение устьичного аппарата и околоустьичных клеток	68-71	–
Cyclachaena xanthiifolia (Nutt.) Fresen.	дистопия соцветий, специализация трихом листового аппарата, гипогенезия листа	55-63	–

Табл. 1.3 – Пример внедрения новых видов в экологический эдафофитомониторинг (в диагностике почвенных горизонтов корнеобитания, 2020 г.)

Вид	Признак, характеристика	Достоверность сопряженной информации	Вероятность связи с другими природными средами
Fumaria schleicheri Soy.-Willem	опушение стебля по специализации трихом, деформация нижней побеговой части	50-57	воздушная (35-45), водная (22-36)
Berteroa incana (L.) DC.	деградация гиалиновых и кутикулярных тканей в зародышевом аппарате	86-90	воздушная (35-40)
Nigella arvensis L.	фено-варианты окраски околоцветника	64-80	воздушная (30-40)
Atriplex mircantha C. A. Mey.	изменение побега, точечный хлороз листового аппарата	62-70	воздушная (25-33), водная (20-30)
Moehringia trinervia (L.) Clairv.	варианты деформации побега и атипичность строения листового аппарата	66-70	водная (40-48)
Stellaria subulata Boeber ex Schlecht	архитектоника надземной части растения, матрикальная гетерокарпия	75-78	воздушная (15-27)
Fumaria schleicheri Soy.-Willem	тератные формы тичинок, частая петализация, атипичность строения околоцветника	83-85	воздушная (35-45)
Cirsium arvense (L.) Scop.	матрикальная гетерогенность семязачатков, тератогенность элементов цветка	73-76	воздушная (15-19)
Portulaca oleracea L.	тератообразование цветка, синкотилия, гетерокарпия	70-76	воздушная (31-33)
Dianthus campestris M. Bieb	фено-отличия по окраске околоцветника, синкотилия	61-66	воздушная (30-35), водная (20-30)
Sagina procumbens L.	матрикальная гетерокарпия, устьичный индекс, нарушения ветвления	74-80	водная (40-48)
Cynoglossum officinale L.	нарушение цикличности частей цветка, прерывистость листорасположения, петалоидность листового аппарата, бесхлорофилльные листья, гетероспермия	52-56	–
Persicaria maculosa Gray	дистопические проявления в архитектонике побега, синкотилия по тератному типу, деформация зародышевых структур, абортивность в недоразвитии	51-53	–

В базовой экспериментальной части представлены сведения о состоянии экотопов на промышленных предприятиях (непосредственный импакт) в 2017 и 2018 годах: **1)** Донецкий металлургический завод, **2)** Енакиевский металлургический завод, **3)** Макеевский металлургический комбинат, **4)** Енакиевский коксохимзавод, **5)** Макеевский коксохимзавод, **6)** Ясиновский коксохимзавод, **7)** Харцызский трубный завод, **8)** Зуевская ТЭС, **9)** Старобешевская ТЭС, **10)** концерн Стирол.

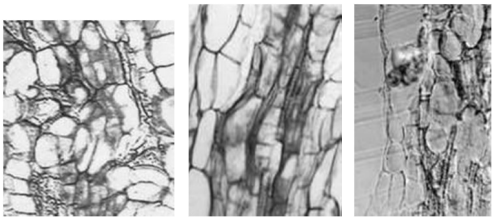
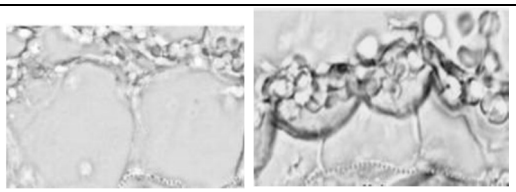
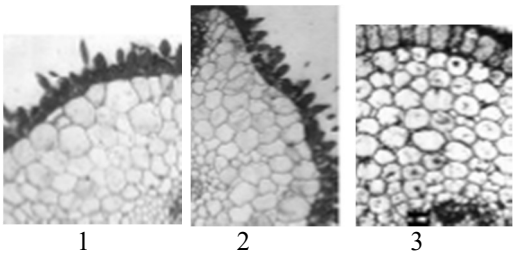
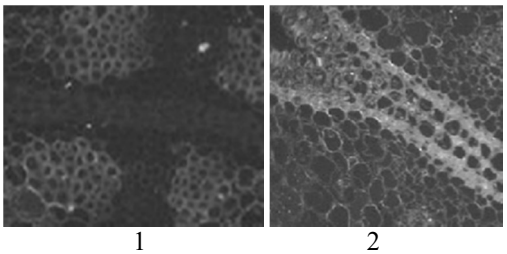
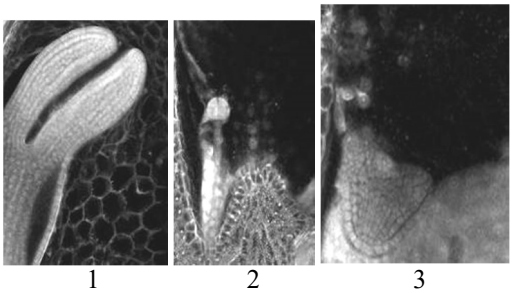
Табл. 1.4 – Сводная таблица значений в результате инвентаризации

№	Критерий *	Пробные площадки									
		1	***2***	***3***	***4***	***5***	***6***	***7***	***8***	***9***	***10***
1	*MDGCi*	9	9	10	9	9	7	5	4	8	4
2	*MDGTm*	5	3	4	4	4	5	4	5	7	3
3	*MDGTi*	10	10	10	9	8	6	6	5	9	5
4	*MDGTv*	5	6	6	5	4	3	3	3	6	3
5	*MDGRl*	10	10	10	9	8	6	5	7	10	5
6	*MDGEv*	4	4	4	4	4	3	2	3	4	2
7	*GABi*	10	8	10	8	8	5	5	6	8	3
8	*GACi*	5	5	4	5	5	4	5	5	5	2
9	*GAPm*	9	8	7	7	7	5	4	7	8	4
10	*GATi*	9	10	7	6	8	5	5	6	8	5
11	*ITRCi*	9	9	8	10	8	5	3	4	7	3
12	*ITREv*	10	8	8	6	9	4	5	7	8	4
13	*AANCi*	9	8	10	10	6	3	3	3	8	2
14	*AANPm*	7	10	8	10	8	5	4	2	7	3
15	*ITSCi*	7	9	7	7	6	3	3	2	10	6
16	*ITSEv*	8	9	8	8	5	3	4	4	7	7
17	*IAStaCi*	7	7	6	7	7	5	3	7	7	4
18	*KPCi*	7	9	8	8	5	2	5	6	8	5
19	*SDPmsCi*	7	8	8	7	5	2	8	6	10	7
20	*SDPmsTi*	9	8	8	8	9	5	4	2	8	5
21	*KDNECi*	7	9	8	10	8	4	4	6	7	7
22	*TrSCi*	9	8	10	6	8	3	5	2	8	5
23	*TrShCi*	9	8	6	7	8	5	3	7	9	3
24	*MGCCi*	9	9	6	6	7	3	4	5	9	7
25	*MGCTv*	9	8	8	10	7	4	5	6	8	4
Всего		**199**	**200**	**189**	**186**	**171**	**105**	**107**	**120**	**194**	**108**

* Перечень индексированных показателей: морфотипическая разнокачественность общего габитуса *Cichorium intybus* L. – *MDGCi;* морфотипическая разнокачественность общего габитуса *Tragopogon major* Jacq. – *MDGTm;* морфотипическая разнокачественность общего габитуса *Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip. – *MDGTi;* морфотипическая разнокачественность общего габитуса *Tanacetum vulgare* L. – *MDGTv*; разнокачественность общего габитуса *Reseda lutea* L. – *MDGRl;* морфотипическая разнокачественность общего габитуса *Echium vulgare* L. – *MDGEv;* коэффициент генеративной активности *Berteroa incana* (L.) DC. – *GABi;* коэффициент генеративной активности *Cichorium intybus* L. – *GACi;* коэффициент генеративной активности *Plantago major* L. – *GAPm;* коэффициент генеративной активности *Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip.– *GATi;* индекс трихоморазнообразия (типификация трихом) *Cichorium intybus* L. – *ITRCi;* индекс трихоморазнообразия *Echium vulgare* L. – *ITREv;* индекс аномальности анастомозной сетки *Cichorium intybus* L. – *AANCi;* индекс аномальности анастомозной сетки *Plantago major* L. – *AANPm;* Индекс общей специализации трихом (нитчатого, ретортоообразного типа и сферической формы) *Cichorium intybus* L. – *ITSCi;* индекс общей специализации трихом (нитчатого, ретортоообразного типа и сферической формы) *Echium vulgare* L. – *ITSEv;* индекс атипичного строения устьичного аппарата *Cichorium intybus* L. – *IAStaCi;* частота встречаемости (ч. в.) пыльцевых зерен *Cichorium intybus* L. с атипичным строением лакун – *KPCi;* степень дефектности пыльцевых зерен *Cichorium intybus* L. при окрашивании метиленовым синим – *SDPmsCi;* степень дефектности пыльцевых зерен *Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip. при окрашивании метиленовым синим – *SDPmsTi;* ч. в. деформированного или несформированного зародыша *Cichorium intybus* L. – *KDNECi;* проявление тератологической синкотилии *Cichorium intybus* L. – *TrSCi;* проявление тератологической схизокотилии *Cichorium intybus* L. – *TrShCi;* индекс матрикальной гетерокарпии в широком понимании *Cichorium intybus* L.– *MGCCi*; индекс матрикальной гетерокарпии в широком понимании *Tanacetum vulgare* L. – *MGCTv.*

В камеральных условиях выделяют **гистологические тренды**, учитывая крайние состояния в системе «***контроль-опыт***».

Табл. 1.5 – Визуализированные ряды признаков по эмбриональным структурам

Диагностический признак	Гистоструктурная визуализация признака	Виды (фото – по первому)
прозенхимная деградация дерматогена	 1 2 3	*Berteroa incana* (L.) DC., *Centaurea diffusa* Lam., *Cirsium arvense* (L.) Scop., *Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch.Bip., *Artemisia absinthium* L., *Amaranthus albus* L., *Reseda lutea* L., *Digitaria sanguinalis* (L.) Scop., *Erucastrum armoracioides* (Czern. ex Turcz.)
структурная деградация внешнего эндосперма	 1 2	*Artemisia absinthium* L., *Centaurea diffusa* Lam., *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik., *Cichorium intybus* L., *Achillea collina* J. Becker ex Rchb., *Tanacetum vulgare* L., *Galinsoga parviflora* Cav., *Cirsium arvense* (L.) Scop., *Chelidonium majus* L.
отсутствие гиалиновых оболочек и, соответственно, кутикулярного слоя	 1 2 3	*Plantago major* L., *Agrostis stolonifera* L., *Berteroa incana* (L.) DC., *Artemisia vulgaris* L., *Polygonum aviculare* L., *Senecio vulgaris* L., *Sonchus arvensis* L., *Chenopodium album* L., *Plantago lanceolata* L., *Galium mollugo* L., *Centaurea diffusa* Lam.
гиперфункция ткани, гомологичной гиалиновой оболочке	 1 2	*Cichorium intybus* L., *Cirsium arvense* (L.) Scop., *Bromopsis inermis* (Leyss.) Holub, *Tanacetum vulgare* L., *Amaranthus retroflexus*L., *Lactuca tatarica* (L.) C. A. Mey., *Achillea collina* J. Becker ex Rchb., *Artemisia absinthium* L., *Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt.) Fresen., *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik.
элиминация тканей, идентифицированных как протодермальные образования с разных сторон зародыша	 1 2 3	*Diplotaxis muralis* (L.) DC., *Capsella orientalis* Klokov, *Agrostis stolonifera* L., *Arrhenaterum elatius* (L.) J. et C. Presl., *Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch.Bip., *Echium vulgare* L., *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle, *Atriplex hortensis* L., *Melilotus officinalis* (L.) Pall.
матрикальная гетероспермия		*Echinocystis lobata* (Michx.) Torr. & Gray, *Fagopyrum esculentum* Mill. и *Atriplex tatarica* L.

Тканевая диагностика может иметь более дробный анализ от 2-3-балльных шкал до аддитивной 10-балльной шкалы, если дифференциацию проводить в заданном тренде техногенной нагрузки или конкретного фактора в случае проведения экологической экспертизы.

По состоянию на 2019 г. был проведен крупномасштабный эксперимент выявления **динамики диагностических** показателей и индексов как основы фитоквантификации **за 20 лет**.

Для достижения поставленной цели были выбраны места произрастания проверенных ранее растений-индикаторов в шести категориях экотопической принадлежности: **1)** промплощадки металлургических предприятий, **2)** коксохимических и химических предприятий, **3)** отвалы угольных шахт (срединная часть северной экспозиции терриконики), **4)** селитебные экотопы преимущественно в спальных районах городов, **5)** экотопы путей сообщений в зонах импакта – придорожные полосы не более 20 метров от проезжей части, **6)** парковые зоны городов рекреационного назначения в зонах тихого отдыха (*данные по категориям представлены в таблицах*).

Суммарные показатели экологической нагрузки (при условии максимума в **100** баллов) были разделены на **три** структурно и функционально разные группы:

1) индексы фитоиндикационной значимости в вегетативной сфере (**IVeg**),

2) индексы в строении генеративных органов растений (**IGen**) и

3) показатели общей габитуальной трансформации при полевой диагностике в сумме с показателями визуального морфологического тератообразования у растений (**GabT**).

Для каждой категории экотопов были подсчитаны все данные, влияющие на общий суммационный балл, при подсчете которого использовали способ интеллектуального взаимодополняющегося альтернативными значениями выбора преимущественно важных интервальных диапазонов (от 8 до 10 пунктов) по видам: *Cichorium intybus* L., *Plantago major* L., *Berteroa incana* (L.) DC., *Echium vulgare* L., *Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip., *Tragopogon major* Jacq., *Reseda lutea* L., *Tanacetum vulgare* L. (указаны в порядке востребованности).

В результате формирования сводных таблиц было установлено, что наибольшей сопряженностью к трендам угнетения и восстановления фитосистем характеризуется комплексный суммационный показатель **габитуальной деструкции** в совокупности со значением **тератогенности**, поэтому в таблицах обозначены направления роста или уменьшения значений в виде стрелки трендов рядом со значениями третьего блока анализа. Этот критерий визуализируется по результатам полевых морфоструктурных наблюдений на 80-90% от всех получаемых значений. Только показатели микроструктуры пыльцевых зерен и конформационных тканей эмбрионального аппарата требуют микроскопирования в камеральных условиях. Такое обстоятельство приближает исследования по диагностике промышленных или селитебных зон к возможности реализации информативных полевых наблюдений в **экспресс-оценке** антропотехногенной нагрузки.

На основании специфики динамических процессов по уровню воздействия на природные системы с неблагоприятным эффектом состояния фитообъетков были выделены **временные тренды (t)** в обозначенных категориях экотопов: техногенного характера и социокультурного, бытового назначения.

Год	Категории экотопической приуроченности											
	металлургический комплекс				коксохимические и химические предприятия				отвалы угольных шахт (терриконики)			
	IVeg	IGen	GabT	t	IVeg	IGen	GabT	t	IVeg	IGen	GabT	t
2000	74	86	83		80	76	82		85	77	83	
2001	75	86	83		80	77	84		87	77	84	
2002	76	87	84		81	78	84		88	79	84	
2003	77	89	84		83	78	85		91	81	85	
2004	78	90	86		83	79	86		91	80	85	
2005	80	91	88		84	80	89		87	76	83	
2006	81	91	89		85	80	90		85	75	79	
2007	80	92	87		85	81	90		85	75	79	
2008	80	90	87		84	78	88		86	78	82	
2009	80	88	84		79	76	87		90	80	84	
2010	81	86	83		78	75	87		90	80	84	
2011	80	87	82		75	71	86		89	78	83	
2012	80	86	82		74	68	85		88	76	82	
2013	80	85	82		73	67	84		85	75	81	
2014	82	91	91		72	66	83		84	74	80	
2015	82	92	91		71	66	83		83	73	80	
2016	82	91	89		71	64	82		84	79	82	
2017	80	90	87		70	63	81		89	80	83	
2018	78	89	85		70	63	81		90	81	83	
2019	78	88	86		72	65	84		88	80	81	

Год	Категории экотопической приуроченности											
	селитебные экотопы				экотопы путей сообщений в зонах импакта				парковые зоны городов			
	IVeg	IGen	GabT	t	IVeg	IGen	GabT	t	IVeg	IGen	GabT	t
2000	58	65	63		57	52	66		26	23	30	
2001	60	63	62		58	53	67		27	24	31	
2002	60	59	60		5	54	67		27	25	32	
2003	59	59	60		59	53	67		28	26	33	
2004	65	64	62		59	53	68		29	26	33	
2005	68	66	63		60	54	68		28	26	29	
2006	67	66	63		61	55	69		28	25	28	
2007	65	60	61		61	55	69		27	25	28	
2008	60	53	59		59	54	68		27	26	31	
2009	60	53	58		58	53	68		29	26	34	
2010	64	59	59		57	52	67		29	27	33	
2011	67	65	62		57	52	67		28	26	32	
2012	69	68	64		60	54	66		27	26	30	
2013	70	68	65		62	55	66		26	25	29	
2014	67	59	63		61	55	67		26	25	29	
2015	64	55	59		61	54	67		27	26	35	
2016	64	55	59		61	52	66		27	26	38	
2017	65	59	60		60	51	65		28	27	42	
2018	65	64	61		59	51	65		28	27	41	
2019	66	69	62		62	52	68		27	25	40	

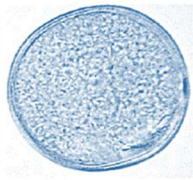
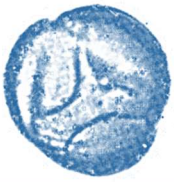
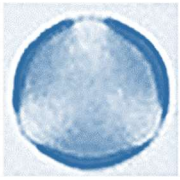
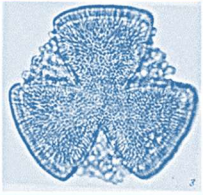
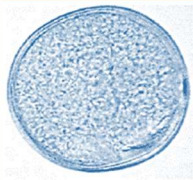
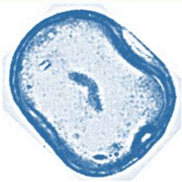
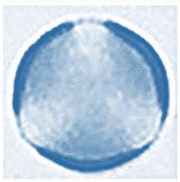
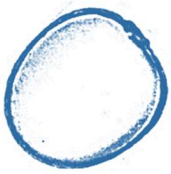
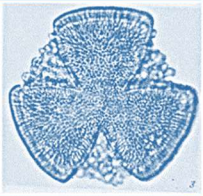
Табл. 1.6 – Пример введения новых видов-индикаторов для скрининговых программ по конкретным признакам структурной организации растений с 2019-2020 гг.

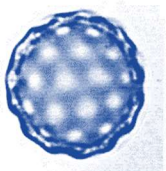
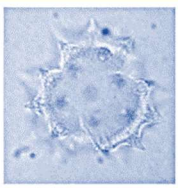
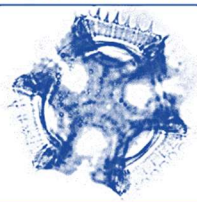
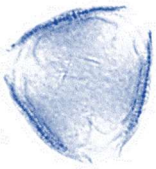
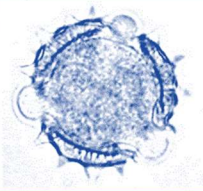
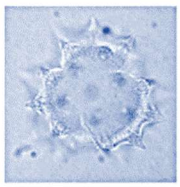
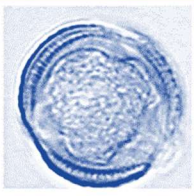
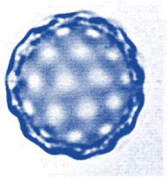
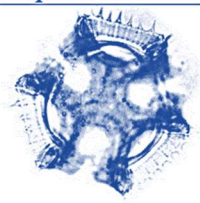
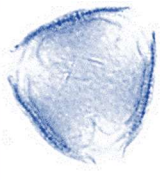
Вид	Признаки, выявленные в индикаторной системе для экологического мониторинга	Диапазон индикаторной достоверности
Nigella arvensis L.	степень дефектности пыльцевых зерен	**72-80**
	фенотипизация окраски околоцветника	**70-75**
	склонность к тератообразованию цветка	**70-73**
	специфическое опушение листовой пластинки	**61-66**
Glaucium corniculatum (L.) Rudolph	система ветвления генеративных побегов	**80-88**
	архитектоника надземной части растения	**79-82**
	фенотипизация оттенков околоцветника	**78-81**
	специализация трихом листовой пластинки	**70-75**
Fumaria schleicheri Soy.-Willem	тератообразование тычиночных нитей	**82-89**
	атипичность строения околоцветника	**81-85**
	архитектоника надземной части растения	**80-84**
	степень дефектности пыльцевых зерен	**75-77**
	опушение стебля по специализации трихом	**75-76**
	матрикальная гетероспермия	**60-67**
Portulaca oleracea L.	толщина воскового налета листовой пластинки	**85-88**
	склонность к тератообразованию цветка	**81-85**
	тератологическая схизокотилия	**81-84**
	матрикальная геторокарпия	**75-80**
Alsine media L.	архитектоника надземной части растения	**88-94**
	феноритмика вторичной вегетации	**85-90**
	специфическое опушение листовой пластинки	**81-84**
	степень дефектности пыльцевых зерен	**80-83**
Dianthus campestris M. Bieb	степень дефектности пыльцевых зерен	**85-90**
	фенотипизация окраски околоцветника	**85-88**
	архитектоника надземной части растения	**80-83**
	склонность к тератообразованию цветка	**74-79**
	тератологическая синкотилия	**72-75**
Gipsophila paniculata L.	склонность к тератообразованию цветка	**87-92**
	архитектоника надземной части растения	**87-90**
	фенотипизация окраски околоцветника	**85-88**
	толщина воскового налета листовой пластинки	**74-79**
	матрикальная гетероспермия	**72-80**
Moehringia trinervia (L.) Clairv.	архитектоника надземной части растения	**85-89**
	тератологическая синкотилия	**84-87**
	склонность к тератообразованию цветка	**45-55**
Sagina procumbens L.	феноритмика вторичной вегетации	**74-90**
	склонность к тератообразованию цветка	**64-80**
	степень дефектности пыльцевых зерен	**57-77**
	специфическое опушение листовой пластинки	**48-54**
Stellaria subulata Boeber ex Schlecht.	склонность к тератообразованию цветка	**85-90**
	архитектоника надземной части растения	**59-70**
	степень дефектности пыльцевых зерен	**57-66**
	матрикальная геторокарпия	**49-60**
Atriplex mircantha C.A.Mey.	степень дефектности пыльцевых зерен	**87-92**
	архитектоника ветвления	**85-87**
	толщина воскового налета листовой пластинки	**62-72**
	тератологическая синкотилия	**47-50**

Указаны наиболее достоверные результаты в индикаторной значимости применительно к отдельным факторам техногенеза. С каждым новым вегетационным сезоном количество признаков, как правило, увеличивается.

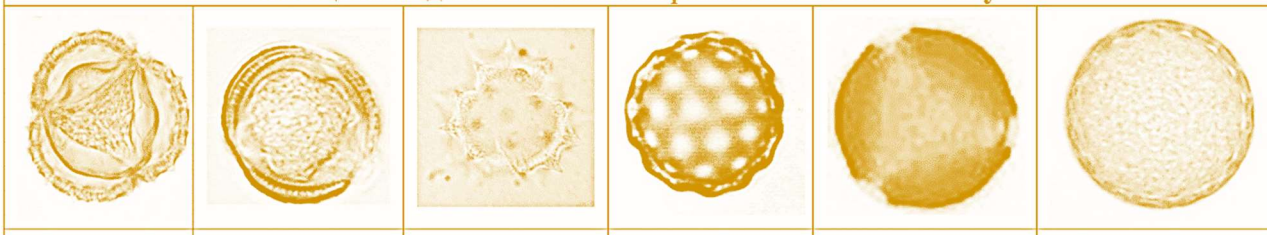
Палинологические исследования представляют особый раздел в экологическом фитомониторинге антропогенных трансформаций. Это использование удобных объектов для сбора, консервации, дифференциальной оценки, получения разных критериев квантификации, возможной интерпретации полученных результатов и даже геометрического стерео-моделирования поверхности, а также системы воздушного массопереноса в региональном и глобальном масштабах. Опорным экспериментом является количественный учёт пыльцевых зёрен и их систематическая принадлежность: для первичных экспертиз и (или) экспресс-анализа, что сделано в разные сезоны (табл. 1.7).

Табл. 1.7 – Базовые палиноспектры наличия пыльцы в приземном слое атмосферы, %

Обобщенные данные по мониторинговым точкам селитебных территорий в июне					
					
17-19	11-12	10-11	7-10	7-9	6-9
Dactylis	*Bromopsis*	*Bromus*	*Reseda*	*Capsella*	*Convolvulus*
Обобщенные данные по мониторинговым точкам рекреационных зон					
					
17-20	10-15	10-14	9-10	8-10	7-10
Dactylis	*Bromus*	*Capsella*	*Bromopsis*	*Reseda*	*Convolvulus*

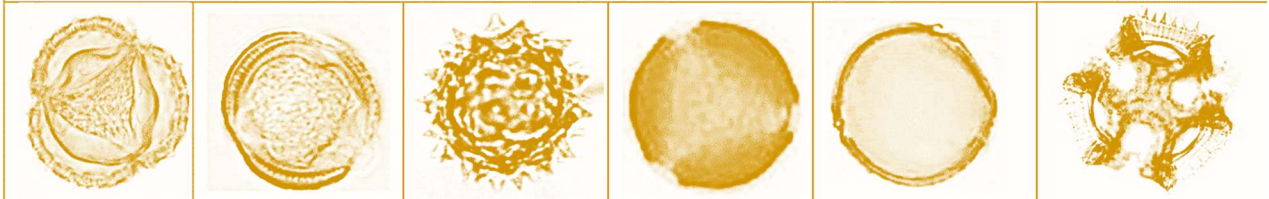
Обобщенные данные по мониторинговым точкам селитебных территорий **в июле**					
					
более 20	15-17	13-14	13-14	10-11	5-7
Atriplex	*Cyclachaena*	*Artemisia*	*Cichorium*	*Ailanthus*	*Achillea*
Обобщенные данные по мониторинговым точкам (рекреационные зоны)					
					
более 15	более 15	7-8	5-7	5-7	4-5
Cyclachaena	*Artemisia*	*Atriplex*	*Achillea*	*Cichorium*	*Ailanthus*

Обобщенные данные по мониторинговым точкам **в августе**



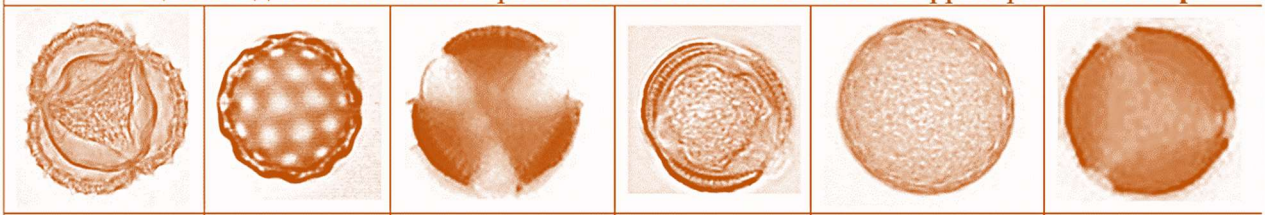
более 45	8-11	7-10	5-7	5-6	4-5
Ambrosia	*Artemisia*	*Cyclachaena*	*Atriplex*	*Echium*	*Chenopodium*

Обобщенные данные по мониторинговым точкам (рекреационные зоны)



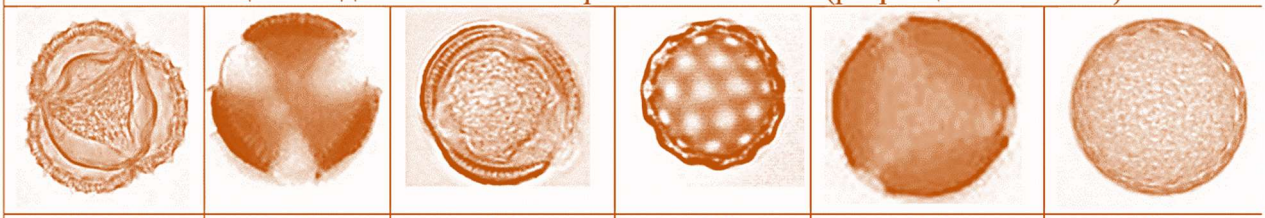
более 35	6-8	6-8	6-7	4-5	3-5
Ambrosia	*Artemisia*	*Cirsium*	*Echium*	*Plantago*	*Cichorium*

Обобщенные данные по мониторинговым точкам селитебных территорий в **сентябре**



25-40	15-19	10-12	4-5	4-5	3-5
Ambrosia	*Atriplex*	*Diplotaxis*	*Artemisia*	*Chenopodium*	*Echium*

Обобщенные данные по мониторинговым точкам (рекреационные зоны)



25-32	17-30	5-8	5-8	5-6	4-6
Ambrosia	*Diplotaxis*	*Artemisia*	*Atriplex*	*Echium*	*Chenopodium*

Доминантный палиноспектр первой декады июня (табл. 1.7) включает последовательность следующих видов растений: *Dactylis glomerata* L., *Bromopsis inermis* (Leyss.) Holub, *Bromus arvensis* L., *Reseda lutea* L., *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik., *Convolvulus arvensis* L., *Diplotaxis muralis* (L.) DC., *Elytrigia repens* (L.) Nevski, *Brassica campestris* L., *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth, *Chelidonium majus* L., *Berteroa incana* (L.) DC., *Sinapis alba* L., *Deschampsia caespitosa* (L.) Beauv., *Digitaria sanguinalis* (L.) Scop., *Tragopogon major* Jacq., *Sisymbrium polymorphum* (Murray) Roth, *Diplotaxis tenuifolia* (L.) DC., *Sinapis arvensis* L., *Erucastrum armoracioides* (Czern. Ex Turcz.), *Euphorbia seguieriana* Neck., *Oberna behen* (L.) Ikonn., *Papaver rhoeas* L., *Rumex crispus* L., *Senecio vulgaris* L., *Thlaspi arvense* L.

Типичный палиноспектр первой декады июля в целом соответствует динамике фенопаузы цветения для сорно-рудеральных видов г. Донецка. Общий список идентифицированных видов в этот период следующий: *Atriplex hortensis* L., *Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt.) Fresen., *Artemisia absinthium* L., *Cichorium intybus* L., *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle, *Achillea nobilis* L., *Amaranthus retroflexus* L., *Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip., *Convolvulus arvensis* L., *Melilotus officinalis* (L.) Pall., *Daucus carota* L., *Diplotaxis muralis* (L.) DC., *Echium vulgare* L., *Fallopia convolvulus* (L.) A. Löve, *Galinsoga parviflora* Cav., *Galium mollugo* L., *Lactuca tatarica* (L.) C. A. Mey., *Melilotus albus* Medik., *Otites media* (Litv.) Klokov, *Persicaria maculata* (Rafin.) A. & D. Löve, *Coniza Canadensis* (L.) Crong, *Plantago lanceolata* L., *Plantago major* L., *Polygonum aviculare* L., *Reseda lutea* L., *Salsola australis* R. Br., *Senecio vulgaris* L., *Tragopogon major* Jacq., *Xanthium albinum* (Widd.) H. Scholz. Для рекреационных зон отмечено меньшее доминирование отдельных видов и больший спектр видов в целом, что указывает на смягчение агрессивности среды по монодоминантному аэрозагрязнению.

Для первой декады августа на лентах палиносборов идентифицированы следующие виды: *Ambrosia artemisiifolia* L., *Artemisia vulgaris* L., *Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt.) Fresen., *Atriplex patula* L., *Echium vulgare* L., *Chenopodium album* L., *Cichorium intybus* L., *Cirsium arvense* (L.) Scop., *Plantago major* L., *Galinsoga parviflora* Cav., *Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip., *Grindelia squarrosa* (Purch) Dunal, *Hyoscyamus niger* L., *Stenactis annua* Nees., *Lactuca tatarica* (L.) C. A. Mey., *Plantago lanceolata* L., *Centaurea diffusa* Lam., *Atriplex micrantha* C.A. Mey., *Melilotus officinalis* (L.) Pall., *Polygonum aviculare* L., *Polygonum patulum* M. Bieb., *Sonchus arvensis* L.

Доминантный палиноспектр первой декады сентября содержит следующие виды: *Ambrosia artemisiifolia* L., *Atriplex patens* (Litv.) Iljin, *Diplotaxis muralis* (L.) DC., *Artemisia vulgaris* L., *Chenopodium album* L., *Echium vulgare* L., *Sonchus arvensis* L., *Brassica campestris* L., *Stenactis annua* Nees. Такой спектр обусловлен осенней ревитализацией представителей некоторых видов убранофлоры, особенно семейства *Brassicaceae.*

Именно информация по пыльцевым зёрнам первой была апробирована в мониторинговых сетях разного уровня территориальной организации и функциональной платности, именно данные по пыльце являются наиболее дробными при возможной (в перспективе) создания базы данных о состоянии экотопов, – базы, которая, безусловно, должна включать все доступные структурно-функциональные показатели состояния растений и геосистемы в целом. Критерии состояния мужской генеративной сферы растений востребованы для социально-гигиенического мониторинга при обнаружении пыльцевых атак при диагностике аллерго-опасных ситуаций в воздухе для человека. Наиболее распространенным критерием в экологическом мониторинге является степень дефектности пыльцы.

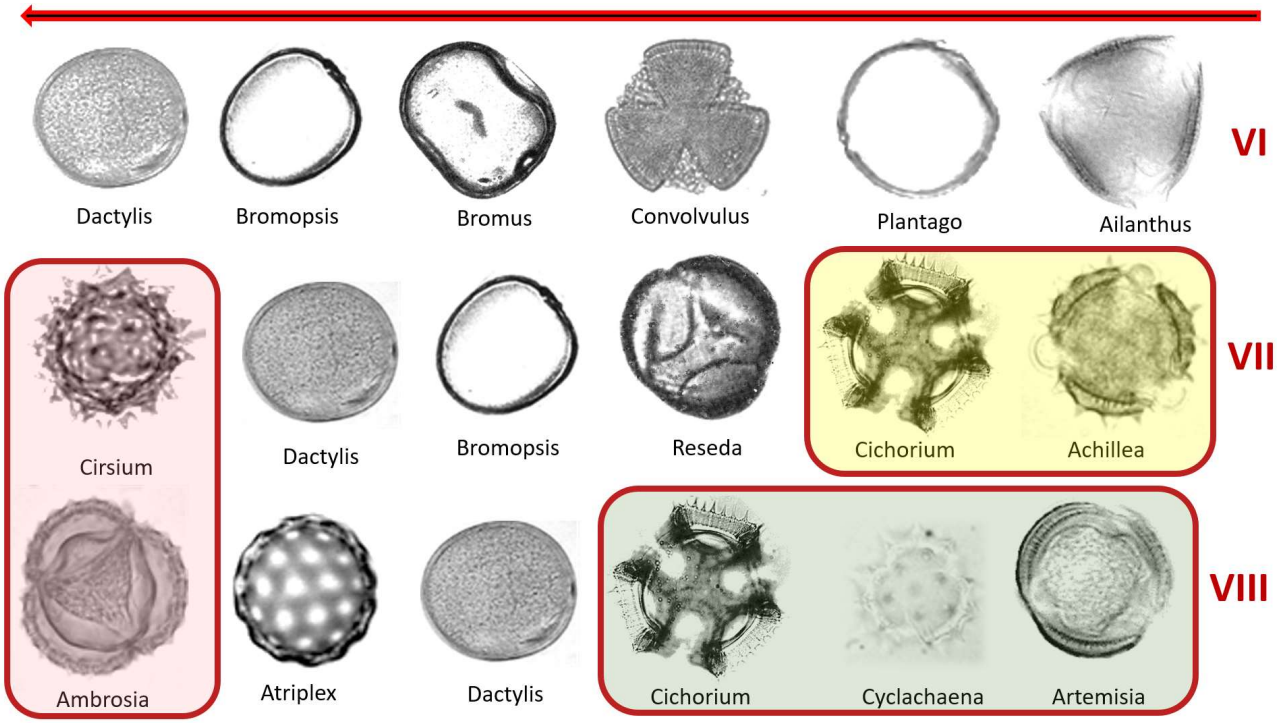


Рис. 1.4 – Отдельные спектры количественного учёта для селитебных экотопов г. Донецка в разные месяцы и ранжированные по долевому участию в общей палиномассе сборов

Важным является учёт общей (в рамках вида) и частной (экотопа) вариабельности строения пыльцы каждого объекта, используемого в индикации.

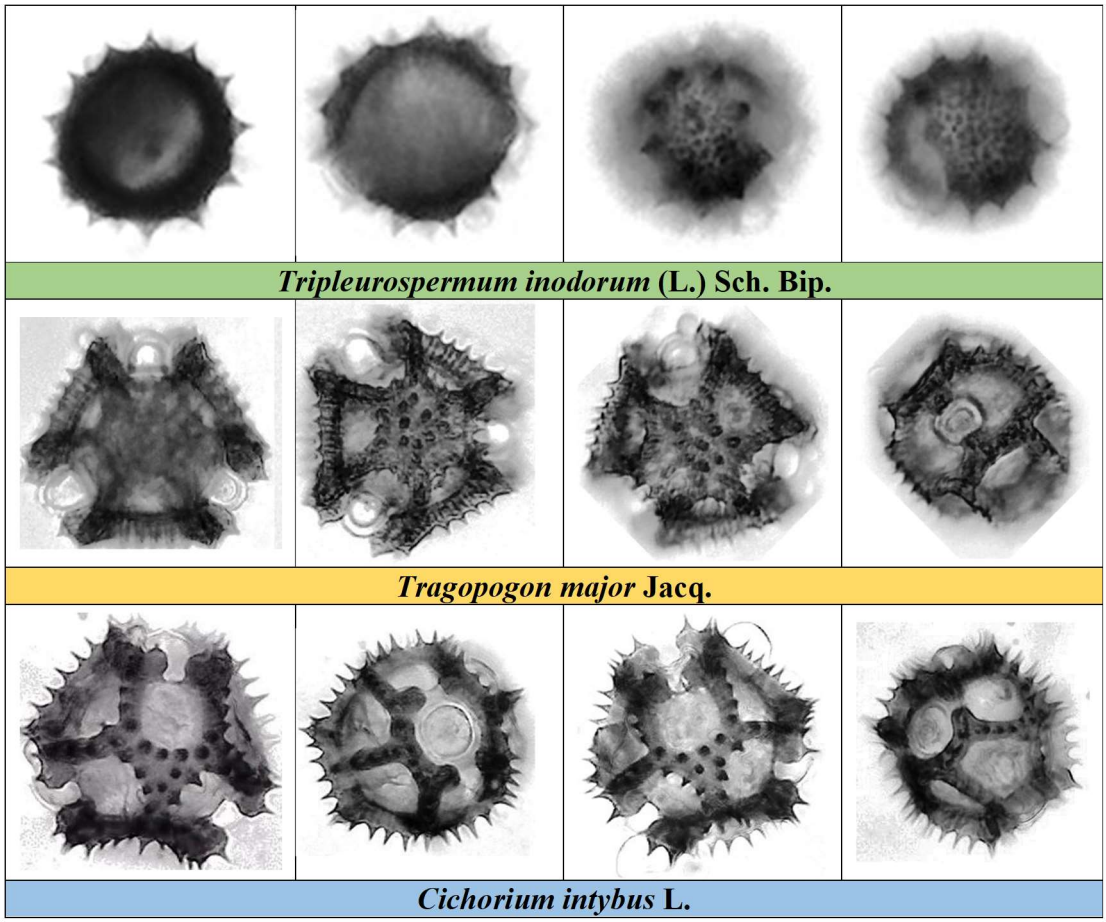
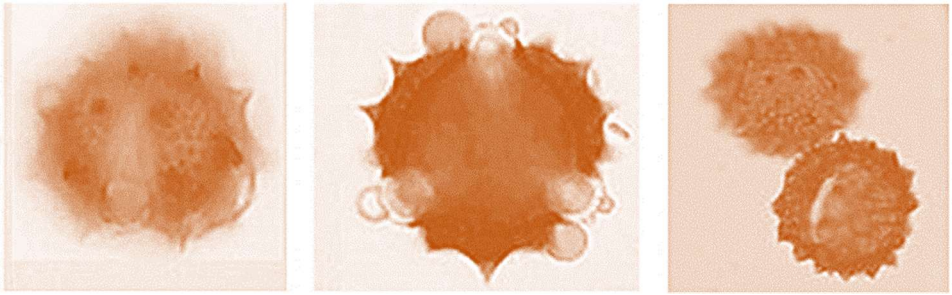


Рис. 1.5 – Пример палинологических экспертиз при идентификации на видовом уровне



А Б В

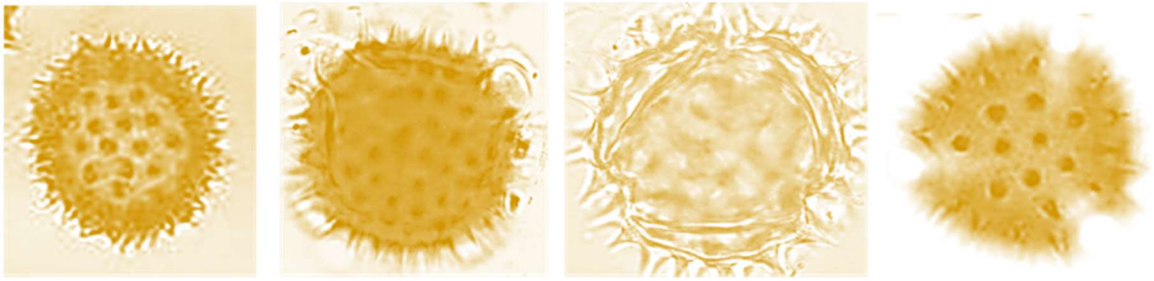
Палинография видов рода *Achillea* L.:
А – скульптура, Б – проекция с полюса, В – витальная форма в выборке

А Б В

Arctium L.: А – проекция с полюса, Б – с экватора, В – проекция 3(4)-поровой лакуны

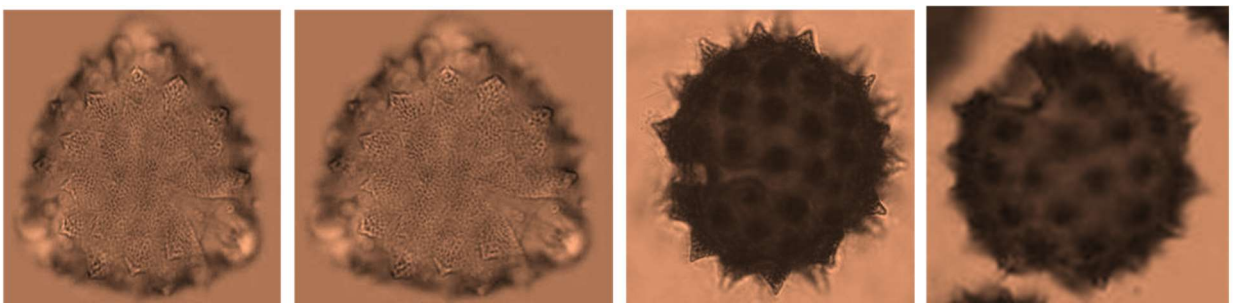
А Б В Г Д

Artemisia L.: А, Б – с полюса, В –с экватора, Г – орнаментация, Д – витальная форма



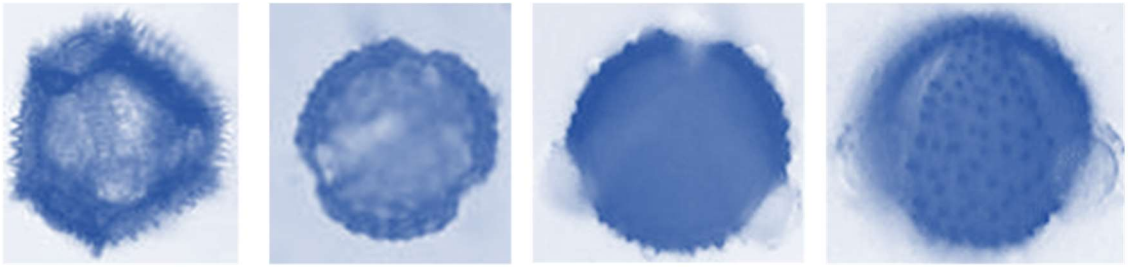
А Б В Г

Calendula Adans.: А – орнаментация, Б – вид с полюса (порово-оровая), В – экваториальная проекция, Г – орнаментация в случае механического разрыва экзины



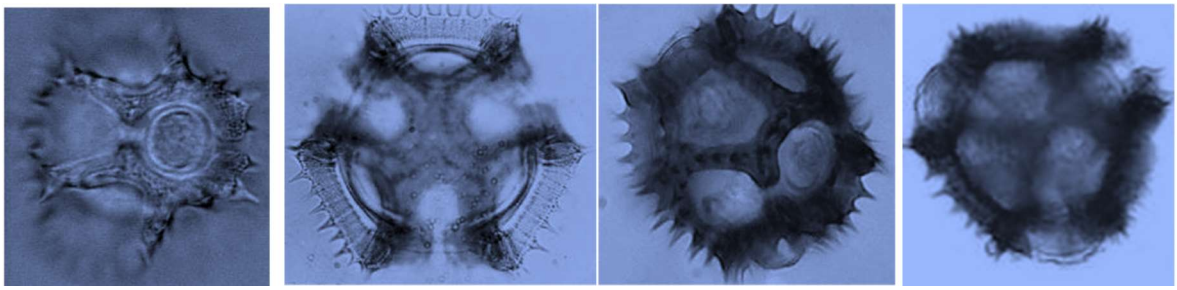
А Б В Г

Cardus L.: А – проекция с полюса (порово-оровая), Б – орнаментация, В – витальная форма, скульптура, Г – орнаментация в случае механического разрыва экзины



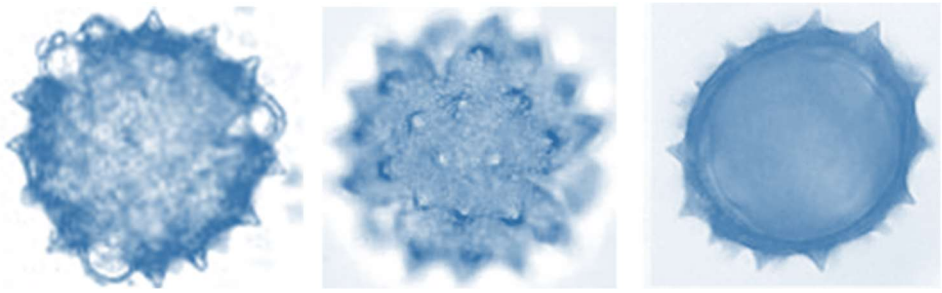
А Б В Г

Палинография видов рода *Centaurea* L.: А – скульптура гребней, Б – проекция с экватора, Б – проекция с полюса, Г – фрагмент орнаментации (участок между гребнями)



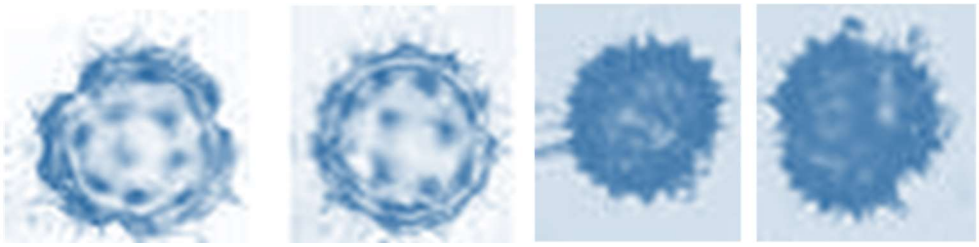
А Б В Г

Cichorium L.: А – орнаментация вокруг поры, Б – скульптура в экваториальной проекции, В – скульптура, Г – витальная форма пыльцевого зерна



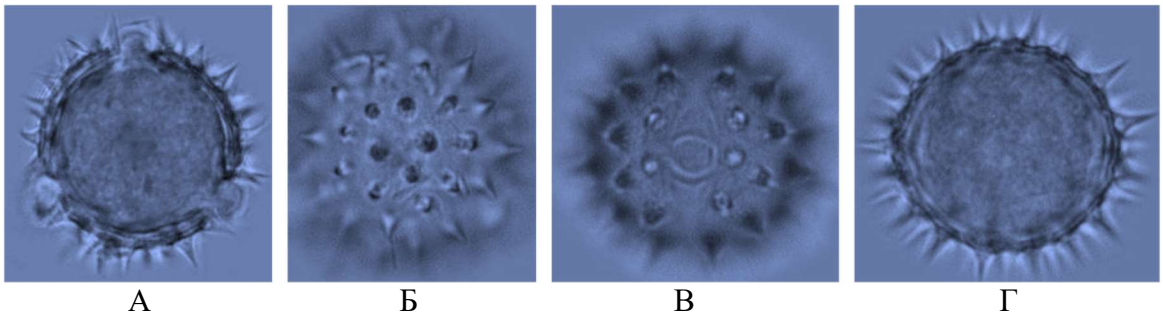
А Б В

Cirsium Mill.: А – проекция с полюса, Б – скульптура поверхности, В – с экватора (витальная)



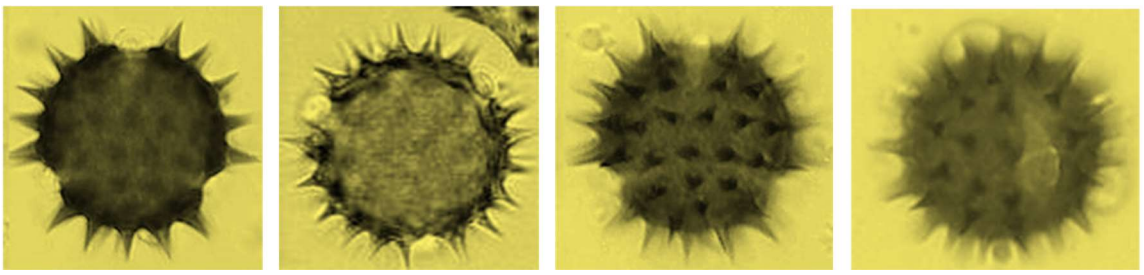
А Б В Г

Conyza L.: А – проекция с экватора, Б – проекция с полюса, В, Г – витальная орнаментация



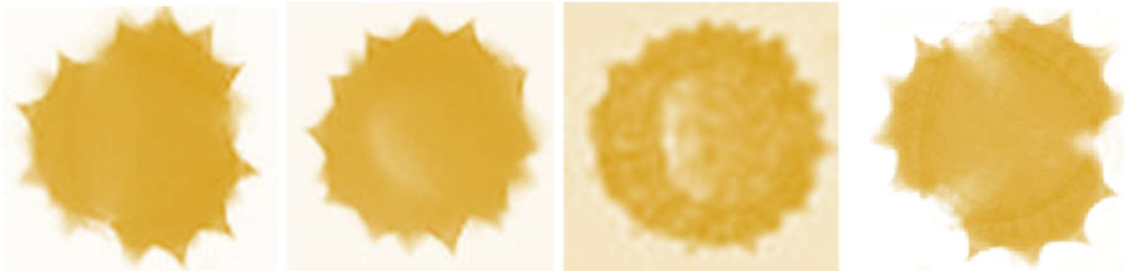
А Б В Г

Galinsoga Ruiz & Pav.: А – проекция с полюса, Б – скульптура, В – орнаментация вокруг поры, Г – витальная проекция



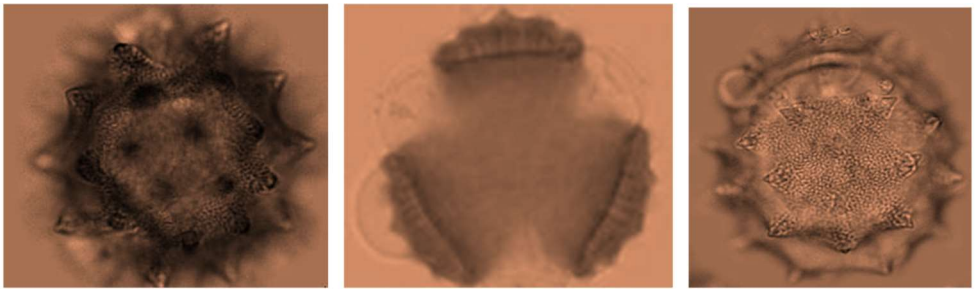
А Б В Г

Палинография видов рода *Helianthus* L.: А – витальная проекция, Б – проекция с полюса, В – скульптура, Г – орнаментация вокруг поры



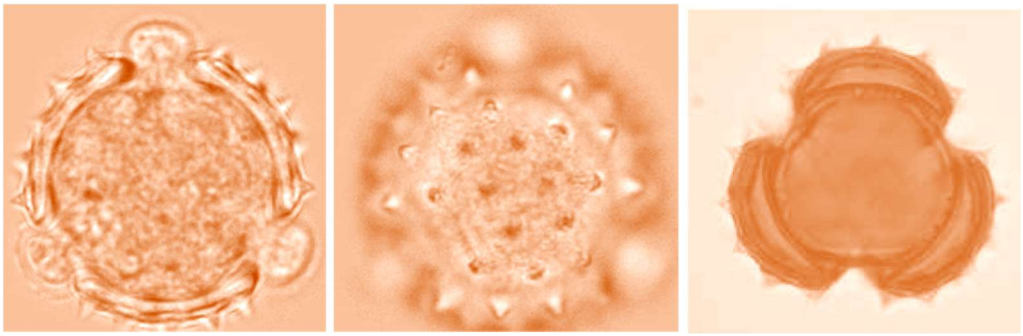
А Б В Г

Matricaria L.: А – витальная проекция с экватора, Б – витальная проекция с полюса, В – скульптура, Г – орнаментация общей скульптуры гребней



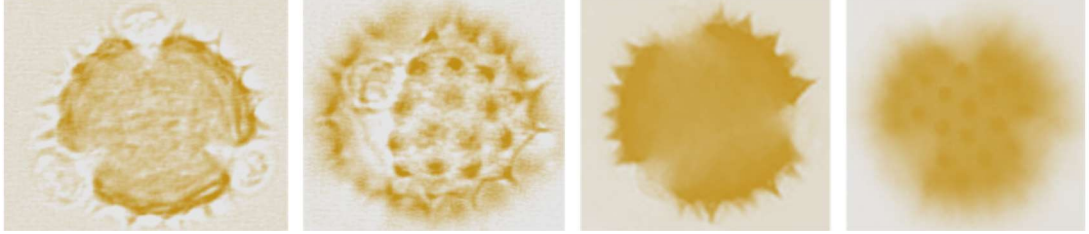
А Б В

Onopordum L.: А – скульптура, Б – орнаментация общей скульптуры гребней, В – фрагмент скульптуры с полюса



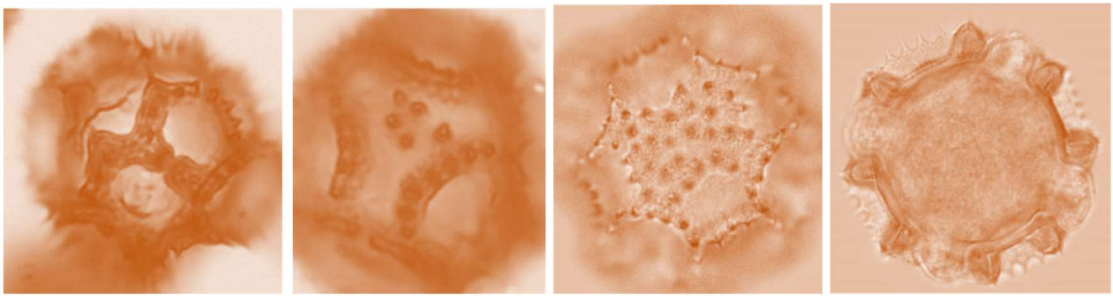
А Б В

Senecio L.: А – проекция с полюса, Б – скульптура, В – орнаментация скульптуры гребней



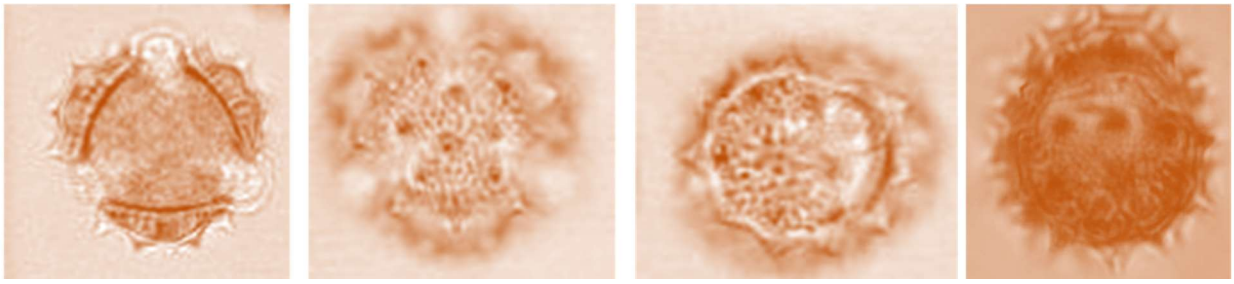
А Б В Г

Solidago L.: А – с экватора, Б – скульптура, В – скульптура гребней, Г – витальная форма



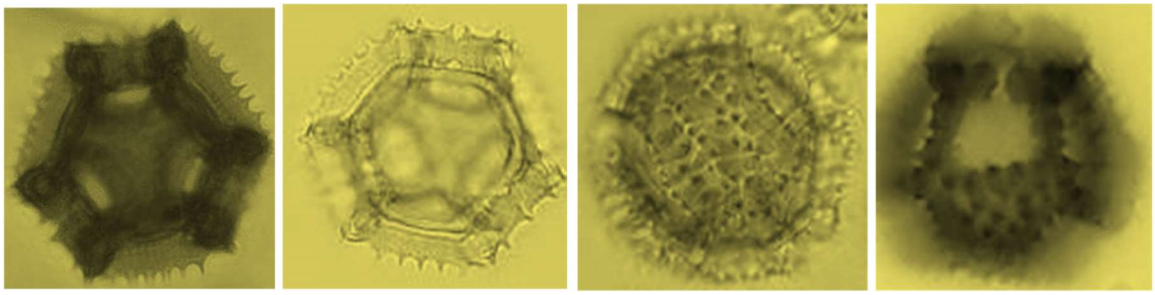
А Б В Г

Палинография *Sonchus* L.: А – узор гребней, Б – орнаментация, В – скульптура, Г – витальная



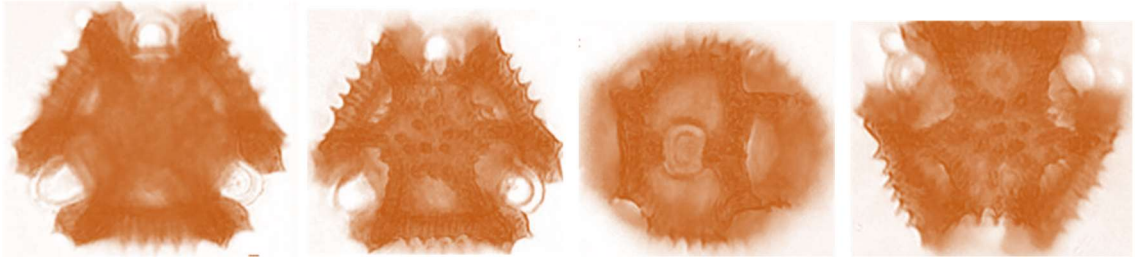
А Б В Г

Tanacetum L.: А – проекция с полюса, Б – скульптура (фрагмент поверхности), В – орнаментация вокруг поры, Г – витальная форма



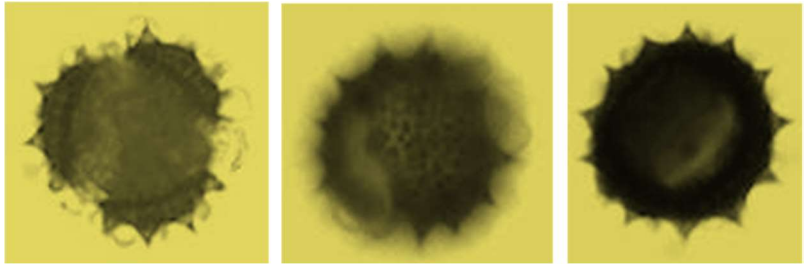
А Б В Г

Taraxacum Weber.: А – скульптура гребней (эхинолофатная), Б – проекция гребней, В – скульптура общая, Г – витальная форма (орнаментация вокруг поры)



А Б В Г

Tragopogon L.: А – витальная форма, проекция с полюса, Б – скульптура гребней (эхинолофатная), В – орнаментация вокруг поры, Г – фрагмент скульптуры



А Б В

Tripleurospermum Sch. Bip.: А – проекция с полюса (гребни), Б – скульптура, В – витальная

Конспект видов фитоиндикационного назначения техногенных экотопов Центрального Донбасса с **регистрируемым тератоморфизмом** составлен в алфавитном порядке с указанием органогенной локализации аномалий. Большинство регистрированных атипичных структурных проявлений являются единичными случаями (**не более 4 %** от анализируемой выборки); при частоте встречаемости признака **более 5 %** указан процент от генеральной совокупности в мониторинговой точке с наибольшим значением; для индексов указаны значения, **превышающие 2 по 10-балльной шкале** (Сафонов, 2019в).

Далее представлены фрагменты из общего списка.

***Ambrosia artemisiifolia* L.** – гипогенезия побега, фасциация побегов, дистопия побега (изменение характера ветвления), аномальное опушение листа в целом, индекс общей специализации трихом, гипогенезия листа, олигомеризация листового аппарата (деструкция по жилкованию), срастание листьев, фасциации осей соцветия, ложное ветвление соцветий (расщепление), дистопия (аномальное ветвление) в соцветиях (**10**), срастание отдельных элементов цветка между собой, срастание нескольких цветков, тератная форма пыльцевого зерна (**18**), индекс матрикальной гетерокарпии (**12**), индекс матрикальной гетероспермии.

***Artemisia vulgaris* L.** – морфотипическая разнокачественность габитуса (**12**), гипогенезия побега, гипергенезия побега, фасциация побегов, дистопия побега (нарушение листорасположения), индекс общей специализации трихом (**7**), олигомеризация листового аппарата (деструкция по жилкованию), гигантизм листьев, бесхлорофилльные листья, фасциации осей соцветия, ложное ветвление соцветий (расщепление), пролификация в соцветиях, тератная форма пыльцевого зерна (**11**).

***Berteroa incana* (L.) DC.** – морфотипическая разнокачественность габитуса, фасциация побегов, дистопия побега (изменение характера ветвления), индекс общей специализации трихом, срастание листьев, складчатость листовой пластинки, пестролистность, бесхлорофилльные листья (**7**), недоразвитие части цветков в соцветии (**10**), недоразвитие частей цветка (гипогенезия), уменьшение размеров цветка, олигомеризация (уменьшение числа частей) цветка, полимеризация (увеличение числа частей) цветка, нарушение взаимного расположения частей цветка в пределах одного круга (**14**), позеленение (нетипичное) цветка, альбинизм (нетипичный) цветка, тератная форма пыльцевого зерна (**27**), индекс матрикальной гетерокарпии (**11**), индекс матрикальной гетероспермии.

***Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik.** – морфотипическая разнокачественность габитуса (**16**), гипогенезия побега, гипергенезия побега, фасциация побегов (**6**), деформация побега, дистопия побега (нарушение листорасположения), дистопия побега (изменение характера ветвления), индекс общей специализации трихом, гигантизм листьев, складчатость листовой пластинки, недоразвитие части цветков в соцветии (**8**), ложное ветвление соцветий (расщепление), пролификация в соцветиях, недоразвитие частей цветка (гипогенезия), уменьшение размеров цветка, срастание отдельных элементов цветка между

собой, срастание нескольких цветков, расщепление (хориза) различных частей цветка, нарушение взаимного расположения частей цветка в пределах одного круга, смещение кругов цветка, позеленение (нетипичное) цветка, альбинизм (нетипичный) цветка, тератная форма пыльцевого зерна (**22**), деформированный или несформированный зародыш, индекс матрикальной гетерокарпии, тератологическая синкотилия, тератологическая схизокотилия (**7**), индекс матрикальной гетероспермии.

Centaurea diffusa **Lam.** – морфотипическая разнокачественность габитуса, фасциация побегов, индекс общей специализации трихом, индекс аномальности анастомозной сетки, олигомеризация листового аппарата (деструкция по жилкованию), полимеризация листьев, срастание листьев, усиление ветвления соцветий (**10**), фасциации осей соцветия, пролификация в соцветиях, метаморфоз отдельных частей цветка; взаимные превращения цветков разных типов, тератная форма пыльцевого зерна.

Cichorium intybus **L.** – морфотипическая разнокачественность габитуса (**9**), гипогенезия побега, фасциация побегов, деформация побега, дистопия побега (нарушение листорасположения), аномальное опушение листа в целом (**12**), индекс общей специализации трихом, индекс аномальности анастомозной сетки (**8**), гипогенезия листа, петалоидное превращение листьев, изменение характерной формы листовой пластинки, складчатость листовой пластинки, бесхлорофилльные листья, недоразвитие части цветков в соцветии, фасциации осей соцветия, пролификация в соцветиях (**5**), срастание отдельных элементов цветка между собой, срастание нескольких цветков, метаморфоз отдельных частей цветка; взаимные превращения цветков разных типов (**5**), пролификация цветков, изменение нормальной формы частей цветка, альбинизм (нетипичный) цветка (**5**), тератная форма пыльцевого зерна (**27**), деформированный или несформированный зародыш, тератологическая синкотилия, тератологическая схизокотилия (**8**), индекс матрикальной гетерокарпии (**20**), индекс матрикальной гетероспермии (**20**).

Diplotaxis muralis **(L.) DC.** – гипогенезия побега, гипергенезия побега, фасциация побегов, дистопия побега (нарушение листорасположения) (**6**), бесхлорофилльные листья, недоразвитие части цветков в соцветии.

Echium vulgare **L.** – морфотипическая разнокачественность габитуса (**9**), дистопия побега (изменение характера ветвления), аномальное опушение листа в целом (**12**), индекс общей специализации трихом (**17**), гипогенезия листа, олигомеризация листового аппарата (деструкция по жилкованию), гигантизм листьев, срастание листьев, петалоидное превращение листьев, складчатость листовой пластинки, ложное ветвление соцветий (расщепление), пролификация в соцветиях (**5**), дистопия (аномальное ветвление) в соцветиях, олигомеризация (уменьшение числа частей) цветка, полимеризация (увеличение числа частей) цветка, срастание отдельных элементов цветка между собой, срастание нескольких цветков, расщепление (хориза) различных частей цветка, пролификация цветков (**6**), изменение нормальной формы частей цветка, альбинизм (нетипичный) цветка, тератная форма пыльцевого зерна,

деформированный или несформированный зародыш (**6**), тератологическая синкотилия, тератологическая схизокотилия, индекс матрикальной гетерокарпии, индекс матрикальной гетероспермии.

Plantago major **L.** – морфотипическая разнокачественность габитуса, гипергенезия побега, дистопия побега (нарушение листорасположения), аномальное опушение листа в целом, индекс общей специализации трихом (**12**), индекс аномальности анастомозной сетки, индекс атипичного строения устьичного аппарата, гипогенезия листа (**7**), гигантизм листьев, срастание листьев, изменение характерной формы листовой пластинки, складчатость листовой пластинки, пестролистность, укорочение оси при скученности соцветий, недоразвитие части цветков в соцветии, тератная форма пыльцевого зерна (**33**), индекс матрикальной гетерокарпии (**30**), индекс матрикальной гетероспермии (**34**).

Polygonum aviculare **L.** – гипогенезия побега, полимеризация побега (**6**), фасциация побегов, петалоидное превращение листьев, пестролистность, ложное ветвление соцветий (расщепление) (**10**), тератная форма пыльцевого зерна, деформированный или несформированный зародыш, тератологическая синкотилия, тератологическая схизокотилия.

Reseda lutea **L.** – морфотипическая разнокачественность габитуса (**10**), гипогенезия побега, гипергенезия побега, фасциация побегов, дистопия побега (нарушение листорасположения), дистопия побега (изменение характера ветвления), изменение характерной формы листовой пластинки (**7**), укорочение оси при скученности соцветий, недоразвитие частей цветка (гипогенезия), уменьшение размеров цветка (**5**), расщепление (хориза) различных частей цветка, метаморфоз отдельных частей цветка; взаимные превращения цветков разных типов, пролификация цветков, изменение нормальной формы частей цветка (**9**), смещение кругов цветка, позеленение (нетипичное) цветка, альбинизм (нетипичный) цветка (**7**), тератная форма пыльцевого зерна (**20**), деформированный или несформированный зародыш, тератологическая синкотилия, тератологическая схизокотилия, индекс матрикальной гетерокарпии (**22**), индекс матрикальной гетероспермии.

Senecio vulgaris **L.** – морфотипическая разнокачественность габитуса, гипергенезия побега, индекс общей специализации трихом (**7**), индекс атипичного строения устьичного аппарата, олигомеризация листового аппарата (деструкция по жилкованию), гигантизм листьев, полимеризация листьев, бесхлорофилльные листья, фасциации осей соцветия (**9**), индекс матрикальной гетерокарпии, индекс матрикальной гетероспермии.

Sinapis arvensis **L.** – гипогенезия побега, деформация побега, олигомеризация листового аппарата (деструкция по жилкованию), пестролистность, бесхлорофилльные листья, срастание отдельных элементов цветка между собой (**10**), срастание нескольких цветков, расщепление (хориза) различных частей цветка, пролификация цветков (**6**), изменение нормальной формы частей цветка, нарушение взаимного расположения частей цветка в пределах одного круга.

***Sisymbrium polymorphum* (Murray) Roth** – гипогенезия побега, индекс аномальности анастомозной сетки, бесхлорофилльные листья, ложное ветвление соцветий (расщепление), олигомеризация (уменьшение числа частей) цветка, полимеризация (увеличение числа частей) цветка, нарушение взаимного расположения частей цветка в пределах одного круга (**7**), смещение кругов цветка, тератная форма пыльцевого зерна, деформированный или несформированный зародыш, тератологическая синкотилия, тератологическая схизокотилия, индекс матрикальной гетерокарпии (**16**).

***Tanacetum vulgare* L.** – морфотипическая разнокачественность габитуса (**5**), гипогенезия побега, гипергенезия побега, дистопия побега (нарушение листорасположения, изменение характера ветвления), аномальное опушение (**7**), индекс аномальности анастомозной сетки, индекс атипичного строения устьичного аппарата (**11**), гипогенезия листа, гигантизм листьев, полимеризация листьев, срастание листьев, пестролистность, фасциации осей соцветия, пролификация в соцветиях, тератная форма пыльцевого зерна (**29**), деформированный или несформированный зародыш, тератологическая синкотилия (**7**), тератологическая схизокотилия (**7**), индекс матрикальной гетерокарпии, индекс матрикальной гетероспермии.

***Tragopogon major* Jacq.** – морфотипическая разнокачественность габитуса, гипогенезия побега (**6**), гипергенезия побега, фасциация побегов, деформация побега, дистопия побега (нарушение листорасположения), аномальное опушение листа в целом, индекс общей специализации трихом, индекс атипичного строения устьичного аппарата (**9**), гипогенезия листа, гигантизм листьев, полимеризация листьев, срастание листьев, пестролистность, бесхлорофилльные листья, фасциации осей соцветия (**11**), пролификация в соцветиях (**6**), тератная форма пыльцевого зерна (**38**), деформированный или несформированный зародыш, тератологическая синкотилия, тератологическая схизокотилия, индекс матрикальной гетерокарпии (**9**), индекс матрикальной гетероспермии (**5**).

***Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip.** – морфотипическая разнокачественность габитуса (**7**), гипогенезия побега, гипергенезия побега, фасциация побегов, деформация побега, дистопия побега (нарушение листорасположения, изменение характера ветвления), аномальное опушение листа в целом (**9**), индекс общей специализации трихом, индекс аномальности анастомозной сетки, индекс атипичного строения устьичного аппарата (**5**), гипогенезия листа, олигомеризация листового аппарата (деструкция по жилкованию), гигантизм листьев, полимеризация листьев, срастание листьев, бесхлорофилльные листья, фасциации осей соцветия (**11**), ложное ветвление соцветий (расщепление), дистопия (аномальное ветвление) в соцветиях, метаморфоз отдельных частей цветка, взаимные превращения цветков разных типов, тератная форма пыльцевого зерна (**40**), деформированный или несформированный зародыш (**10**), тератологическая синкотилия (**9**), тератологическая схизокотилия (**5**), индекс матрикальной гетерокарпии (**11**), индекс матрикальной гетероспермии (**10**).

Табл. 1.8 – Экотопическая дифференциация фитотератогенеза в Донбассе

Экотоп	Диапазоны валовых концентраций тяжёлых металлов в ризоэдафосфере, мг/кг	Характерные тератоморфы
Экотопы с полностью преобразованным эдафотопом (Донецк, Макеевка, Харцызск, Горловка)		
карьерно-отвальные комплексы	Cu (129–310), Zn (303–426), Pb (100–430), Cd (0,5–10,1), Hg (0,3–2,8), Ni (76–120)	дистопия побега (нарушение листорасположения), гипогенезия листа, укорочение оси при скученности соцветий, ложное ветвление соцветий (расщепление), взаимные превращения цветков разных типов, пролификация цветков, индекс матрикальной гетерокарпии
отвалы угольных шахт	Cu (120–300), Zn (305–450), Pb (105–350), Cd (0,5–10,5), Hg (0,3–2,5), Ni (78–128)	гипогенезия побега, индекс общей специализации трихом, пестролистность, бесхлорофилльные листья, недоразвитие частей цветка (гипогенезия), изменение нормальной формы частей цветка, тератологическая синкотилия, тератологическая схизокотилия
Экотопы территорий промышленных предприятий (Донецк, Макеевка, Енакиево, Горловка)		
металлургические	Cu (156–360), Zn (260–530), Pb (102–509), Cd (0,8–11,2), Hg (0,5–2,7), Ni (79–158)	гипергенезия побега, аномальное опушение листа в целом, срастание листьев, петалоидное превращение листьев, недоразвитие части цветков в соцветии, пролификация в соцветиях, дистопия (аномальное ветвление) в соцветиях, расщепление (хориза) различных частей цветка, метаморфоз отдельных частей цветка; нарушение взаимного расположения частей цветка в пределах одного круга, позеленение (нетипичное) цветка, альбинизм (нетипичный) цветка, деформированный или несформированный зародыш, индекс матрикальной гетероспермии
коксохимические	Cu (132–300), Zn (203–420), Pb (98–340), Cd (0,5–9,1), Hg (0,3–2,0), Ni (70–109)	фасциация побегов, индекс аномальности анастомозной сетки, изменение характерной формы листовой пластинки, складчатость листовой пластинки, усиление ветвления соцветий, фасциации осей соцветия, уменьшение размеров цветка, олигомеризация (уменьшение числа частей) цветка, тератная форма пыльцевого зерна
химические	Cu (130–280), Zn (190–370), Pb (90–290), Cd (0,5–9,4), Hg (0,3–1,9), Ni (70–105)	морфотипическая разнокачественность габитуса, аномальное опушение листа в целом, олигомеризация листового аппарата (деструкция по жилкованию), смещение кругов цветка
Экотопы путей сообщения (Донецк, Макеевка, Харцызск, Енакиево)		
автодорог	Cu (52–85), Zn (180–300), Pb (70–250), Cd (0,2–4,6), Hg (0,2–1,0), Ni (60–100)	индекс атипичного строения устьичного аппарата, тератная форма пыльцевого зерна
железных дорог	Cu (50–88), Zn (180–355), Pb (70–250), Cd (0,2–4,6), Hg (0,2–0,7), Ni (60–110)	полимеризация листьев, срастание отдельных элементов цветка между собой, срастание нескольких цветков
Экотопы селитебных территорий (Донецк, Макеевка, Енакиево, Горловка)		
тротуаров, дворов	Cu (50–82), Zn (170–300), Pb (70–200), Cd (0,2–3,6), Hg (0,1–0,5), Ni (54–100)	полимеризация побега
рудеральные экотопы	Cu (50–180), Zn (170–390), Pb (70–320), Cd (0,2–6,6), Hg (0,2–3,5), Ni (54–210)	деформация побега, позеленение (нетипичное) цветка, альбинизм (нетипичный) цветка, тератологическая схизокотилия
Экотопы территорий, занимаемых культурфитоценозами (Донецк, Макеевка)		
древостои	Cu (30–170), Zn (170–280), Pb (70–220), Cd (0,1–3,6), Hg (0,1–2,8), Ni (50–215)	полимеризация (увеличение числа частей) цветка
газоны, клумбы	Cu (20–170), Zn (150–280), Pb (72–224), Cd (0,1–3,0), Hg (0,1–2,4), Ni (40–200)	единично
спонтанные сообщества однолетников	Cu (20–170), Zn (145–280), Pb (65–220), Cd (0,1–3,2), Hg (0,1–2,2), Ni (40–170)	дистопия побега (изменение характера ветвления), гигантизм листьев
Относительно малонарушенные территории (РЛП Донецкий кряж, Зуевский)		
территории природно-заповедного фонда	Cu (<40), Zn (<120), Pb (<65), Cd (<0,9), Hg (<0,8), Ni (<45)	единично

Детализация полученных результатов в отдельных аспектах, имеющих значение для организации всего мониторингового эксперимента, организована на примере структурных характеристик семенного аппарата.

Информация об аномалиях эмбриональных структур по сводной публикации (Сафонов, 2022б) в растениях-индикаторах здесь представлена фрагментарными примерами и состоит из:

– координат учётных площадок, в которых зарегистрированы локально детерминированные высокие уровни содержания доминирующего загрязнителя (превышающие ПДК более чем в 7 раз),

– видов растений из группового фитотестирования для расчета некоторых интегральных показателей репродуктивной сферы, значения этих показателей,

– видов с единичной регистрацией своего наличия на учетной площадке, но с устойчивой формой выявленных атипичных строений в эмбриональном аппарате,

– локализаций аномалий (гистоструктурные или органогенные) и

– установленного доминирующего загрязнителя (DP), наличие которого подтверждено в накопительных концентрациях также и для семенного материала (преимущественно экотопичный показатель, но с указанием видоспецифичности при выявлении таковой).

В работе использованы три интегральных показателя (2019-2021 гг.):

1) **PM** – пыльцевой метод по проценту дефектных пыльцевых зёрен при использовании красителя метиленового синего;

2) **EE** – эмбриотоксический эффект с определением по частоте встречаемости аберрантных семязачатков и тератологической схизокотилии видов-индикаторов;

3) **RRP** – показатель реализации репродуктивного потенциала, установлен по критерию всхожести семенного материала.

Указанные интегральные показатели рассчитаны в совокупности для условия наличия в мониторинговой точке следующих семи видов *Amaranthus retroflexus* L., *Atriplex patula* L., *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik., *Diplotaxis muralis* (L.) DC., *Polygonum aviculare* L., *Reseda lutea* L. и *Senecio vulgaris* L.

Табл. 1.9 – Примеры атипичного полиморфизма эмбриональных структур растений

Координаты	Виды	Признаки				DP
		PM	EE	RRP	локализация аномалии	
48^{0}01'10,2"N; 37^{0}47'26,3"E	*Amaranthus retroflexus* L.	22,4	10,1	92,8	гипофункция гиалиновой оболочки	Cu
	Atriplex patula L.				прозенхимная деградация дерматогена	
					гипофункция гиалиновой оболочки	
	Capsella bursa-pastoris (L.) Medik.				деградация эндосперма	
					гипофункция гиалиновой оболочки	
	Diplotaxis muralis (L.) DC.				прозенхимная деградация дерматогена	
					аберрантные семязачатки	
	Polygonum aviculare L.				дистопия базального тела	Sb
	Reseda lutea L.				прозенхимная деградация дерматогена	Cu
	Senecio vulgaris L.				гипофункция гиалиновой оболочки	
	Dactylis glomerata L.				деформация семенной кожуры	La

Координаты	Виды	Признаки				DP
		PM	EE	RRP	локализация аномалии	
48^{0}01'55,3"N; 37^{0}53'45,7"E	*Amaranthus retroflexus* L.	25,4	16,7	92,1	полимеризация стерильных плодолистиков	Ni
	Atriplex patula L.				аберрантные семязачатки	
					гипогенезия базального тела	
	Capsella bursa-pastoris (L.) Medik.				полимеризация стерильных плодолистиков	
					аберрантные семязачатки	
	Diplotaxis muralis (L.) DC.				полимеризация стерильных плодолистиков	
					смещение интегументального тапетума	
	Polygonum aviculare L.				аберрантные семязачатки	
					полимеризация стерильных плодолистиков	
	Reseda lutea L.				гипогенезия зародышевого мешка	Sm
	Senecio vulgaris L.				полимеризация стерильных плодолистиков	Ni
	Dactylis glomerata L.				аберрантные семязачатки	
47^{0}59'56,1"N; 37^{0}58'25,5"E	*A. retroflexus*	42,2	15,6	89,6	гипергенезия эндосперма	Cs
					аберрантные семязачатки	
	A. patula				элиминация слоя экзотесты	Zn
	C. bursa-pastoris				деградация эндосперма	
					деградация эндосперма	
	D. muralis				деградация внешнего эндосперма	
	P. aviculare				гипергенезия гиалиновой оболочки	
	R. lutea				деградация внешнего эндосперма	
					деградация эндосперма	
	S. vulgaris				гипергенезия гиалиновой оболочки	
	Echium vulgare L.				гипогенезия микропиле	Ce
	Plantago lanceolata L.				полимеризация перисперма	Zr
	Sisymbrium polymorphum (Murray) Roth				деградация внешнего эндосперма	Zn
48^{0}03'00,7"N; 38^{0}09'56,1"E	*A. retroflexus*	28,3	8,8	88,9	пролификация проводящего пучка	Co
	A. patula				элиминация протодермы вокруг зародыша	
	C. bursa-pastoris				дистопия плаценто-халазы	Eu
					хориза интегументального тапетума	
	D. muralis				пролификация проводящего пучка	Co
	P. aviculare				аберрантные семязачатки	
					элиминация протодермы вокруг зародыша	
	R. lutea				пролификация проводящего пучка	
	S. vulgaris				элиминация протодермы вокруг зародыша	
	Dactylis glomerata L.				аберрантные семязачатки	
48^{0}01'24,0"N; 38^{0}10'15,8"E	*A. retroflexus*	20,2	7,8	85,3	прозенхимная деградация дерматогена	Cu
	A. patula				дистопия внутреннего интегумента	Sr
	C. bursa-pastoris				гипергенезия экзотесты	Cu
					прозенхимная деградация дерматогена	
	D. muralis				гипергенезия экзотесты	
	P. aviculare				прозенхимная деградация дерматогена	
	R. lutea				гипергенезия экзотесты	
	S. vulgaris				гипергенезия зародышевого мешка	W
	Plantago lanceolata L.				прозенхимная деградация дерматогена	Cu
	Tripleurospermum inodorum (L.) Sch. Bip.				полиэмбриония стерильных плодолистиков	Hg
48^{0}04'05,9"N; 38^{0}15'09,1"E	*A. retroflexus*	14,3	5,3	95,2	пролификация гипостазы	
	A. patula				аберрантные семязачатки	
	C. bursa-pastoris				полиэмбриония стерильных плодолистиков	
	D. muralis				дистопия базального тела	Sb
	P. aviculare				полиэмбриония стерильных плодолистиков	Hg
	R. lutea				аберрантные семязачатки	
	S. vulgaris				полиэмбриония стерильных плодолистиков	
	Tanacetum vulgare L.				аберрантные семязачатки	

Координаты	Виды	Признаки				DP
		PM	EE	RRP	локализация аномалии	
$48^0$01'36,2"N; $38^0$15'39,7"E	*A. retroflexus*	16,4	10,2	90,6	деградация эндосперма	Cd
	A. patula				асимметричность семядолей	
					деградация эндосперма	
	C. bursa-pastoris				деградация экзо- и мезотесты	
					асимметричность семядолей	
	D. muralis				пролификация проводящего пучка	Dy
	P. aviculare				фасциация проводящих пучков	Yb
	R. lutea				деградация эндосперма	Cd
	S. vulgaris				асимметричность семядолей	
	Cichorium intybus L.				деградация экзо- и мезотесты	Cd
					асимметричность семядолей	
	Centaurea diffusa Lam.				аберрантные семязачатки	

Типичны для техногенных экотопов Донбасса варианты локального и суммационного загрязнения **Zn (1330 мг/кг), Fe (109000), Cu (507), Ni (150), Cd (9,2), Co (14), Hg (2,7), Al (39000), Pb (560)**, – эти металлы в совокупности составляют основной фон антропогенной нагрузки на природные системы. Отдельно выделены единично-специфичные аномалии в условиях накопления растениями преимущественно редкоземельных элементов: **Ce (66 мг/кг)** – гипогенезия микропиле *Echium vulgare;* **Cs (4,5)** – гипергенезия эндосперма *Amaranthus retroflexus;* **Dy (3,6)** – пролификация проводящего пучка *Diplotaxis muralis;* **Eu (0,99)** – дистопия плаценто-халазы и хориза интегументального тапетума *Capsella bursa-pastoris;* **Hf (6,7)** – дистопия наружного интегумента *Atriplex patula;* **La (32,5)** – деформация семенной кожуры *Dactylis glomerata;* **Nd (31)** – фасциации стерильных плодолистиков *Senecio vulgaris;* **Rb (89)** – фасциации фертильных плодолистиков *Reseda lutea*; **Sb (22)** – дистопия базального тела *Polygonum aviculare;* **Sc (8,1)** – олигомеризация внутреннего интегумента *Capsella bursa-pastoris;* **Sm (5,5)** – гипогенезия зародышевого мешка *Reseda lutea*; **Sr (215)** – дистопия внутреннего интегумента *Atriplex patula;* **Ta (1,3)** – дистопия семязачатка *Sisymbrium polymorphum;* **Tb (0,62)** – расщепление (хориза) фуникулюса *Polygonum aviculare;* **Th (16,1)** – гипогенезия семязачатка *Reseda lutea*; Ti (2380) – деформация гипостазы *Diplotaxis muralis;* **U (3,5)** – полимеризация перисперма и деградация структур микропиле *Tripleurospermum inodorum;* **W (9,1)** – гипергенезия зародышевого мешка *Plantago lanceolata*; **Yb (1,8)** – фасциация проводящих пучков *Polygonum aviculare;* **Zr (332)** – полимеризация перисперма *Plantago lanceolata.*

Важным звеном в анализе полученных данных является выявление признаков, которые совместимы с дальнейшим полноценным **выживанием** особи и возможностью выполнения функций репродукции. К таким характеристикам относятся: *гипергенезия эндосперма; деградация внешнего эндосперма; прозенхимная деградация дерматогена; полимеризация стерильных плодолистиков; гипергенезия экзотесты; гипергенезия гиалиновой оболочки; фасциации стерильных плодолистиков; олигомеризация внутреннего интегумента; деформация семенной кожуры.* Указанные признаки являются примером адаптивной полиморфности растительного организма как ответной реакции на факторы промышленного загрязнения.

Установлено, что **экологические шкалы** в контексте структурной ботаники (Сафонов, 2022и) представляют собой интервальные пошаговые значения общего **диапазона варьирования признака**, который проявляет пластичность в контрастных геохимических или классических режимных условиях.

На основании полученного опыта шкалообразования (в построении экологической шкалы фитоиндикационного назначения) для антропогенно трансформированной среды Донбасса оптимальными в использовании рекомендуются те варианты разновесных сегментов и полуинтервалов, которые в совокупности дают большую информацию о степени загрязнения природных сред, чтобы иметь возможность использования их в экспресс-анализе при полевой диагностике техногенно трансформированных экотопов региона без многократных затрат на химико-аналитический контроль.

Табл. 1.10 – Пример экологических шкал по критерию строения **листового аппарата**

Интервальные пошаговые значения показателя										Коэффициенты корреляции			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ИЗА	ИЗАс	ИЗП	ИЗПс
Индекс трихоморазнообразия (типификация трихом) *Echium vulgare* L.													
1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10…	+0,33	+0,31	+0,30	+0,37
2	2-3	3-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11…	+0,39	+0,37	+0,94*	+0,54*
1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11…	*диапазон не установлен*				+0,50	+0,91*	+0,45*	+0,68
Индекс трихоморазнообразия *Cichorium intybus* L.													
1-3	4-5	6-7	8-9		10-11		12-13…			+0,31	+0,28	+0,37	+0,28
2	2-4	4-6	6-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13…	+0,54*	+0,71*	+0,51*	+0,66*
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10…	+0,24	-0,12	+0,34	+0,29
1-2			3-4		5-6		7-8		9…	+0,21	+0,88*	-0,22	+0,64*
Индекс трихоморазнообразия *Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip.													
1			2			3		4	5	+0,27	+0,19	+0,55*	+0,26
…1	2	3	4	5…	*диапазон не установлен*					+0,54*	+0,32	+0,28	+0,20
Индекс аномальности анастомозной сетки *Cichorium intybus* L.													
1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	*диапазон не установлен*				+0,22	+0,12	+0,14	-0,15
…2	2,00-2,49	2,50-2,99	3,00-3,49	3,50-3,99	4,00-4,49	4,50-4,99	5,00-5,49	5,50-5,99	6,00…	+0,55*	+0,65*	+0,41	+0,47
…1	1-2	2-3		3-4		4-5		5…		+0,15	-0,14	+0,37	+0,18
…2			2-3		3-4		4-5		5…	+0,24	-0,23	-0,09	+0,38
Индекс аномальности анастомозной сетки *Plantago major* L.													
…1	1-1,5		1,5-2		2-2,5		2,5-3		3…	-0,20	+0,36	-0,23	+0,17
…2,00	2,00-2,24	2,25-2,49	2,50-2,74	2,75-2,99	3,00-3,24	3,25-2,49	3,50-3,74	3,75-3,99	4,00…	+0,55	+0,71*	+0,58*	+0,69*
…2			2-3			3-4			4…	+0,29	+0,13	-0,11	+0,22
Индекс общей специализации трихом (нитчатого, ретортоообразного типа и сферической формы) *Cichorium intybus* L.													
1-2	2-3			3-4		4-5		5-6	6…	+0,26	-0,29	+0,21	+0,38
…1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9…	+0,61	+0,67*	+0,25	+0,31
Индекс общей специализации трихом (нитчатого, ретортоообразного типа и сферической формы) *Echium vulgare* L.													
1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10…	-0,27	+0,09	-0,34	+0,37
…2	2-4	4-6	6-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13…	+0,54*	+0,47	+0,59	+0,62*
Индекс общей специализации трихом (нитчатого, ретортоообразного типа) *Tragopogon major* Jacq.													
…1	1-2	2-3	3-4	4-5	5…	*диапазон не установлен*				+0,61*	+0,67*	+0,27	0,26
…1		1-2		2-3		3-4		4-5…		+0,21	+0,16	-0,19	+0,35

* - достоверно при $P \leq 0,05$, ИЗА и ИЗП – индексы загрязнения атмосферы и почв,
ИЗАс и ИЗПс – специализированные индексы состояния атмосферы и почв по доминантному загрязнителю.

В условиях усиленного антропогенного воздействия на природные экосистемы Донбасса важным является **ежегодное проведение фитоиндикационного мониторинга** как единственного на сегодня полномасштабного, экспертного и наземного инструментального геоинформационного анализа, позволяющего иметь важные характеристики среды в динамике с 1997 по 2022 гг. (Сафонов, 2022и).

Табл. 1.11 – Пример экологических шкал по критерию строения **пыльцевого аппарата**

Интервальные пошаговые значения показателя										Коэффициенты корреляции			
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**ИЗА**	**ИЗАс**	**ИЗП**	**ИЗПс**
Частота встречаемости пыльцевых зерен *Cichorium intybus* L. с атипичным строением лакун													
…1,0	1,00-2,49		2,50-4,99		5,00-7,49		7,50-9,99		10,0…	+0,25	+0,37	+0,13	+0,36
1,00	1,00-2,49	2,50-4,99	5,00-7,49	7,50-9,99	10,00-12,49	12,50-14,99	15,00-17,49	17,50-19,99	20,0…	+0,57	+0,59*	+0,77*	+0,82*
1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10…	-0,38	+0,27	+0,37	-0,16
Частота встречаемости четырехгранных пыльцевых зерен *Reseda lutea* L.													
…1	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12	13-14	15-16	17…	+0,29	-0,09	+0,38	-0,11
1,0	1,0-2,9	3,0-4,9	5,0-6,9	7,0-8,9	9,0-10,9	11,0-12,9	13,0-14,9	15,0-16,9	17,0…	+0,48*	+0,45*	+0,71*	+0,76*
…2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12	13-14	15-16	17-18	19…	-0,12	+0,32	+0,08	+0,28
Вариабельность скульптуры пыльцевых зерен *Plantago major* L.													
1-2	2-3	3-4	4-5	5…	*диапазон не установлен*					+0,16	+0,11	-0,15	+0,07
…1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9…	+0,45*	+0,84	+0,63*	+0,81
…2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12	13-14	15-16	17-18	19…	+0,08	+0,39	-0,36	-0,40
Вариабельность скульптуры пыльцевых зерен *Reseda lutea* L.													
…2		3-4		5-6		7-8		9…		+0,07	+0,31	-0,26	+0,38
…1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-8	8-10	10-12	12…	+0,41	+0,75*	+0,55*	+0,62
…1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9…	-0,12	-0,41	-0,38	-0,39
Степень дефектности пыльцевых зерен *Cichorium intybus* L. при окрашивании гематоксилином													
…2	2-4	4-6	6-8	8-10	10-12	12-14	14-16	16-18	18…	+0,25	+0,34	+0,08	+0,10
2,50	2,50-4,99	5,00-7,49	7,50-9,99	10,00-12,49	12,50-14,99	15,00-17,49	17,50-19,99	20,00-24,99	25,0…	+0,49	+0,61*	+0,54*	+0,66*
Степень дефектности пыльцевых зерен *Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip. при окрашивании метиленовым синим													
…2	2-4	4-6	6-8	8-10	10-12	12-14	14-16	16-18	18…	-0,34	+0,22	+0,14	-0,30
2,00	2,00-3,99	4,00-5,99	6,00-7,99	8,00-9,99	10,00-12,99	13,00-14,99	15,00-16,99	17,00-18,99	19,0…	+0,67	+0,50	+0,65*	+0,71*
Степень дефектности пыльцевых зерен *Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip. при окрашивании ацетокармином													
…2	2-4	4-6	6-8	8-10	10-12	12-14	14-16	16-18	18…	+0,20	+0,24	+0,05	+0,50
2,50	2,50-4,99	5,00-7,49	7,50-9,99	10,00-12,49	12,50-14,99	15,00-16,99	17,00-18,99	19,00-21,99	22,0…	+0,55	+0,57	+0,63*	+0,53*
Вариабельность пыльцевых зерен *Cichorium intybus* L. по форме (наглядно-сравнительные шкалы)													
…1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9…	+0,51*	+0,69*	+0,55*	+0,62*
1-3	3-5	5-7	7-9	9…	*диапазон не установлен*					+0,35	+0,26	+0,18	-0,33
Вариабельность пыльцевых зерен *Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip. по форме (наглядно-сравнительные шкалы)													
…1	1-2	2-3	3-4	4-6	6-8	8-10	10-11	11-12	12…	+0,64	+0,72*	+0,52	+0,70*
…2	3-4	5-6	7-8	9-10...	*диапазон не установлен*					+0,41	+0,42	+0,44	+0,49
Вариабельность пыльцевых зерен *Reseda lutea* L. по форме (наглядно-сравнительные шкалы)													
…1		1-2		2-3		3-4		4…		-0,03	+0,22	+0,19	-0,08
…1	1-2	2-3	3-4	4…	*диапазон не установлен*					+0,73*	+0,56*	+0,68*	+0,91

* - достоверно при $P \leq 0,05$, ИЗА и ИЗП – индексы загрязнения атмосферы и почв,
ИЗАс и ИЗПс – специализированные индексы состояния атмосферы и почв по доминантному загрязнителю.

Итоговые значения коэффициентов корреляции соответствовали теоретически ожидаемым показателям успешности поиска – 5-7 % от всех вовлеченных в расчет поисков.

При использовании общих индексов (**ИЗА, ИЗП**) и частных индексов по доминантным ингредиентам из приоритетного списка загрязнителей природных сред в корреляции с фитоиндикационными показателями как правило плотность связей была выше в случае с частными индексами загрязнения (**ИЗАс и ИЗПс**), что позволяет предложить к внедрению программу специфического мониторинга по отдельным неблагоприятным факторам среды.

Табл. 1.12 – Пример экологических шкал по критерию строения **плодов и семян**

Интервальные пошаговые значения показателя										Коэффициенты корреляции			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ИЗА	ИЗАс	ИЗП	ИЗПс
Проявление тератологической синкотилии *Cichorium intybus* L.													
…2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10…	+0,22	+0,33	+0,42	+0,25
…1,0	1,00-2,49	2,50-3,99	4,00-5,49	5,50-6,99	7,00-8,49	8,50-9,99	10,00-11,49	11,50-12,99	13,0…	+0,55	+0,61*	+0,59	+0,60*
Проявление тератологической синкотилии *Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip.													
…1,0	1,0-1,9	2,0-2,9	3,0-3,9	4,0-4,9	5,0-5,9	6,0-6,9	7,0-7,9	8,0-8,9	9,0…	+0,24	+0,23	+0,32	+0,45
…1,0	1,0-1,5	1,6-1,9	2,0-2,5	2,5-2,9	3,0-4,9	5,0-6,9	7,0-8,9	9,0…		+0,55*	+0,59*	+0,68*	+0,87*
Проявление тератологической синкотилии *Tanacetum vulgare* L.													
…1,9	2,0-2,9	3,0-3,9	4,0-4,9	5,0-5,9	6,0-7,9	8,0-9,9	10,0-11,9	12,0-13,9	14,0…	+0,60*	+0,56*	+0,63*	+0,89
…4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12…	+0,31	+0,42	+0,23	+0,19
Проявление тератологической схизокотилии *Cichorium intybus* L.													
…2,0	2,0-3,9	4,0-5,9	6,0-7,9	8,0-9,9	10,0-14,9	15,0-19,9	20,0-24,9	25,0-29,9	30,0…	+0,22	+0,21	+0,41	+0,44
…2	3-4	4-5	5-8	8-11	11-14	14-17	17-20	20-25	25…	+0,58	+0,77*	+0,86*	+0,90*
Проявление тератологической схизокотилии *Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip.													
…2,0	2,0-3,9	4,0-5,9	6,0-7,9	8,0-9,9	10,0-12,9	13,0-15,9	16,0-18,9	19,0-21,9	22,0…	+0,75*	+0,62	+0,57*	+0,60
…4	4-8	5-12	12-16	16-22…	*диапазон не установлен*					+0,18	+0,34	+0,26	+0,28
Проявление тератологической схизокотилии *Tanacetum vulgare* L.													
…1,0	1,00-2,49	2,50-4,99	5,00-7,49	7,50-9,99	10,00-12,49	12,50-14,99	15,00-17,49	17,50-19,99	20,0…	+0,85*	+0,64*	+0,59*	+0,65*
…2	2-6	6-10	10-14	14-18…	*диапазон не установлен*					+0,31	+0,30	+0,35	+0,40
Индекс матрикальной гетерокарпии в широком понимании (для системы соцветия) *Cichorium intybus* L.													
…5,0	5,00-7,49	7,50-9,99	10,00-12,49	12,50-14,99	15,00-19,99	20,00-24,99	25,00-29,99	30,00-34,99	35,0…	+0,59*	+0,69*	+0,79*	+0,83*
…5	5-7	7-9	9-11	11-16	16-21	21-26	26-31	31-36	36…	+0,57*	+0,74*	+0,52*	0,82*
Индекс матрикальной гетерокарпии в узком понимании *Cichorium intybus* L.													
…2,0	2,00-2,99	3,00-3,99	4,00-4,99	5,00-5,99	6,00-6,99	7,00-7,99	8,00-8,99	9,00-9,99	10,0…	+0,78*	+0,59	+0,66*	+0,76
…1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9…	+0,32	+0,27	+0,24	+0,27
Индекс матрикальной гетероспермии в широком понимании (для системы соцветия) *Cichorium intybus* L.													
…5,0	5,00-7,49	7,50-9,99	10,00-12,49	12,50-14,99	15,00-19,99	20,00-29,99	30,00-39,99	40,00-49,99	50,0…	+0,26	+0,28	+0,29	+0,20
…5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	35-40	45-50	50…	+0,67	+0,81*	+0,61	+0,84*
Индекс матрикальной гетероспермии в узком понимании *Cichorium intybus* L.													
…2,5	2,50-4,99	5,00-7,49	7,50-9,99	10,00-12,49	12,50-14,99	15,00-17,49	17,50-19,99	20,00-22,49	22,5…	+0,80*	+0,64*	+0,77*	+0,82*
…4	4-6	6-8	8-10	10-12	12-14	14-16	16-18	18-20	20…	+0,30	+0,25	+0,29	+0,33

* - достоверно при $P \leq 0,05$, ИЗА и ИЗП – индексы загрязнения атмосферы и почв,
ИЗАс и ИЗПс – специализированные индексы состояния атмосферы и почв по доминантному загрязнителю.

Некоторые расчетные диапазоны по структурным критериям экологических шкал представлены в отдельной публикации (Safonov, 2022).

Также в пределах концептуальных разработок фитоиндикационного назначения и в рамках работы Азово-Черноморского математического центра (соглашение от 29 февраля 2024 г. № 075-02-2024-1446) была предпринята попытка (Сафонов и Неспирный, 2024) апробировать метод глобального калькулятора (Onipchenko et al., 2021; Pierce et al., 2017, 2022; Guo et al., 2018; Li et al., 2023; Morabito et al., 2024; Wang, Zhang et al., 2023) для оценки возможных направленных модификаций CSR-стратегий в 1) квазинатурализованных (на рисунке обозначены зелёным цветом), 2) техногенных (красным) и 3) рудеральных (жёлтым) экотопов для модельных видов растений-индикаторов.

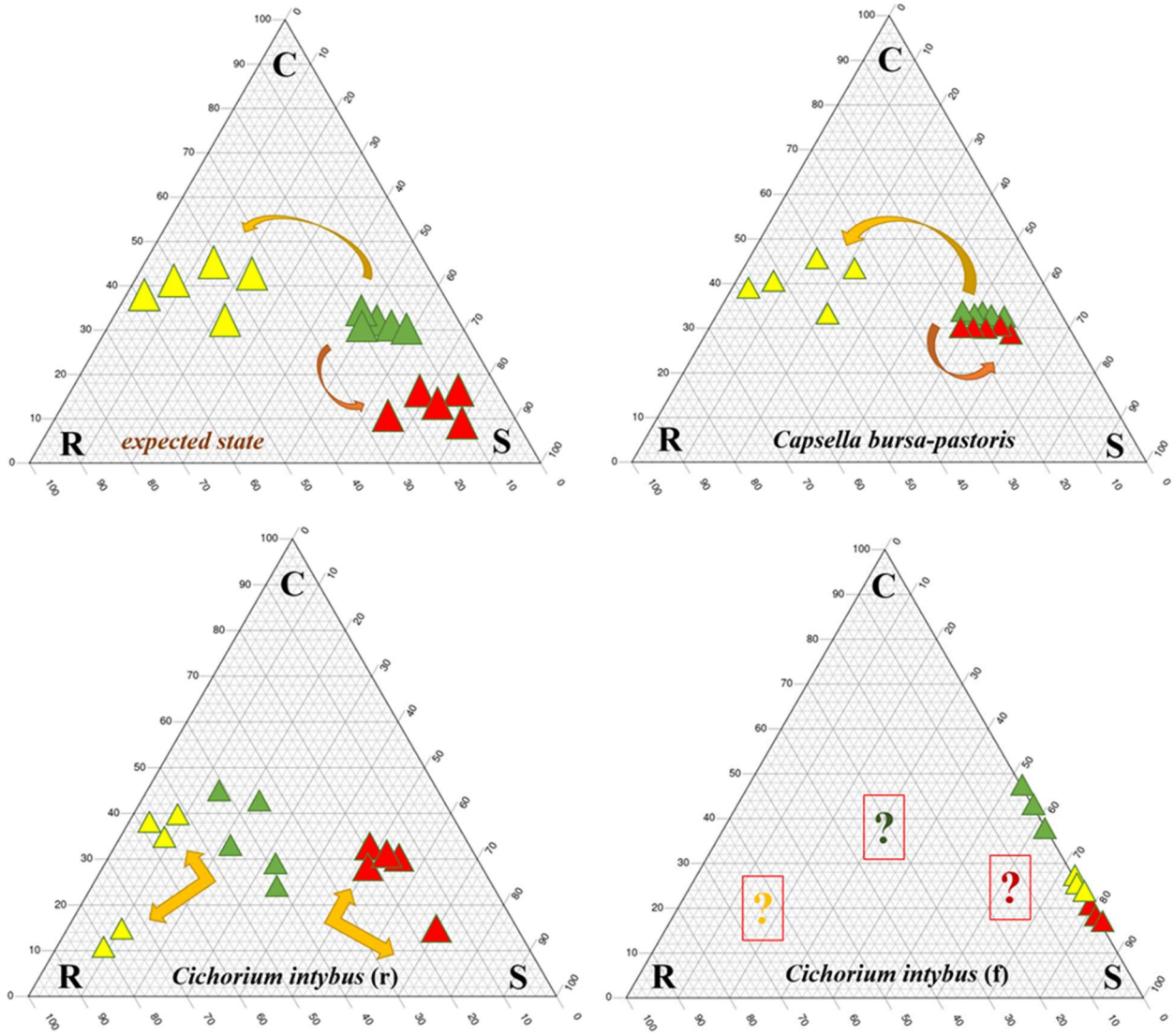


Рис. 1.6 – Примеры сдвига диагностируемых стратегий выживания в разных экотопах
* *Cichorium intybus* (r) – при использовании листовых пластинок прикорневой розетки; *Cichorium intybus* (f) – листовых пластинок средней (присоцветной) формации

Метод представляет тобой стартовые позиции в осуществлении дальнейших исследований механизмов адаптации растительных организмов (как части биосферных процессов) к новым вызовам антропогенных воздействий на природные системы.

2 СЕТЕВОЙ ФИТОМОНИТОРИНГ ЦЕНТРАЛЬНОГО ДОНБАССА

Приемлемым способом проведения экологического мониторинга, охватывающего доступные для сбора растительного материала стационары, представляется формирование сети наблюдений, связывающей все точки сбора единым геоинформационным полем. Это позволяет получить картографическую визуализацию в доступном для первичного (при отсеивании неинформативных данных) и синтетического анализа сведений о состоянии окружающей среды.

В условиях открытого военного конфликта с 2014 г. до настоящего времени на территории Северного Приазовья установились специфические возможности ведения экологических исследований открытого типа. Во-первых, информация о состоянии отдельных экотопов представляет собой стратегически важные данные, которые не должны находиться в свободном доступе. Во-вторых, сбор информации в любой точке мониторинговой сети не лишён опасности для самого экспериментатора, поскольку вся территория Центрального Донбасса подвергается ежедневным обстрелам и разрушениям. В-третьих, был сделан акцент на самостоятельные сборы полевого материала, поскольку использовать спутниковую информацию оказалось не только проблематично, но и заведомо лживо со стороны информационных потоков коллективного Запада.

Экологический мониторинг и основанные на его принципах элементы биоиндикации представляют собой гармоничный свод требований в реализации функций наблюдения, оценки, контроля и прогноза состояния функциональных параметров экосистем. В аспекте использования растений в качестве ресурса для реализации мониторинговых программ (на примере промышленно трансформированных регионов) важно ориентироваться на возможность проведения мероприятий по диагностике даже в периоды затяжных социальных конфликтов и фрагментарной перестройке (включая стагнацию) работы промышленных предприятий.

На основании многолетних (…1996-2023… гг.) эмпирических данных проведения фитоиндикационного анализа (по структурной гетерогенности растений-индикаторов в условиях техногенного импакта в Донбассе) возможно выделить важные полномочия эколого-ботанического мониторинга, расширяющего современную программу вовлечения отдельных отраслей занятости человечества к природоохранным проблемам в регионе.

Практические достижения разных оценочных подходов к установлению характеристик природных сред за последнее десятилетие представлены в центральной официальной сводке и дополняется некоторыми более детальными результатами по фитомониторингу в Донбассе. Также проводимый непрерывный библиографический учет (с 1999 г. по настоящее время) и анализ тенденций рубрикации указывает на возрастающую необходимость в создании технологических условий для подготовки специализированных кадров в области экологии, расширению спектра профессий, связанных с экологической деятельностью в региональном аспекте.

Идеология внедряемой в практику фитоиндикации заключается в установлении функциональной разницы между состоянием растительных организмов в ранжированных рядах антропогенной составляющей. Для этого обработке подлежат информативные индексы в соответствии с составленными экологическим шкалами по диапазонам выносливости видов растений и размаху их структурной фенотипической пластичности. На основании шкал и индексов проведены парные и комплексные корреляционные анализы, установлены уровни достоверности, значимости, создан картографический материал, который по своему технологическому применению также является источником первичной информации при, например, установлении геохимических провинций, ореолов загрязнения, миграции многовидового населения. На основании полученных плоскостных моделей и установившихся сукцессионных процессов в биогеохимических индексах благополучия подготовлены материалы для управленческого рассмотрения вопросов локализации зон экологического бедствия, риска, повышенной опасности, разработана сеть экологических коридоров, соединяющих биогеоценотические ядра эталонных экосистем региона.

Традиционной формой внедрения фитоиндикационного мониторинга (эколого-ботанической квантификации) в Донбассе является экспертная. В полевых или лабораторных условиях апробированы подходы по принципу «контроль – опыт», «индикатор – индикат». На основании статистической достоверности делается заключение о наличии воздействия на окружающую среду (специфические формы, но преимущественно интегральная оценка).

Важность соблюдения принципов сбора и обработки информации также существенным образом становится необъемлемым атрибутом реализации общественного экологического мониторинга. Однако в эту группу подходов обязательным является добавление образовательной функции и программы научения для проведения опытов и экспериментов, что также является приоритетной задачей в социально-экономическом развитии регионов. При экстраполяции данных «мониторинг успеваемости», «мониторинг качества знаний» система испытывает дополнительную функцию оценки внутри самой себя, поэтому становится недостаточным наличие оборудования, важно также, чтобы и сам контролёр соответствовал системе качества.

Этнографическая традиция Центрального Донбасса начала закладываться только 160 лет назад, в целом – это исторически молодой регион, но знание быта, условий труда, проявления эндемичных заболеваний, региональных хронических эффектов состояния здоровья населения и формирование в этих условиях флоры и фауны, растительности и животного мира также является существенной информацией и в анализе современного статуса региона. Благодаря архивным данным историко-этнографической летописи происходит идентификация геохимического контраста, создается условие для установления показателей регионального фона в аспекте антропотолерантности. В то же время богат палеонтологический потенциал Донбасса, по анализу окаменелостей можно проводить не только таксономическую инвентаризацию, но и

констатировать палеографические сведения о климате, об уровне радиационного фона, естественного геохимического контраста и узколокальные характеристики биотических элементов (коаций). По ботанико-токсикологическому анализу отвалов горных пород на современном этапе проведена дифференциация фитопригодности технозёмов к возможным этапам рекультивационных работ.

В качестве открытого вопроса для обсуждения остается также лингвистическая роль, поскольку спектр методических подходов в оценке экологических ситуаций также сопряжен с богатством синонимического ряда местного населения, что отражается не только в терминологическом аппарате, но и в креативных способах проведения квантификации.

В систему ботанико-экологической информации нужно рекомендовать к использованию историко-ретроспективные данные (дальнего палеонтологического и ближнего этнографического содержания), сводки библиографических изданий и статистической информации в сопряженных процессах к народнохозяйственной деятельности, использовать и лингвистические особенности формирования и тенденций в региолекте, в связи с локальными процессами трансформации климата и адаптационных механизмов выживания видов – строить экспертные прогнозы состояния биологических объектов, включая перспективные инновационные формы занятости человека (Сафонов, 2023д).

Закладывая первоначальную экологическую сеть, которая стала доступной с 2014 г. (до этого периода площадь мониторинга была в пределах всей Донецкой области), руководствовались принципами равномерного территориального расположения учетных площадок друг относительно друга, однако с учетом более плотного их расположения в местах урбанизации и техногенного импакта. При формировании сети наблюдений были выбраны участки однородных физико-географических характеристик, отличающиеся в первую очередь по визуальному уровню антропогенной трансформации территории.

При формировании каркаса экологической сети фитоиндикационного содержания и мониторингового назначения руководствовались результатами исследовательской работы и методических подходов разных авторов, – это отражается в актуальных их публикациях (Ашихмина, Кантор, Тимонов и др., 2023; Епринцев, Куролап, Клепиков, Шекоян, 2021; Ермаков, Тютиков, Гуляева, Дегтярев, Данилова, 2022; Басарыгина, Деев, Черепухина, 2020; Анучин, 2024; Горелова и др., 2015; Глинянова, Азаров, Городничая, Мельченко, Фомичев, 2018; Кондакова и Дабах, 2023; Маркелов, Маркелов и др., 2019; Шеставин, Несова, Кудокоцев, 2022; Anjum, Hussain, Hameed, Ahmad, 2020; Cakaj, Drzewiecka, Hanć, Lisiak-Zielińska, Ciszewska, Drapikowska, 2024; Díaz Rizo, Casanova Díaz, Torres Ramos, Ramos López, 2022; Esmaeilzadeh, Tavakol, Mohseni, Mahmoudi, Nguyen, Fattahi, 2023).

Впервые общая мониторинговая сеть Центрального Донбасса и детализация для районов г. Донецка (рис. 2.1 и 2.2) были опубликованы в 2019 г. (Сафонов и Гермонова, 2019б), что создало технические предпосылки и возможности картографического анализа полученных многолетних данных.

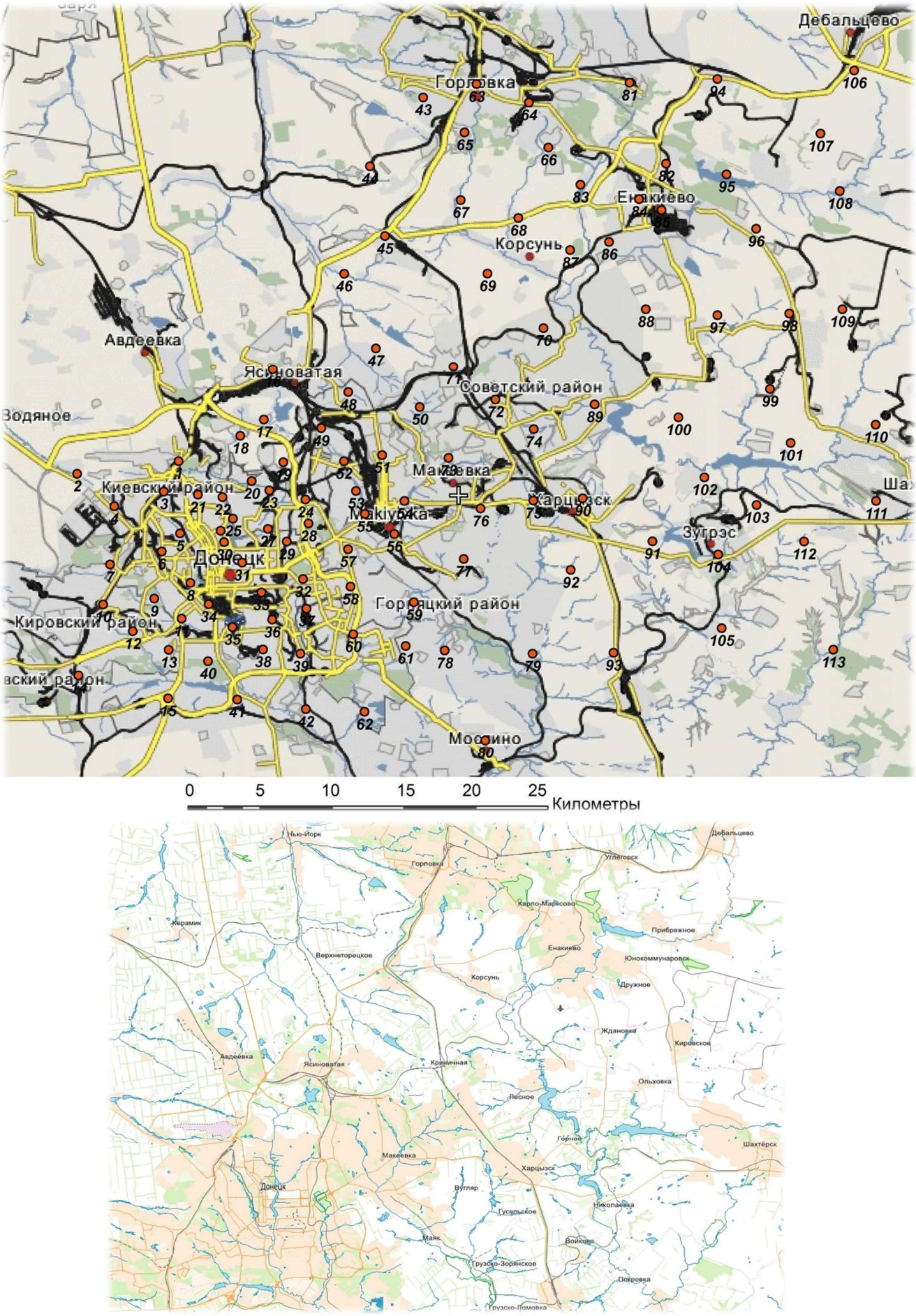


Рис. 2.1 – Базовая 113-компонентная сеть экологического фитомониторинга в Донбассе

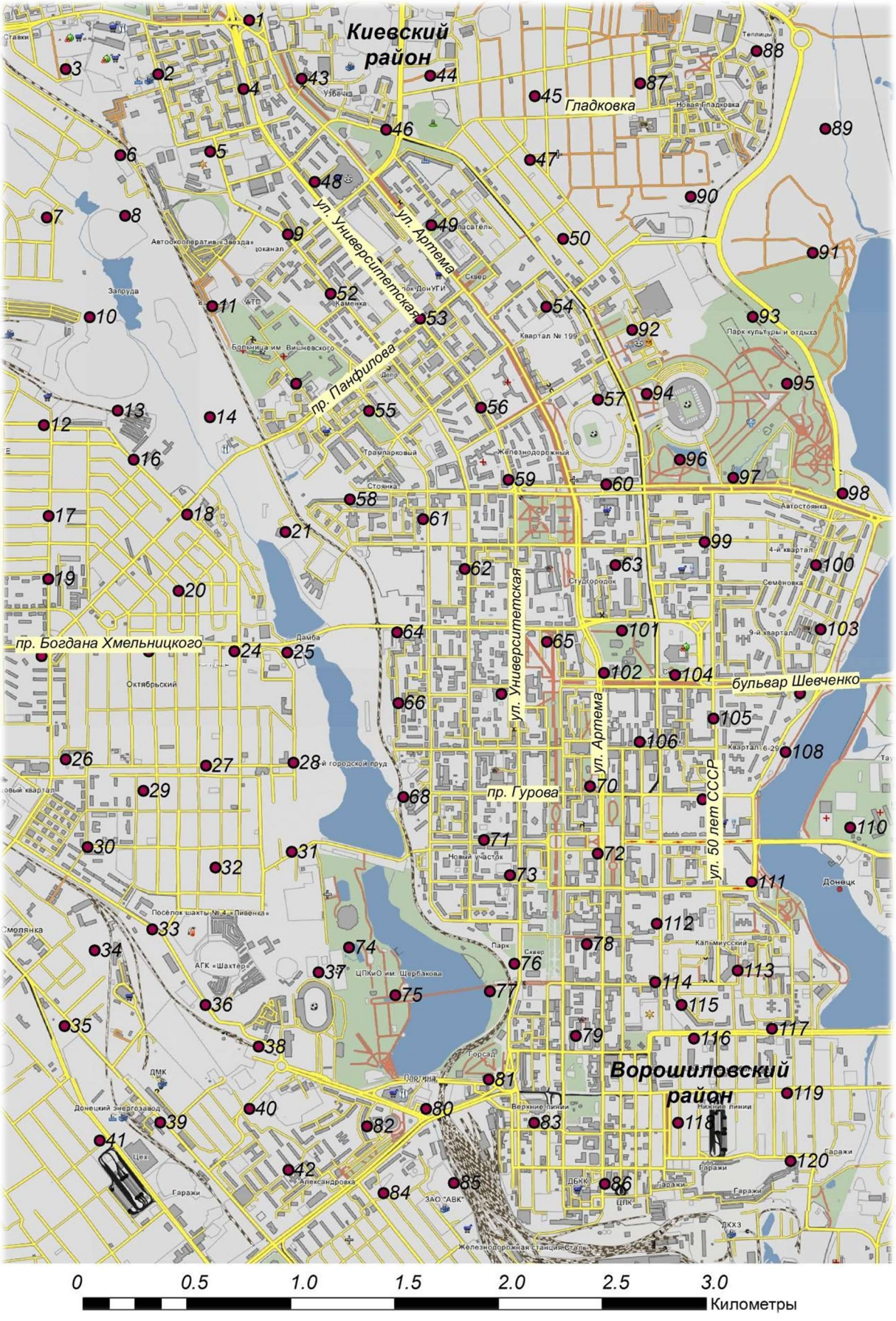


Рис. 2.2 – Сеть фитоиндикационных стационаров в центральных районах г. Донецка

Сетевой мониторинг позволяет обрабатывать сведения по различным критериям и индексам посредством процедуры обратимой квантификации, что было, например, апробировано для показателей трансформации экотопов в г. Донецке в разные годы (рис. 2.3-2.5).

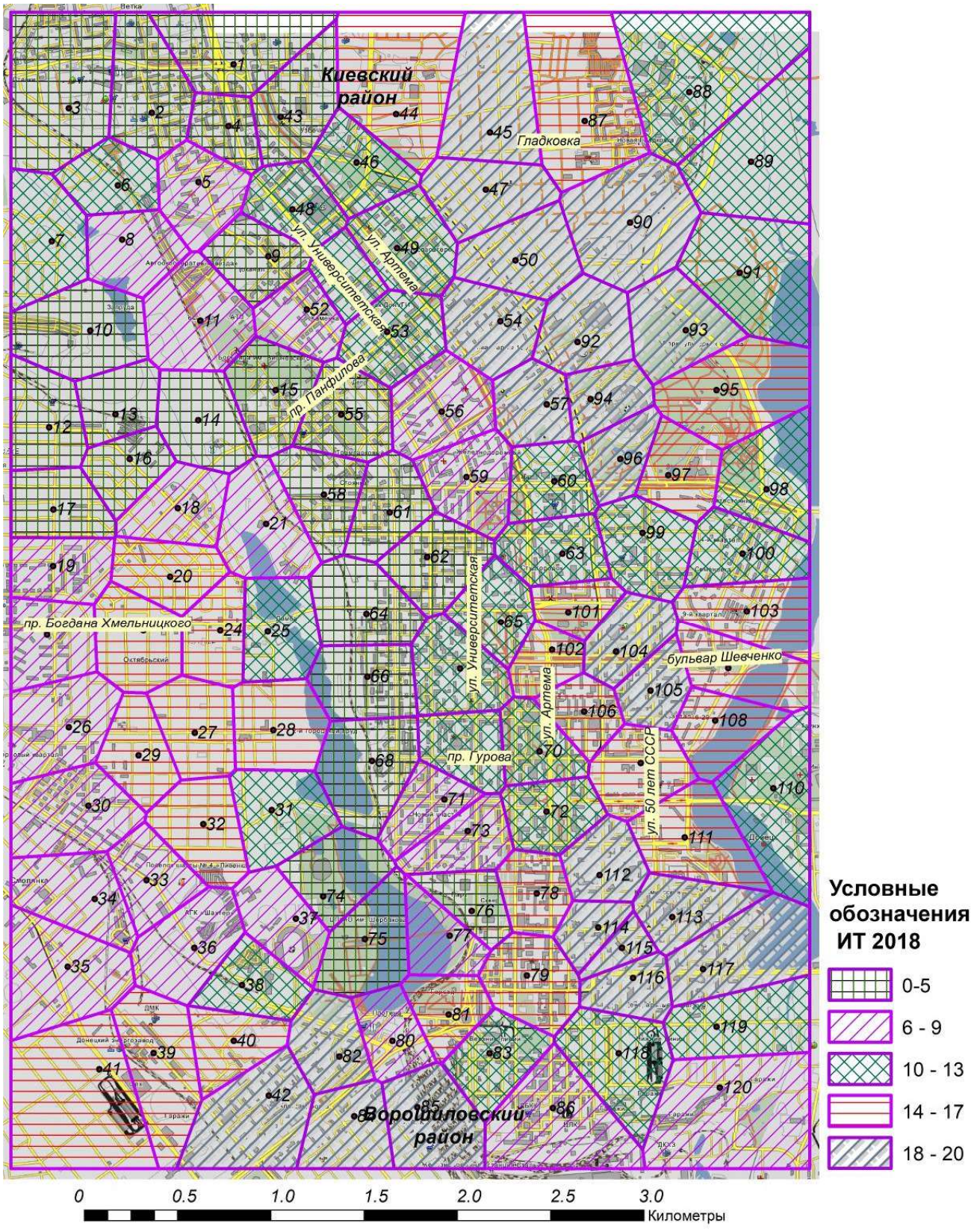


Рис. 2.3 – Анализ данных по индексу трансформации локальных экосистем в Донецке (Гермонова и Сафонов, 2019а, Сафонов и Гермонова, 2019а, 2023а с дополнениями)

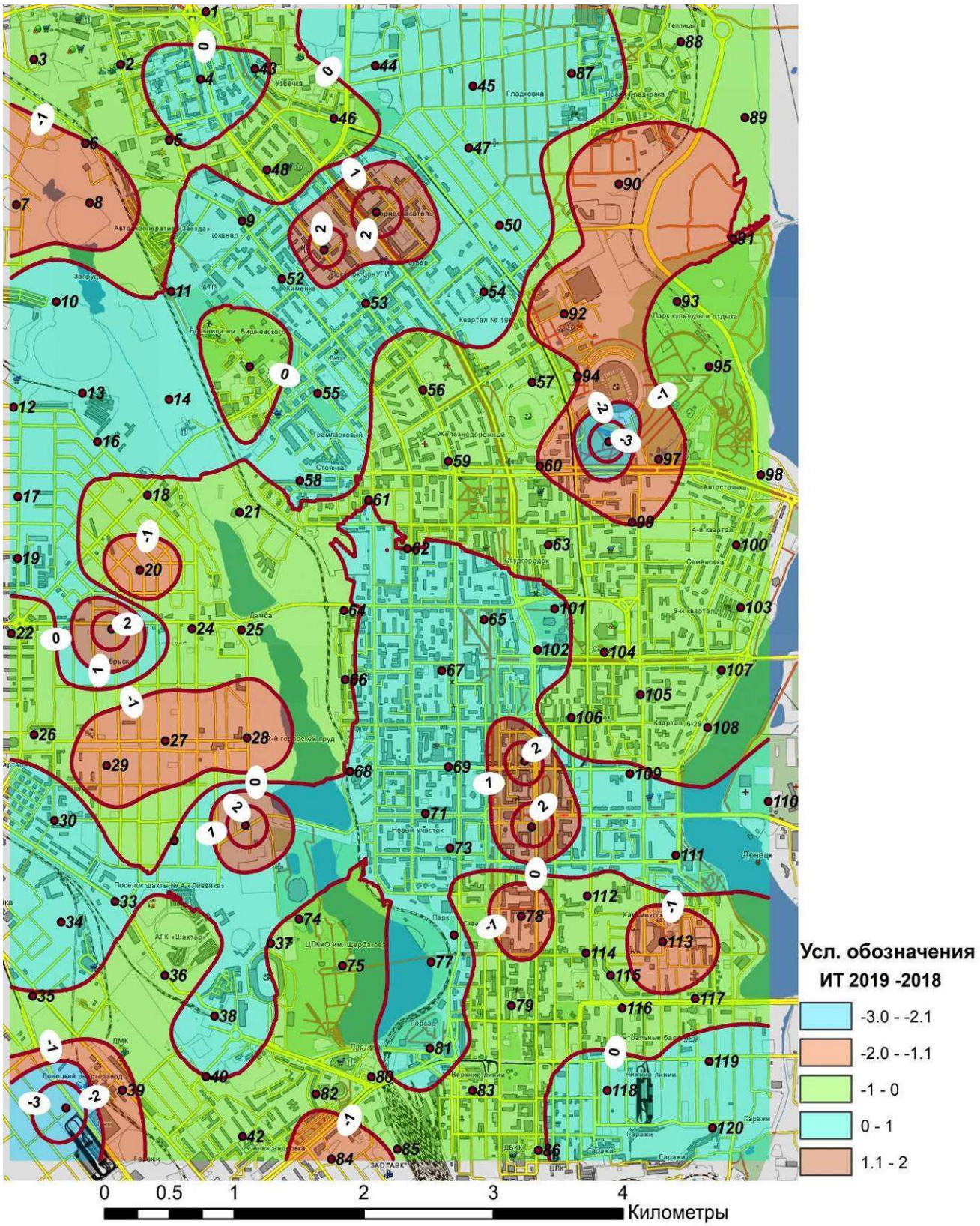


Рис. 2.4 – Анализ изменения (динамика) показателей трансформации экотопов в Донецке (Гермонова и Сафонов, 2019а, Сафонов и Гермонова, 2019а, 2023а с дополнениями)

Базовыми для индексов трансформации городской среды являлись учет тератных форм сорно-рудеральных видов, разнокачественность габитуса, структуры пыльцевых зерен и строения зародышевого аппарата.

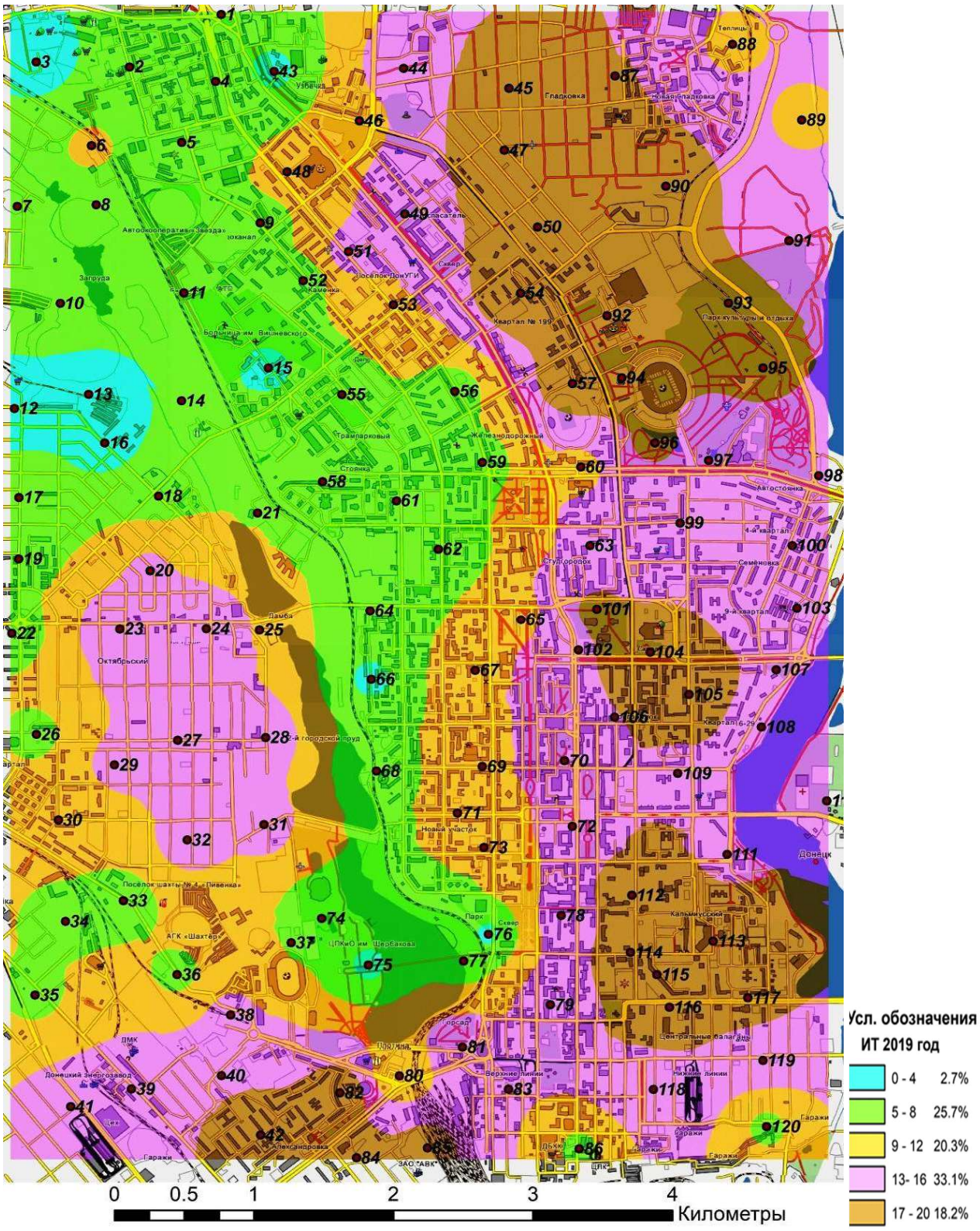


Рис. 2.5 – Функциональное зонирование центральный районов г. Донецка по критериям трансформации экотопов
(Гермонова и Сафонов, 2019а, Сафонов и Гермонова, 2019а, 2023а с дополнениями)

За весь период наблюдений критерии и система оценивания экотопов постоянно совершенствовались и обновлялись новыми сведениями, что связано с целевым запросом при установлении конкретного параметра состояния среды или временных отличий по показателям экспертизы.

Индикационная экспертиза с использованием растений в условиях глубоких антропогенных трансформаций региона реализуется в разных направлениях как получения, так и обработки информации. Безусловно, анализу подвергаются те растительные объекты, которые проявляют активность и функционируют. То есть во всех индикационных решениях речь идет о выживших индикаторах Донбасса. Значит по наличию (разнообразию видов) тоже можно получать данные и оценивать материал на карте, при этом ранжируя диапазон изменений каждой конкретной зоны (местности), а также различными способами (пошаговый, скачкообразно-интервальный и пр.).

В первоочередную оценку включены признаки атипичной структурной организации растений, которые в наблюдательном эксперименте подтвердили свою пластичность в зависимости от условий существования. Условно в рабочей схеме фитоиндикационной оценки такую совокупность данных определили альфа-разнообразием (рис. 2.6) и ранжировали диапазон значений по шести интервальным показателям только по количеству видов.

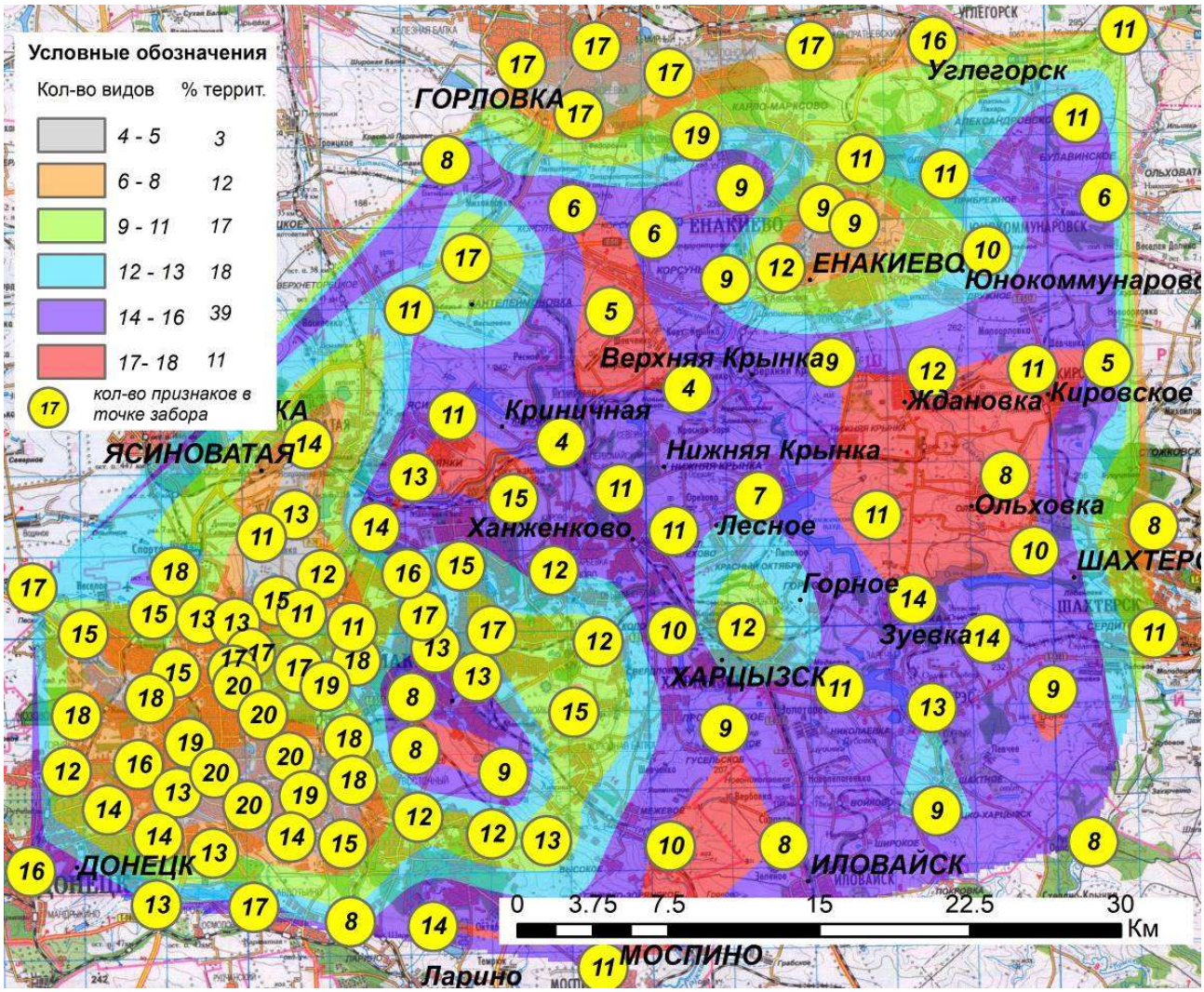


Рис. 2.6 – Численное распределение признаков фитоиндикационного назначения (2021 г.) (Гермонова, 2021; Гермонова и Сафонов, 2019а,б, 2023; Сафонов и Гермонова, 2019а)

Признак индикационной экспертизы может быть единым для нескольких видов растений (например, фасциация побега или количество тератных пыльцевых зерен), при этом существует и межвидовая дифференциация, что нужно учитывать при оценивании. Также шесть диапазонов значений было предусмотрено и для составления картографического материала по количеству признаков индикаторных растений и численному значению количества видов, которые в совокупности встречаются в каждой конкретной учетной площадке (рис. 2.7), но только при условии наличия у этих видов в этой точке индикационного значения, используемого в квантификационном эксперименте. Такой характер индикационного разнообразия условно (в рабочем эксперименте) был назван бета-разнообразием (видовым).

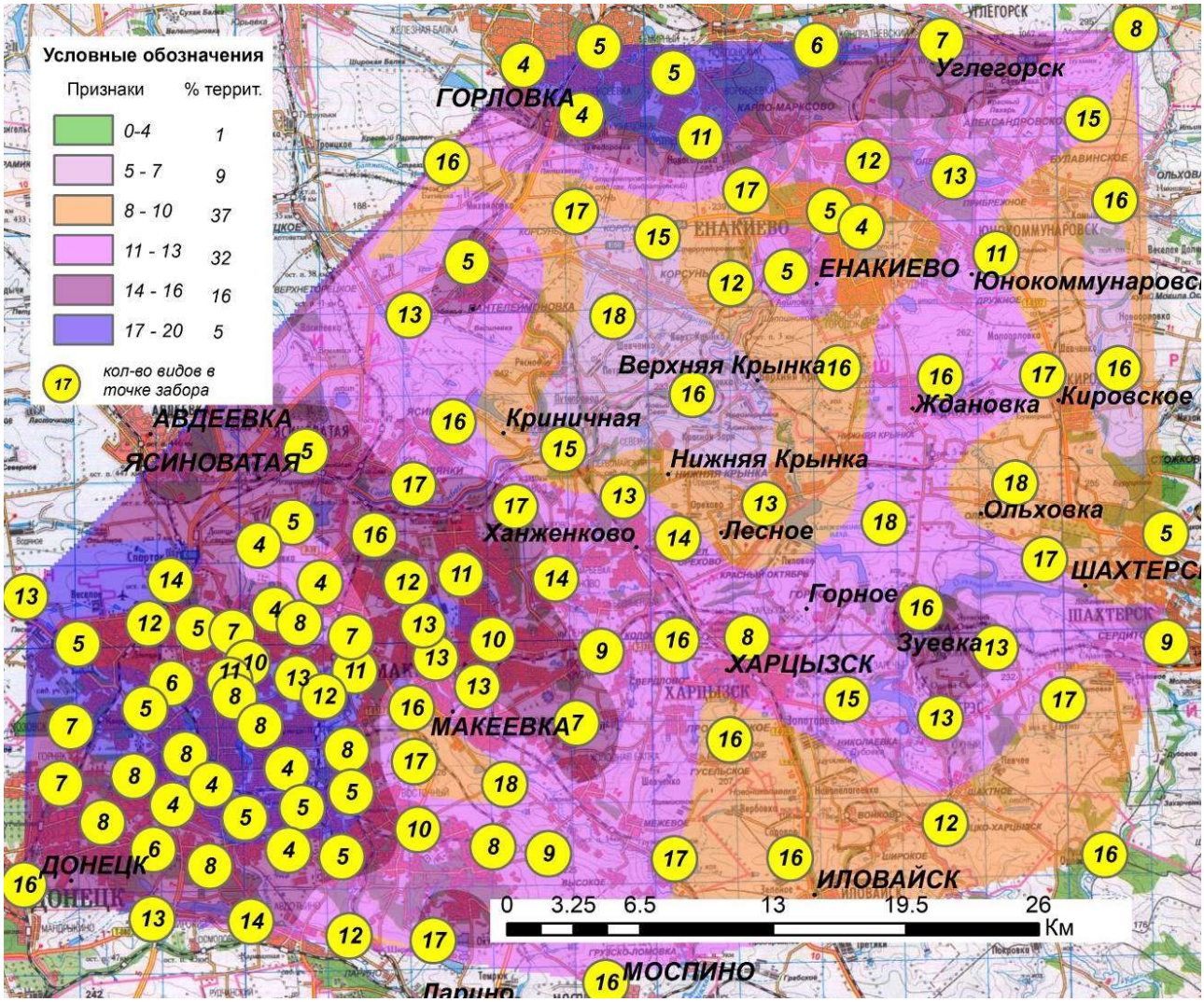


Рис. 2.7– Численное распределение показателей бета-разнообразия в фитоиндикационном эксперименте для Центрального Донбасса (Гермонова, 2021; Гермонова и Сафонов, 2019а,б, 2023; Сафонов и Гермонова, 2019а)

Отмечено, что картографические «узоры» шести-интервальных информационных поля по количеству видов и количеству признаков имеют свою отдельную специфику. Прослеживается закономерность меньшего видового

разнообразия и большего количества признаков в местах высокого техногенного импакта.

Специальный эксперимент был проведен с подсчетом количества признаков аномального строения растений и количества (по частоте встречаемости) этих признаков в каждом конкретном локалитете (рис. 2.8). Детализация каждого конкретного локалитета по уровню атипичного полиморфизма с точки зрения общего мониторинга важна для возможного сбора семенного материала или дополнительных отборов проб для геохимической оценки. Так же в целом, полученный картографический материал представляет интерес для оценки фоновых эффектов антропогенных факторов, оказывающих неблагоприятное влияние на растительные организмы, оценённое в данном случае по уровню их атипичного полиморфизма.

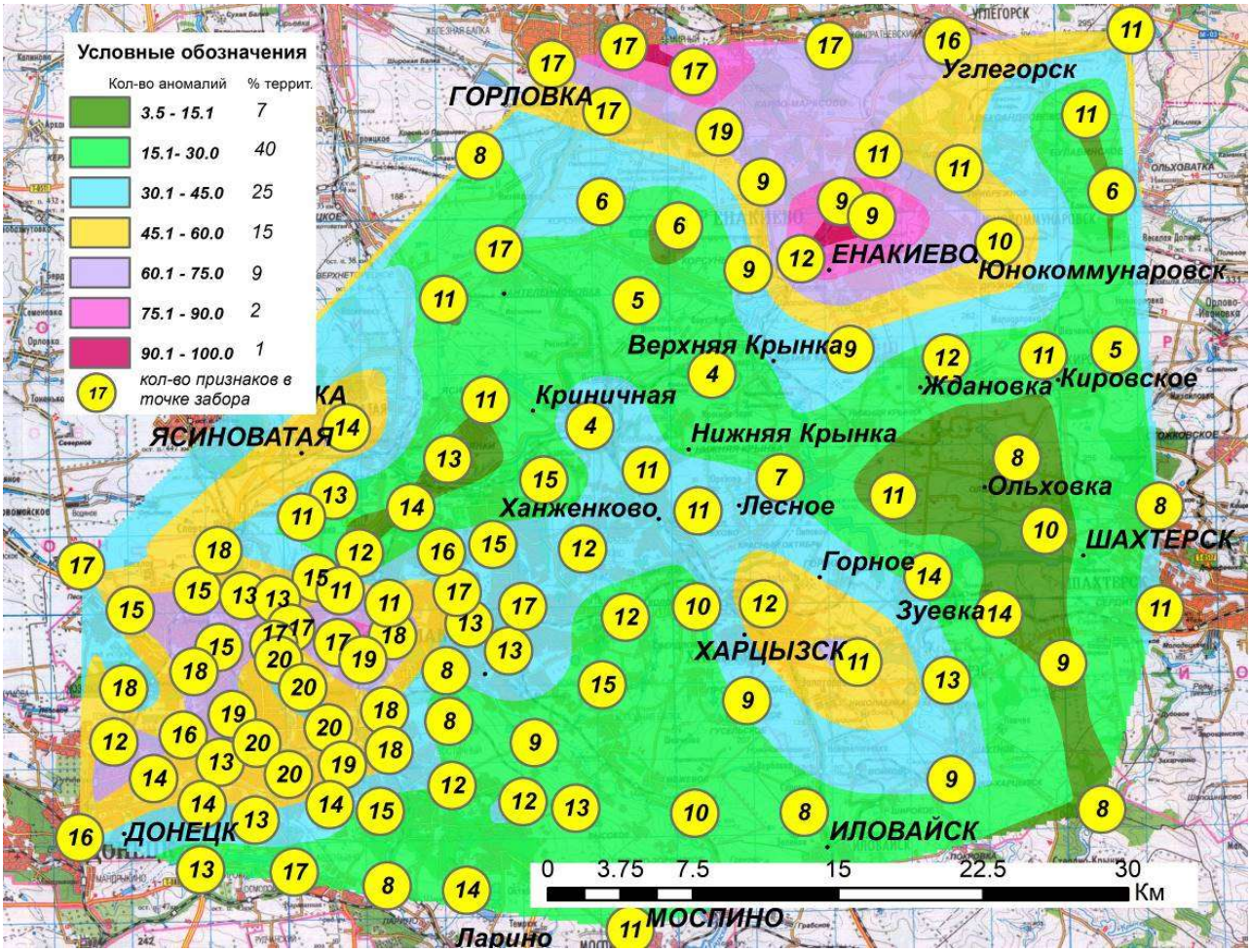


Рис. 2.8 – Распределение данных о численных случаях регистрации атипичного полиморфизма цветковых растений по состоянию на 2020-2021 гг. как вариант бета-разнообразия в условиях экотопов Центрального Донбасса (Гермонова, 2021; Гермонова и Сафонов, 2019а,б, 2023; Сафонов и Гермонова, 2019а)

Следовательно, при формировании карт и ранжированных рядов перехода между экотопами представляется возможность оценки всей территории наблюдений для выделения наиболее концентрированных и (или) благоприятных мест в отношении реакции организмов на факторы среды.

Благодаря ингредиентному анализу растений-индикаторов и сопоставления данных о загрязнении природных сред было определено **22** учетных площадки в категории геохимических аномалий, в которых так же выявлены специфические новообразования у растений для проведения детальной экспертизы. Материалы оформлены в виде цветных бланков с формулами и весовыми коэффициентами (Сафонов, 2022д).

Фактическим продуктом взвешенной фитоквантификации является составление формулы для экотопа с указанием доминантных видов-индикаторов (аббревиатуры по первым буквам видового названия на латинском языке) с соответствующими коэффициентами значимости в привязке к перечню установленных для них приоритетных загрязнителей. Весь диапазон значимости соответствует 100-балльной сумме, в которой остаток выпадает на все остальные показатели. В **итоговую формулу** для экотопа включены только весовые коэффициенты, превышающие значение 2, выражение ранжировано в порядке убывания значимости.

1) $48^0$01'10,2"N; $37^0$47'26,3"E – фитоквантификационная формула по высшим цветковым растениям для геолокалитета: 9Sv-9Pm-9Ci-9Rl-8Ti-7Ar-7Tm-5Dg-5Ev-4Ap-4Tv-4Cb-3Dm-3Pa-2Ca – базовые виды *Senecio vulgaris* L., *Plantago major* L., *Cichorium intybus* L., *Reseda lutea* L., *Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip., *Amaranthus retroflexus* L., *Tragopogon major* Jacq., *Dactylis glomerata* L., *Echium vulgare* L., *Atriplex patula* L., *Tanacetum vulgare* L., *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik., *Diplotaxis muralis* (L.) DC., *Polygonum aviculare* L., *Chenopodium album* L. (62Cu-22Sb-5La – формула ингредиентного импакта, указана здесь и далее в характеристике каждой точки по доминирующим элементам в сравнении с фоновыми концентрациями для региона; информация дана также с весовыми коэффициентами), пробная площадка перспективна для проведения дендроиндикационных исследований, сбора данных по палиноиндикации, тератологическим проявлениям в растениях;

2) $48^0$01'22,1"N; $37^0$48'03,1"E – 10Sv-9Ci-9Bi-9Rl-7Pm-8Ti-6Ar-6Tm-6Dg-5Ev-3Ap-3Tv-3Cb-3Dm-2Pa-2Ca; фитоиндикационный ассектатор *Berteroa incana* (L.) DC. (41Zn-37Rb), для пробной площадки характерно значительное бриоразнообразие в перспективу на формирование стационарного поста активного экологического мониторинга с последующей трансплантацией образцов мохообразных; унификация ландшафтных характеристик позволяет выделить эталонные участки для произрастания видов со значительным искажением фитоиндикационных данных (по установленной анатомо-морфологической пластичности) в градиенте гидрологических режимов (для представителей раннецветущих, например, из семейства капустных);

3) $48^0$01'22,9"N;$37^0$48'50,3"E – 8Pm-8Pp-8Ci-8Sv-7St-6Rl-6Ah-6Pl-6CEa-4Ti-4Ev-4Ap-4Tv-4Cb-3Ar-3Tm-3Dg-2Pa, ассектаторы *Atriplex hortensis* L., *Plantago lanceolata* L., *Centaurea adpressa* Ledeb., *Poa palustris* L., *Salvia tesquicola* Klokov & Pobed. в ряду добавления к базовым видам квантификационной формулы (59Cd-10Tb-10U), учетная площадка с возможной дальнейшей организацией сборов в карпо- и эмбриологическом эксперименте; перспективен сбор

растительного сырья по видам с характерной вторичной осенней ревитализацией, палинологические и тератологические сборы растительного материала;

4) 48^{0}00'34,2"N; 37^{0}47'22,4"E – 10Pm-9Sv-9Sp-8Am-7Er-6Tm-5Dg-5Dm-4Pa-4Ci-4Ti-4Ar-4Ev-4Ap-3Tv-2Cb-2Rl, ассектаторы *Sisymbrium polymorphum* (Murray) Roth*, Artemisia marschalliana* Spreng*., Elytrigia repens* (L.) Nevski (61Cu-12Nd-9Zr), рекомендовано для сбора мохообразных и индикаторных видов цветковых по признакам трансформации женской генеративной сферы, получены важные данные по опушению листовых пластинок и категорий ветвления верхней побеговой формации;

5) 48^{0}00'35,7"N; 37^{0}48'00,1"E – 7Tm-7Dg-7Pc-7Cs-5Ap-5Sv-5Dm-5Pa-3Ca-3Pm-3Ci-3Ev-3Rl-3Ti-2Ar-2Tv-2Cb, ассектаторы *Poa compressa* L., *Centaurea scabiosa* L. (89Pb), точка перспективна для получения контрастных данных в аспекте выживания и формирования измененных вегетативных стратегий по способам реализации подземной репродукции и захвата ресурсозначимой территории в конкуренции за факторы увлажнения (преимущественно) и освещения;

6) 48^{0}00'35,5"N; 37^{0}48'56,2"E – 10Ci-8Rl-8CIa-6Sv-6Pm-6Tm-6Dg-5Ev-5Ap-5Ti-4Ar-4Tv-4Cb-4Dm-3Pa-3Ca ассектатор *Cirsium arvense* (L.) Scop. (62Zn-19U), пробная площадка перспективна для тератологических идентификаций и палинологических исследований, отбора образцов почв в лабораторном фитотестировании на проростках и по ризологической реакции на загрязнитель;

7) 48^{0}00'10,3"N; 37^{0}47'34,0"E – 9Av-9Sv-9Bi-7Pm-7Ci-7Rl-6Ti-5Ar-5Tm-5Dg-5Ev-4Ap-4Tv-3Dm-3Pa-3Ca-2Cb, ассектаторы *Artemisia vulgaris* L., *Bromopsis inermis* (Leyss.) Holub (55Ni-23Ta), пробная площадка перспективна для проведения дендро- и бриоиндикационных исследований, сбора данных для карпологической и палиноиндикации;

8) 47^{0}59'49,2"N; 37^{0}47'52,4"E – 10Sv-10Ci-10Cx-5Pm-5Rl-5Ti-5Ar-4Tm-4Dg-4Ev-3Ap-3Tv-3Cb-2Dm-2Pa-2Ca, фитоиндикационный ассектатор *Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt.) Fresen. (34Co-22Sb-20La), учетная площадка с возможной дальнейшей организацией сборов в карпо- и эмбриологическом эксперименте [12], перспективен сбор растительного сырья по видам с характерной вторичной осенней ревитализацией, палинологические и тератологические данные растительного материала;

9) 47^{0}59'47,1"N; 37^{0}48'32,0"E – 11Cd-9Sv-9As-8St-8Pm-5Tm-5Dg-5Ev-4Ap-4Ci-4Rl-4Ti-4Ar-3Pa-3Ca-3Tv-3Cb-2Dm, ассектаторы *Centaurea diffusa* Lam., *Salvia stepposa* Des.-Shost., *Agrostis stolonifera* L. (44Hg-23Eu-22Zr), точка перспективна для получения контрастных данных в аспекте выживания на аутфитоиндикационном уровне и формирования измененных вегетативных стратегий по способам подземной репродукции и захвата ресурсозначимой территории в конкуренции за основные факторы увлажнения и освещения;

10) 47^{0}59'32,8"N; 37^{0}47'46,6"E – 9Ci-9Rl-9Ma-9Ab-4Sv-4Pm-4Ti-4Ar-4Ap-4Tv-4Tm-4Dg-4Ev-3Pa-2Ca-2Cb-2Dm, ассектаторы в числе фитоиндикаторов *Artemisia absinthium* L., *Melilotus albus* Medik. (41Al-21Yb-10Th-9Ce), учетная

площадка с возможной дальнейшей организацией сборов в карпо- и эмбриологическом эксперименте, перспективен сбор растительного сырья по видам с характерными ранневесенним цветением и вторичной осенней ревитализацией, палинологические и тератологические сборы растительного материала;

11) $48^0$01'55,3"N; $37^0$53'45,7"E – 8Sv-8Pb-8Tm-7Pm-7Tv-6Cb-6Dm-5Ci-5Rl-4Ti-4Ar-4Dg-4Ev-4Ap-3Pa-3Ca, ассектатор *Poa bulbosa* L. (65Ni-19Sm), пробная площадка перспективна для тератологических идентификаций (преимущественно эмбриотоксического эффекта) и палинологических исследований, отбора образцов почвогрунтов для лабораторного фитотестирования на проростках;

12) $47^0$59'56,1"N; $37^0$58'25,5"E – 10An-9Sv-9Ph-6Pm-6Ci-6Rl-6Ti-6Ar-6Tm-3Dg-3Ev-3Ap-3Tv-2Cb-2Pa-2Ca-2Dm, ассектаторы *Achillea nobilis* L., *Papaver rhoeas* L. (49Zn-12Cs-10Ce-10Zr), пробная площадка перспективна для проведения дендро- и бриоиндикационных исследований, сбора данных по палиноиндикации, отбора образцов почвы для сравнительного фитотестирования в лабораторных условиях;

13) $48^0$04'27,9"N; $37^0$58'27,6"E – 9Ci-9Pp-8Sv-8Fs-8Co-8Pm-5Rl-5Ti-5Ar-5Tm-5Dg-5Ev-5Cb-4Dm-4Pa-4Ca-2Ap-2Tv, ассектаторы фитоиндикационной значимости *Poa pratensis* L., *Fumaria schleicheri* Soy.-Willem., *Centaurea orientalis* L. (66Co-27Ti-6Sb), для пробной площадки характерно значительное бриоразнообразие и перспективно дальнейшее формирование стационарного поста активного экологического мониторинга с трансплантацией образцов мохообразных, рекомендован отбор проб почвогрунтов для фитотестирования, сравнительной диагностики в лабораторном эксперименте;

14) $48^0$02'28,5"N; $38^0$06'53,0"E – 10Rl-9Dc-8Ti-7Ar-7Tm-5Dg-5Sv-5Dm-5Pa-5Ca-5Pm-4Ci-4Ev-3Ap-3Tv-2Cb, ассектатор *Dianthus campestris* M. Bieb. (71Fe-11Cs), учетная площадка с возможной дальнейшей организацией сборов в карпо- и эмбриологическом эксперименте, перспективен сбор растительного сырья по видам с характерной вторичной осенней ревитализацией и цветением (пыльцевые атаки), палинологические и тератологические сборы растительного материала, сбор семенного материала для натурного эксперимента;

15) $48^0$03'00,7"N; $38^0$09'56,1"E – 11Sv-10Mo-10Pm-9Ci-7Rl-7Ti-4Ar-4Tm-4Dg-4Ev-4Ap-4Tv-4Cb-4Dm-2Pa-2Ca, ассектатор *Melilotus officinalis* (L.) Pall. (63Co-18Eu), рекомендовано для сбора мохообразных и индикаторных признаков цветковых по признакам трансформации женской генеративной сферы, установлены эмбриотропные эффекты, получены важные данные по опушению листовых пластинок и вариантов нетипичного ветвления верхней побеговой формации;

16) $48^0$01'24,0"N; $38^0$10'15,8"E – 12Rl-10Aa-8Ti-8Pa-7Lt-7Ca-5Sv-4SAv-4Pm-3Ci-3Ar-3Tm-3Dg-3Ev-2Ap-2Tv-2Cb-2Dm, ассектаторы *Ambrosia artemisiifolia* L., *Lactuca tatarica* (L.) C. A. Mey., *Salvia verticillata* L. (47Cu-21Sr-9W), пробная площадка перспективна для тератологических идентификаций и палинологических исследований, отбора образцов почв для лабораторного фитотестирования;

17) 48^{0}04'05,9"N; 38^{0}15'09,1"E – 9Sv-9Dc-8Pm-8Rc-7Ci-6Rl-5Ti-5Ar-4Tm-4Dg-3Ev-3Ap-3Tv-3Cb-2Pa-2Ca, ассектаторы *Daucus carota* L., *Rumex crispus* L. (83Hg-7Sb), пробная площадка перспективна для проведения дендро- и бриоиндикационных исследований, сбора данных по палиноиндикации, важен отбор образцов почвогрунтов для сравнительного фитотестирования;

18) 48^{0}01'36,2"N; 38^{0}15'39,7"E – 11Ci-10Gp-9Sv-9Pm-9Am-8Dg-5Ev-4Ap-4Rl-4Ti-4Ar-4Tm-2Ca-2Dm-2Pa, ассектаторы *Gipsophila paniculata* L., *Atriplex mircantha* C. A. Mey., (58Cd-14Dy-9Yb), пробная площадка перспективна для тератологических идентификаций и палинологических исследований, базового отбора образцов почв для лабораторного фитотестирования по ризологическому критерию;

19) 48^{0}00'49,5"N; 38^{0}16'15,8"E – 10Sv-9Sn-9Pm-8Ci-8Ar-7Tm-6Dg-6Ev-5Ap-5Tv-5Cb-4Dm-4Ti-4Pa-4Rl-4Ca, ассектатор *Salvia nutans* L. (69Ni), пробная площадка перспективна для проведения дендро- и бриоиндикационных исследований, сбора данных по палиноиндикации;

20) 48^{0}02'56,6"N; 38^{0}28'28,8"E – 8Na-8Tm-8POa-7Dg-7Ev-7Sv-7Pm-6Ci-5Rl-5Dm-5Pa-2Ca-2Ti-2Ar-2Ap-2Tv-2Cb, ассектаторы *Nigella arvensis* L., *Poa annua* L. (62Fe-24Hf), пробная площадка перспективна для тератологических идентификаций и палинологических исследований, отбора образцов почв для лабораторного фитотестирования на основании семядольной разницы (син- и схизокотилия);

21) 48^{0}01'17,0"N; 38^{0}38'29,2"E – 9Sv-9POan-9Pm-9Ci-9Rl-8Ti-8Ar-7Tm-5Dg-5Ev-4Ap-3Tv-3Cb-2Dm-2Pa-2Ca, ассектатор *Poa angustifolia* L. (55Cu-13Yb), для пробной площадки характерно значительно бриоразнообразие в перспективу на формирование стационарного поста активного экологического мониторинга с трансплантацией образцов мохообразных;

22) 48^{0}02'18,9"N; 38^{0}46'02,3"E – 10Pm-9Ss-9Ci-8Sv-8Rl-7Ti-7Ar-6Tm-6Dg-5Ev-5Ap-5Tv-4Dm-4Pa-3Ca-2Cb, ассектатор *Stellaria subulata* Boeber ex Schlecht. (60Hg-17Sc-9Zr), учетная площадка с возможной дальнейшей организацией сборов в карпо- и эмбриологическом эксперименте, перспективен сбор растительного сырья по видам с характерной вторичной осенней ревитализацией, палинологические и тератологические сборы растительного материала.

Предложенная и внедренная система формализованного описания фитоиндикационной значимости экотопа в привязке к монодоминантному загрязнителю (на практике это 3-4% от всего количества учетных площадок в общей мониторинговой сети Центрального Донбасса) и указанию видов-ассектаторов в диагностическом отношении является удобным документальным инструментом для рабочего процесса идентификации основных факторов из числа ингредиентных загрязнителей природных сред.

Определенные 22 учетные площадки с характерными признаками на сегодня являются модельными стационарами для ежегодного наблюдения с целью установления динамики процессов антропогенного воздействия.

Проведена количественная оценка по фитоиндикационному критерию и качественная перспектификация для всех описанных мониторинговых точек в отношении дальнейших параллельных ботанико-экологических экспертиз и локальных тестовых экспериментов на региональном уровне.

Формирование специфического геохимического контраста в таких локальных условиях позволяет выделить специфические признаки, которые появляются в растительных организмах, проявляя свойства индикационных. Затем все признаки проверяются по частоте встречаемости для всей мониторинговой сети. Такой механизм выбора индикационных характеристик реализует целевую программу поиска перспективных данных, что особо ценно, поскольку осуществляется в открытом натурном эксперименте.

Каждая пробная площадка (2018-2020 гг.) была подробно изучена и составлены (указаны) перспективы использования для реализации фитоиндикационного эксперимента. Предположительно все выявленные аномалии связаны с узкоспециализированным локальным воздействием техногенного фактора на природные среды.

Для указанных 22 геохимических аномалии стало возможным выделить характерные проявления фитотератогенеза на морфологическом уровне в результате техногенного загрязнения экотопов Центрального Донбасса.

– Cu-Sb-La (48^{0}01'10,2"N; 37^{0}47'26,3"E) – петалоидное превращение листьев *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik., дистопия листорасположения и изменение характера ветвления *Polygonum aviculare* L.;

– Rb (48^{0}01'22,1"N; 37^{0}48'03,1"E) – укорочение оси при скученности соцветий *Bromopsis inermis* (Leyss.) Holub; гипогенезия и фасциация побегов *Diplotaxis muralis* (L.) DC., дистопия листорасположения *Galinsoga parviflora* Cav., фасциации осей спорофита *Campylopus pulvinatus* (Hedw.) Brid.;

– Tb-U (48^{0}01'22,9"N; 37^{0}48'50,3"E) – специализация трихом ретортообразного типа и полимеризация листьев *Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip., нетипичная пролификация спорофита *Bryum caespiticium* Hedw.;

– Nd-Zr (48^{0}00'34,2"N; 37^{0}47'22,4"E) – ложное ветвление соцветий (расщепление) *Sisymbrium polymorphum* (Murray) Roth; гипергенезия листьев *Plantago lanceolata* L.;

– Pb (48^{0}00'35,7"N; 37^{0}48'00,1"E) – фасциации осей соцветий и матрикальная гетерокарпия *Senecio vulgaris* L., пролификация цветков и соцветий *Plantago major* L.;

– Zn-U (48^{0}00'35,5"N; 37^{0}48'56,2"E) – складчатость и деформация листовой пластинки *Berteroa incana* (L.) DC.;

– Ni-Ta (48^{0}00'10,3"N; 37^{0}47'34,0"E) – гипогенезия побега *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth, скручивание и изгиб стебля, тератологическая схизокотилия *Reseda lutea* L., гипогенезия листа *Didymodon purpureus* (Hedw.) Hook. & Taylor;

– Co-Sb-La (47^{0}59'49,2"N; 37^{0}47'52,4"E) – тератные пыльцевые зерна и фасциации осей соцветия *Dactylis glomerata* L., фасциация побегов *Centaurea diffusa* Lam.;

– Hg-Eu (47^{0}59'47,1"N; 37^{0}48'32,0"E) – дистопия и деформация побега *Atriplex patula* L.;

– Al-Yb-Th-Ce (47^{0}59'32,8"N; 37^{0}47'46,6"E) – пролификая цветков, специализация трихом нитчатого типа *Cichorium intybus* L.;

– Ni-Sm (48^{0}01'55,3"N; 37^{0}53'45,7"E) – полимеризация побега *Amaranthus retroflexus* L.;

– Cs-Ce-Zr-Zn (47^{0}59'56,1"N; 37^{0}58'25,5"E) – матрикальная гетерокарпия *Stellaria subulata* Boeber ex Schlecht., петалоидное превращение листьев *S. polymorphum*;

– Ti-Sb (48^{0}04'27,9"N; 37^{0}58'27,6"E) – тератологическая синкотилия *Atriplex mircantha* C.A.Mey., складчатость листовой пластинки *Fumaria schleicheri* Soy.-Willem, пролификация цветков *Convolvulus arvensis* L.;

– Fe-Cs (48^{0}02'28,5"N; 38^{0}06'53,0"E) – гипергенезия листьев и гипогенезия побега *Glaucium corniculatum* (L.) Rudolph;

– Co-Eu (48^{0}03'00,7"N; 38^{0}09'56,1"E) – тератологическая схизокотилия *C. intybus;* матрикальная гетероспермия *Gipsophila paniculata* L., изменение характерной формы листовой пластинки *Cirsium arvense* (L.) Scop.;

– Cu-Sr-W (48^{0}01'24,0"N; 38^{0}10'15,8"E) – хориза органов цветка и нарушение характера ветвления побега *Tanacetum vulgare* L., фасциации осей гаметофита *Brachythecium campestre* (Müll.Hal.) Bruch et al.;

– Hg-Sb-Cd (48^{0}04'05,9"N; 38^{0}15'09,1"E) – пролификация цветков и соцветий *P. major*, пролификация соцветий *Moehringia trinervia* (L.) Clairv.;

– Dy-Yb-Cd (48^{0}01'36,2"N; 38^{0}15'39,7"E) – дистопия элементов гаметофита в общей архитектонике прироста *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid, хориза различных частей цветка *Chenopodium album* L., фасциации осей соцветия *Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt.) Fresen.;

– Ni (48^{0}00'49,5"N; 38^{0}16'15,8"E) – тератологическая синкотилия *Dianthus campestris* M. Bieb, ложное ветвление соцветий, габитуальные тераты *C. intybus*;

– Fe-Hf (48^{0}02'56,6"N; 38^{0}28'28,8"E) – олигомеризация листовой пластинки *Sagina procumbens* L.; пролификация цветка *Nigella arvensis* L.;

– Cu-Yb (48^{0}01'17,0"N; 38^{0}38'29,2"E) – фасциации листовых пластинок *Portulaca oleracea* L., дистопия гаметофита *Chamberlainia salebrosa* (Hoffm. ex F. Weber & D. Mohr) H. Rob.;

– Hg-Sc-Zr (48^{0}02'18,9"N; 38^{0}46'02,3"E) – дистопия листорасположения *Alsine media* L., гипогенезия побега *Chelidonium majus* L.

Причин проявления нетипичной гетерогенности может быть множество, однако частные примеры индикации подтверждают наличие информационных корреляций нескольких признаков структурно-функционального характера или в соответствии с макроклиматическими трендами, например, при констатации общей тенденции проявления ксероморфных признаков.

В полевых исследованиях по установлению структурно-функциональной гетерогенности растений техногенные экотопы ранжированы в порядке убывания токсичности импакта: от металлургических и коксохимических предприятий, через объекты горнодобывающего и перерабатывающего

комплексов, а также рудеральные полигоны к урбанизированным ландшафтам и селитебным территориям в Донбассе.

Дифференцировать характер моноэлементного загрязнения в участках специфической геохимической активности по результатам полевых исследований и камеральных морфоструктурных квантификаций представляется возможным в эмпирическом обобщении нескольких путей тератогенеза изученных видов растений:

– варианты нарушения побегообразования, фасциации и характер опушения листовой пластинки и поверхностей органов, по-видимому, больше связаны с запыленностью воздуха;

– примеры гипергенезии и гипогенезии являются результатом хронического взаимодействия растений со специфически агрессивным субстратом посредством долгосрочных физиологических преобразований;

– нарушения в строении элементов диссеминации фрагментарно могут быть результатом острых воздействий подвижных токсичных элементов из почвенного раствора или с выпадением осадков;

– диагностируемые соматические новообразования и аномалии в строении растений, безусловно, связаны с процессами нарушения роста и развития посредством реализации разных сценариев проявления уязвимости или реакционной способности меристем при дальнейшей специализации тотипотентных клеток в специфические гистологические структуры, что в итоге отражается на морфологическом уровне в строении растений.

Указанные тератные проявления (Сафонов, 2022з) оценены как структурно-функциональный отклик растительного организма на действие фактора специфического стресса и как форму проявления адаптивной модификации в динамически нестабильных природных и квазиприродных системах.

Таким образом, в условиях антропогенных трансформаций и урбанизации территории возникают дополнительные факторы, стимулирующие гетерогенные реакции растительных организмов в ответ на полистрессовую ситуацию.

Адаптационные механизмы, позволяющие виду сохранить свои естественные дискретные характеристики (на примере перечисленных конкретных видов), проявляются в гетероморфном строении, которое по характеру колебаний размерных амплитуд и территориальной приуроченности рассматривается в качестве индикаторного свойства и позволяет использовать данные в фитоиндикационном мониторинге и при проведении экологической экспертизы на больших территориях, что доказано на примере нескольких районов г. Донецка и всей мониторинговой сети Центрального Донбасса.

Структурные аномалии в растении с широкой экологической амплитудой реализуются по сопряженной схеме, затрагивая одновременно модификации в нескольких органах и системах органов. Визуальным маркером такой индикации являются, например, фасциации цветоноса и соцветий; многие другие признаки проходят идентификацию в камеральных условиях при микроскопировании и статистическом учете всех регистрируемых структурных отклонений от нормы (Сафонов, Калинина, Палагута, 2024).

Идентификация неблагоприятных экологических эффектов по показателям морфогенеза растительных организмов является распространённой практикой (Демьяненко, 2021; Илларионова, 2008; Косумов, Сулумханова, Оказова, 2024; Корниенко и Калаев, 2018; Калинина, 2022а; Демьяненко и Наумова, 2018; Жуйкова, Мелинг, Попова, 2023; Левченко и Фрунзе, 2023; Папян, Опекунова, Ильина, Ягафарова, 2021; Ширвани и др., 2014; Boyarskikh, Klyuchevskaya, Syso, Agatova, 2020; Dalle Fratte, Brusa, Zanzottera, Cerabolini, Pierce, 2019).

Для Донбасса статистический учет нетипичных форм строения растений был проведен и визуализирован в разные годы, например, в 2021 г. (рис. 2.9).

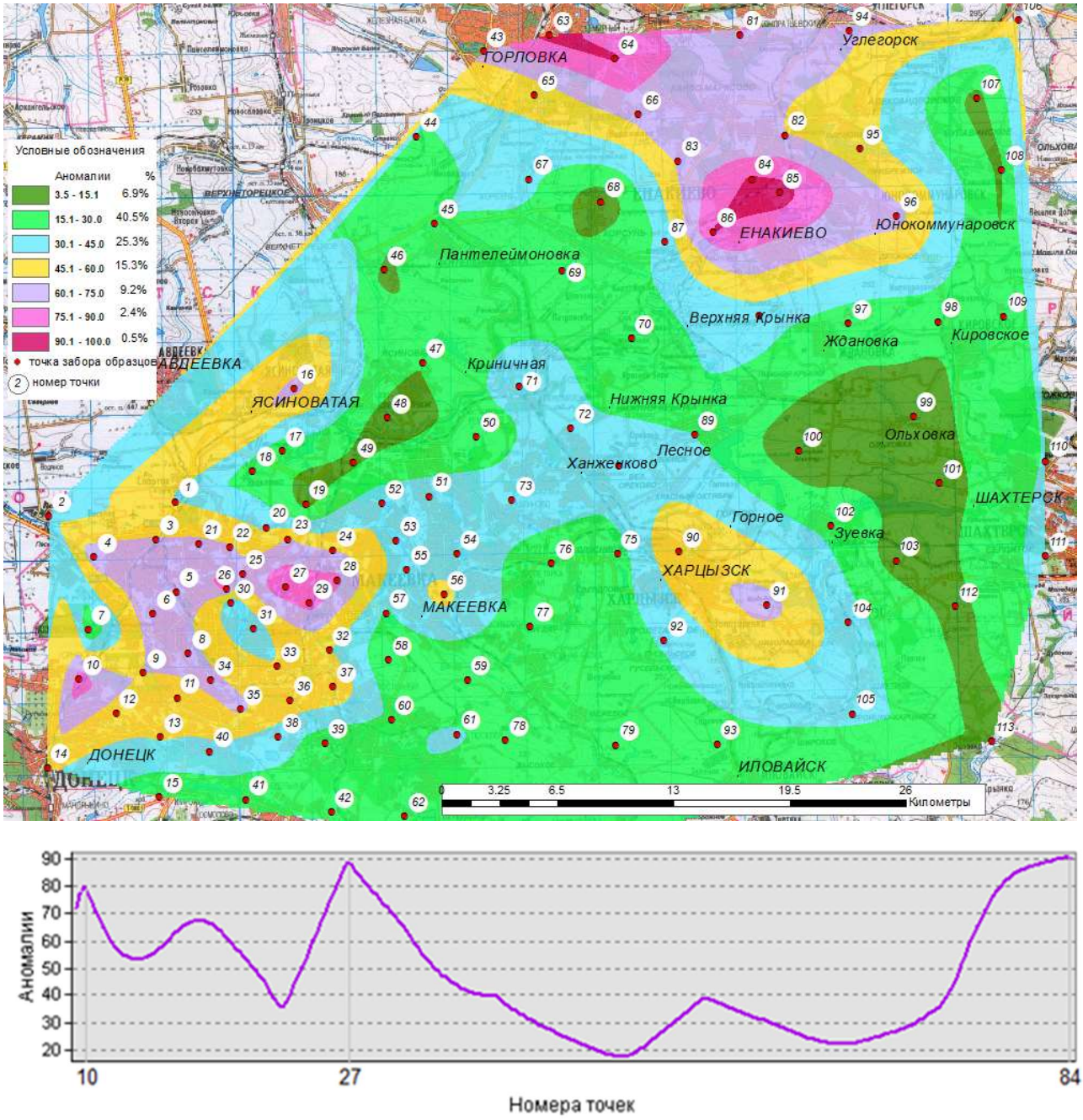


Рис.2.9 – Визуализация общей выраженности тератогенеза растений на территории Центрального Донбасса в 2021 г. (суммационный критерий), ландшафтный профиль показателей, соединяющий точки 10-84 в градиенте техногенной нагрузки

Структурная разнокачественность растений проявляется как следствие в ответ на факторы среды, характеризующиеся стрессовыми; это вполне закономерный эволюционный процесс как механизм адаптации к меняющимся условиям (Erofeeva, 2022c; Muszyńska & Labudda, 2019; Porcher, Kangasjärvi, 2024; Durant, Bhasin, Juenger, Heckman, 2024; Fenesi, Sándor, Ruprecht, Pyšek, Pergl, Essl, Dawson, Kreft, Weigelt, Winter, Van Kleunen, 2019; Ren, Wang, Yang, Illarionova, 2020; Kolupaev, Karpets, Yastreb, Shemet, Bhardwaj, 2020; Schäfer, Jackson, Juvigny-Khenafou, Osakpolor, Posthuma, Schneeweiss, Spaak, Vinebrooke, 2023).

Методом многоступенчатого подбора наиболее оптимальных интервалов в учете тератологического полиморфизма используемых растений индикаторов была составлена карта 9-ступенчатого значения максимального диапазона частоты встречаемости тератоморф для всей мониторинговой сети Центрального Донбасса (рис. 2.10).

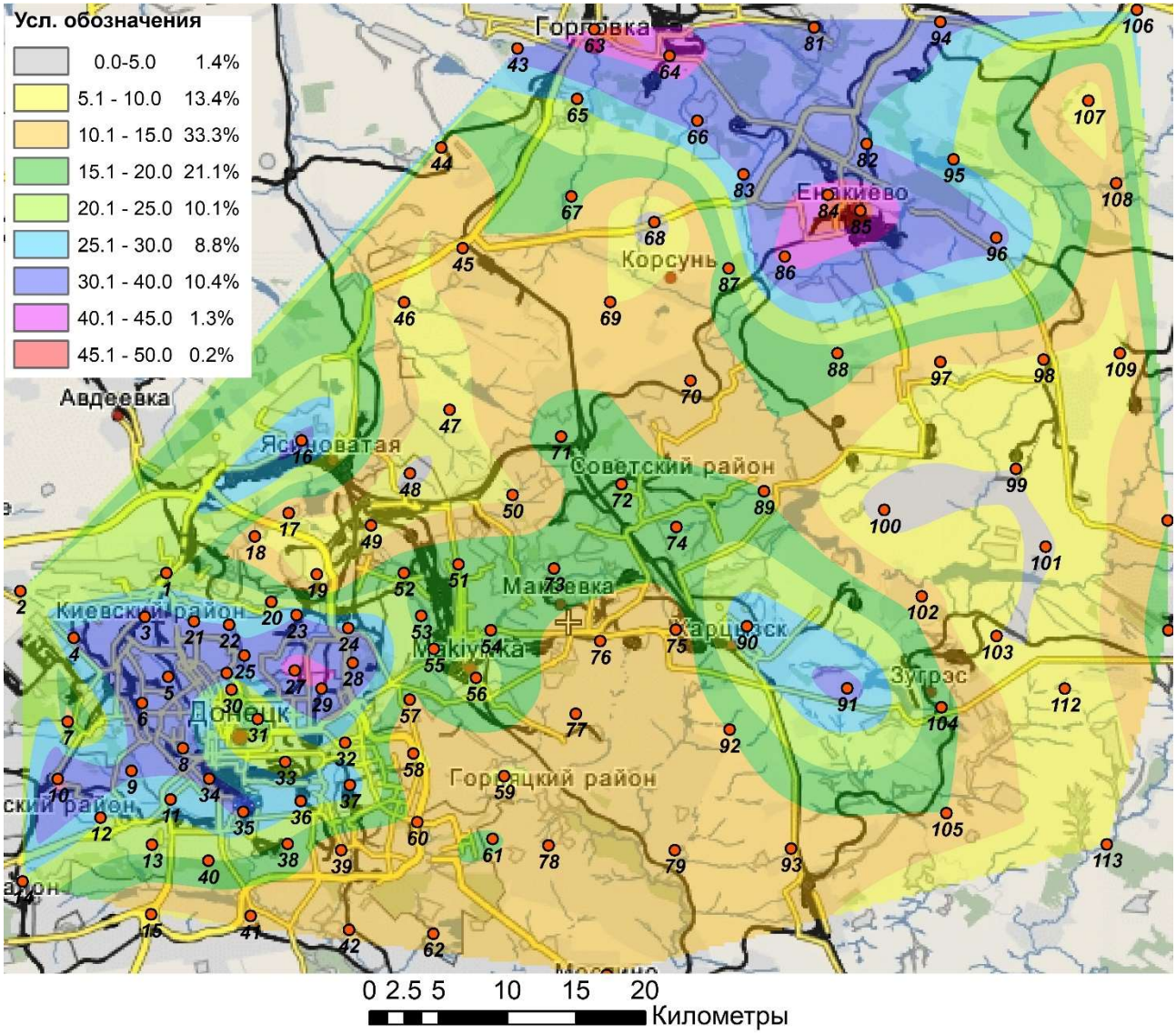


Рис.2.10 – Данные частоты встречаемости тератогенеза растений в рамках мониторинговой сети Донбасса (учет суммы 2017-2019 гг.) – многоступенчатая шкала визуализации

Тяготение высоких показателей фитотератогенности к местам антропогенных трансформаций в открытых природных системах является закономерным (Abrica-González, Gómez-Arroyo, Jazcilevich-Diamant, Sotelo-López, Flores-Márquez, Cortés-Eslava, 2023; Agathokleous, Feng, Blande, Peñuelas, 2023; Basu & Kovalchuk, 2010; Gómez-arroyo, Barba-garcía, Arenas-huertero, Cortés-eslava, García-martínez, 2018; Hanousková, Záková, Najmanová, Košnář, Tlustoš, Rychlíková, 2021), поэтому были предприняты попытки систематизации таких данных, результаты которых изображены на рис. 2.11 и 2.12. Сделаны выводы, что по совокупности этих данных можно проводить территориальное зонирование при определении неблагоприятных участков по критериям роста и развития растительных организмов.

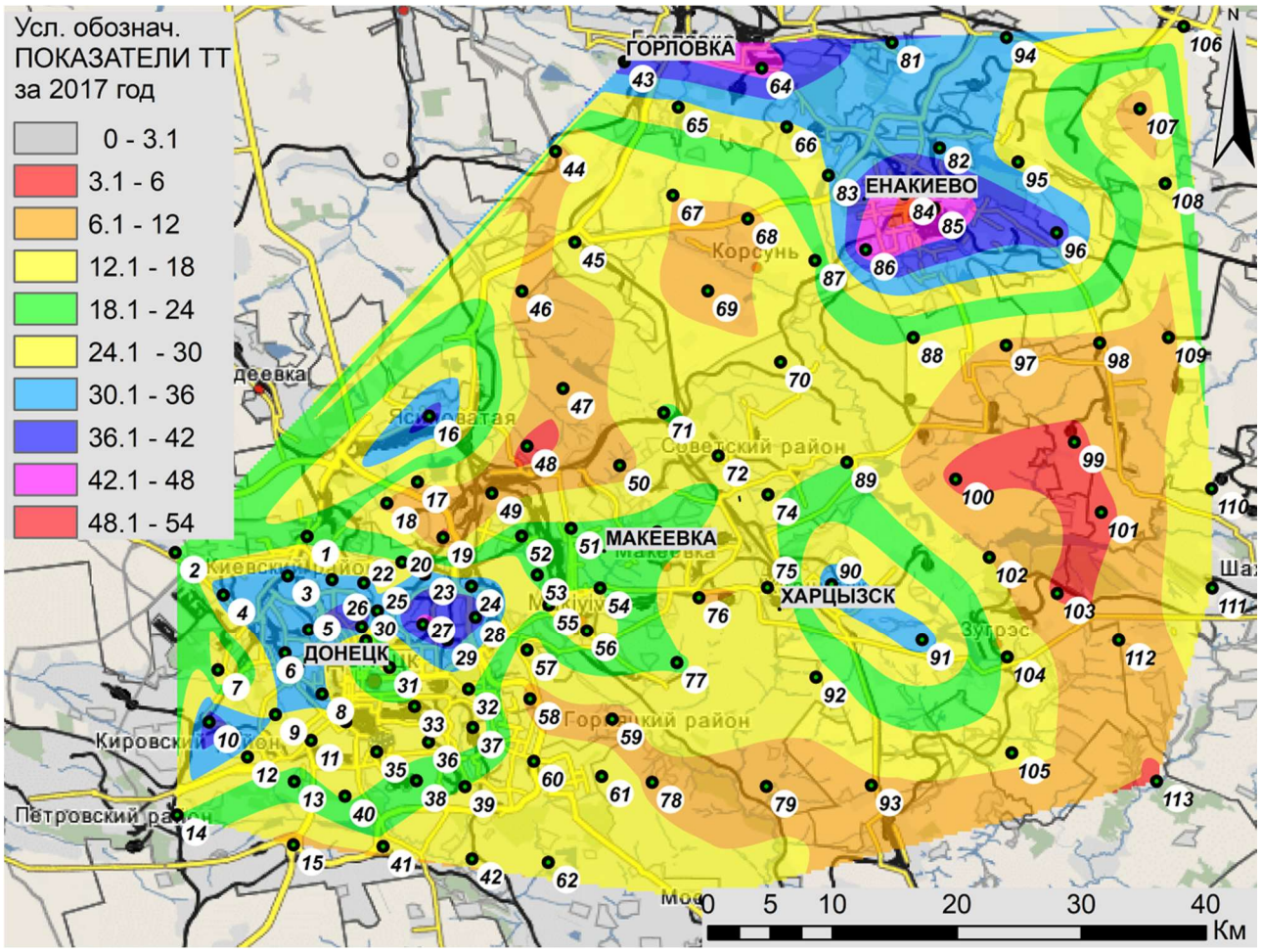


Рис. 2.11 – Значение показателя общей фитотератогенности на территории Донбасса в 2017 г. (Гермонова и Сафонов, 2023а)

Особенностью создаваемой карты является оттеночная дифференциация для выделения оттенками красного именно тех участков, которые либо максимально подвержены трансформации, либо максимально сохранили квазиприродные характеристики для дальнейшего использования при обосновании создания экологических коридоров в системе природно-заповедного фонда на этой территории.

Для наглядного сравнения (рис. 2.12) была построена карта с теми же интервальными значениями по результатам 2022 г. сборов материалов, отмечена устойчивая динамика по расширению благоприятного экологического коридора в тыловой части Донецкой Народной Республики и увеличению неблагоприятных эффектов на линии соприкосновения в западном и северо-западном участках мониторинговой сети, что отражено на карте большей площадью территорий неблагоприятных эффектов.

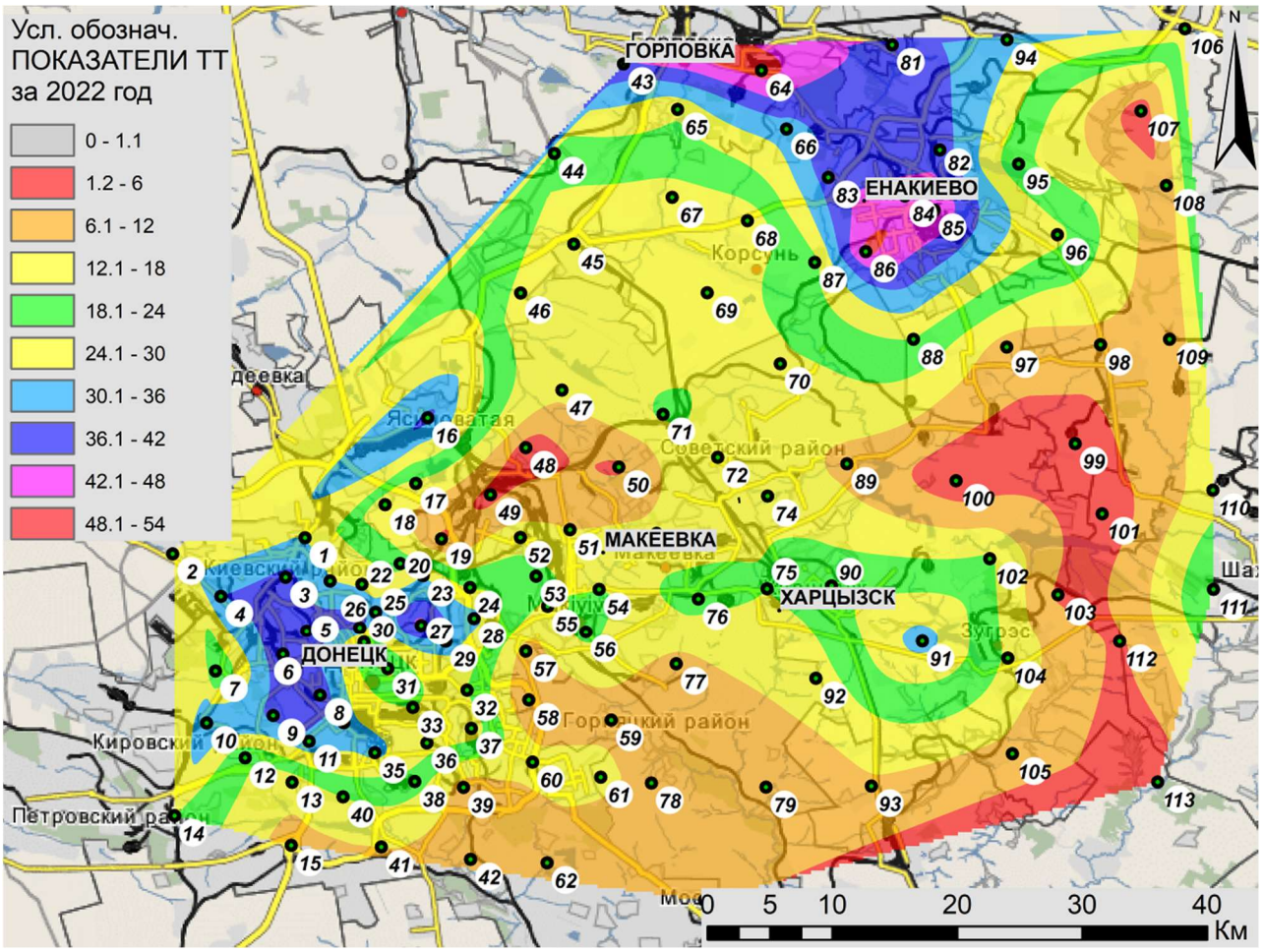


Рис. 2.12 – Значение показателя общей фитотератогенности на территории Донбасса в 2022 г. (Гермонова и Сафонов, 2023а)

Незначительные колебания морфоструктурных показателей дикорастущих растений являются нормой для естественных популяций, однако устойчивая 5-летняя динамика по смещению ареолов их значений в территориальном аспекте является указателем наличия движущих факторов интенсификации этого процесса. При условии действия загрязняющего фактора (Haq, Bhatti, Dar, Bhat, 2020; Hosseini, Sobhanardakani, Cheraghi, Lorestani, Merrikhpour, 2020; Khalid, Noman, Nazir, Tufail, Hadayat, Alzuaibr, Ikram, Akhter, Hussain, Aqeel, 2023; Klepikov, Kurolap, Prozhorina, 2022) такая тенденция неблагоприятных эффектов состояния растений (Mleczek, Borowiak, Budka, Niedzielski, 2018; Qin, Zhang, Xue, Ma, Yu, 2022) является закономерной и используется в индикационной ботанике факторов техногенеза.

Поскольку картографический материал является функционально интерактивным источником детальных сведений при выявлении особенностей и закономерностей изменения показателей, то использованный метод формирования профиля (по динамике в территориальном смещении по прямой, соединяя крайние точки системы мониторинга, мониторингового поля) является приемлемым для установления тенденций и изменений показателей за несколько лет (рис. 2.13 и 2.14), чтобы констатировать наличие динамики в индикаторных показателях строения экосистем.

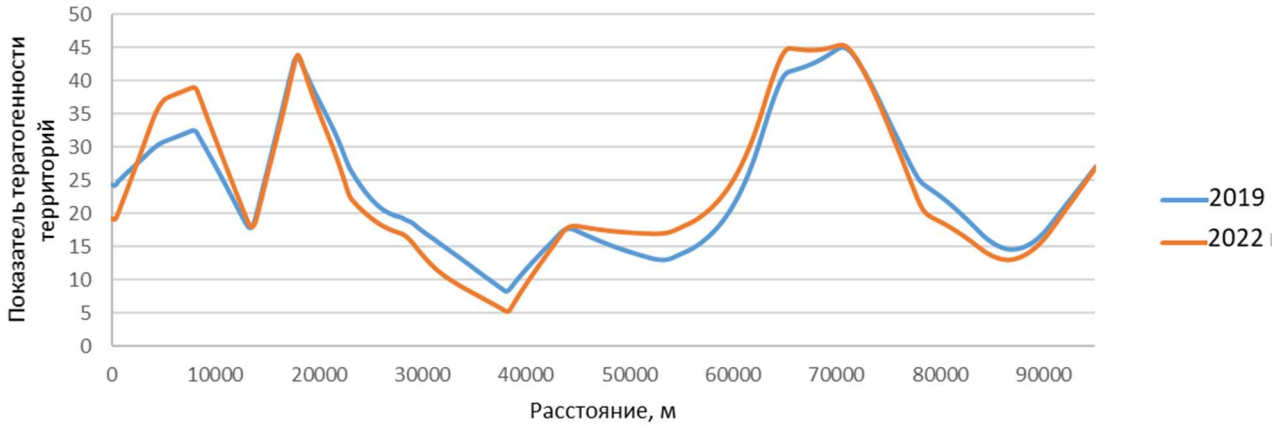


Рис. 2.13. – Фитоиндикационный ландшафтный профиль динамики уровня тератогенности в мониторинговой сети Центрального Донбасса в направлении между крайними точками юго-западного и северо-восточного направления (динамика за 3 года)

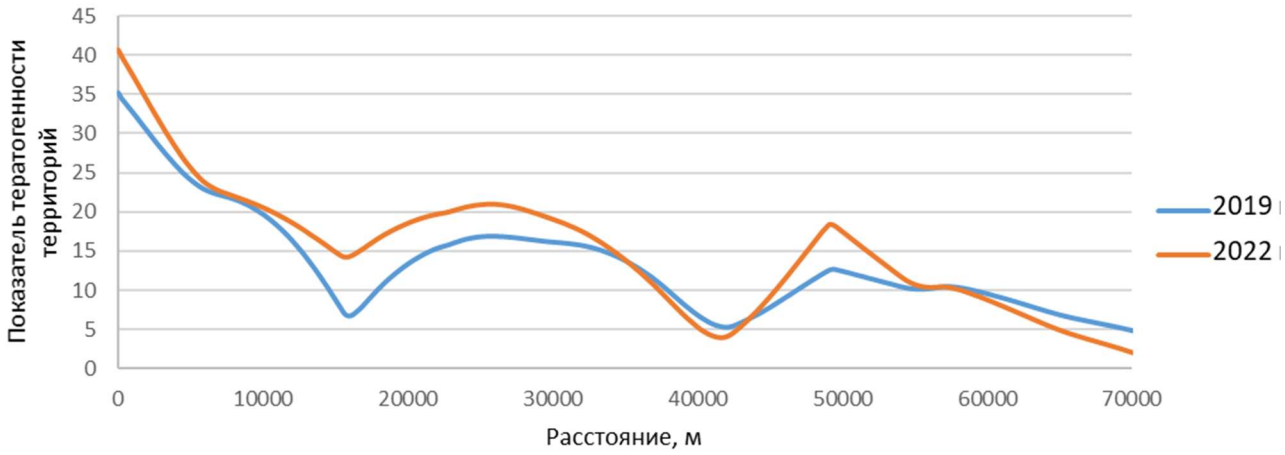


Рис. 2.14 – Фитоиндикационный ландшафтный профиль динамики уровня тератогенности в мониторинговой сети Центрального Донбасса в направлении между крайними точками северо-западного и юго-восточного направления (динамика за 3 года)

Полученные закономерности (Гермонова и Сафонов, 2013а,б,в, 2024; Зиньковская, Сафонов., Юшин, Неспирный, Гермонова, 2024) явились одной из причин дальнейшего детального рассмотрения процессов полемострессовых ситуаций в ботанико-экологическом мониторинге для территории Донбасса за период военного сопротивления в разрезе 2014-2024 гг.

Ландшафтные системы являются открытыми экологическими компонентами природной среды и испытывают воздействия трансформации (Mazhari, Kapourchal, Homaee, 2024; Ruseva, Minnikova, Kolesnikov, Trufanov, Minin, Revina, Gaivoronsky, 2024; Singh, Singh, Rajput, Singh, 2023) и химического загрязнения (Baroni, Ancora, Franzaring, Loppi, Monaci, 2023; Kolesnikov, Zubkov, Zharkova, Kazeev, Akimenko, 2019; Cepoi, Valuta, Codreanu, Rudi, Chiriac, Zinicovscaia, Yushin, Grozdov, Peshkova, 2022; Lavanya, Viswanath, Sivapullaiah, 2024).

Показатели общего тератогенеза – это комплексные статистические индексы, поэтому вполне логично было проверить закономерности пространственного распределения их составляющих для выявления закономерностей или их отсутствия в общей системе оценивания экотопов по отдельным критериям, например, в вегетативной сфере (рис. 2.15) и для генеративных органов (рис. 2.16).

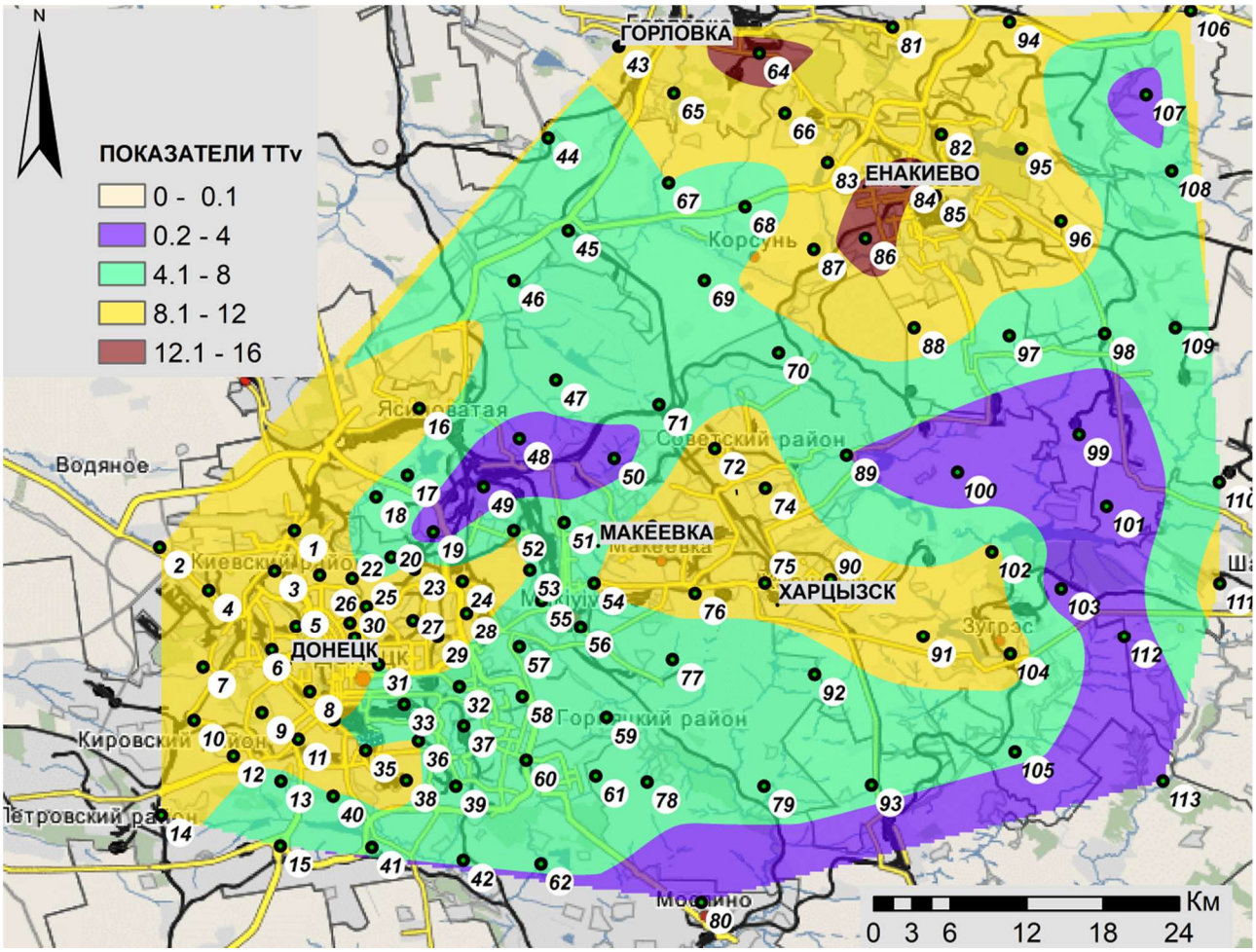


Рис. 2.15 Дискретность показателя тератогенных эффектов по критерию атипичности вегетативной сферы в 2022 г. (Сафонов и Гермонова, 2023, Гермонова и Сафонов, 2023)

Изучение процессов нетипичного морфогенеза вегетативных органов растений-индикаторов является также объектом научного интереса многих ученых (Abraham, Veski, Pędziszewska, Weiser et al., 2021; Boch, Küchler, Küchler, Bedolla, Ecker, Graf, Moser, Holderegger, Bergamini, 2022; Delalandre, Violle, Coq,

Garnier, 2023; Erdős, Kiss, Kröel-Dulay, Molnár, Ambarlı, Anenkhonov, Bátori, Tölgyesi, Cserhalmi, Liu, Magnes, Naqinezhad, Semenishchenkov et al., 2018; Jaźwa, Heise, Klimek, 2016; Midolo, Axmanová, Divíšek, Dřevojan, Lososová, Večeřa, Karger, Thuiller, Bruelheide, Aćić, Attorre, 2024; Novenko & Volkova, 2015; Opekunova, Nikulina, Opekunov, Arestova, Somov, Kukushkin, Lisenkov, 2024; Sperandii, Bazzichetto, Mendieta-Leiva, Schmidtlein, Bott, de Lima, Pillar, Price, Wagner, Chytrý, 2024).

Отдельные исследования посвящены генеративной сфере растительного организма как одной из самых консервативных в попытке сохранения признаков вида, так и более чувствительной к факторам специфического стресса (Albert, Bitomský, Götzenberger, Mudrák, Klimešová, 2022; Baskin, Baskin, 2023; Bauer, Huber, Kollmann, 2023; Carta, Vandelook, Ramírez-Barahona, Chen, Dickie, Steinbrecher, Thanos, Moles, Leubner-Metzger, Mattana, 2024; Ghimire & Chen, 2022; Hodgson, Wilson, Band, Jones, Palmer, Warham, Montserrat, Šerá, Bogaard, Charles, Styring, Diffey, Green, Nitsch, Stroud, Font, Ater, Hmimsa et al., 2020), что отражается на морфофункциональных изменениях для индикаторных видов растений.

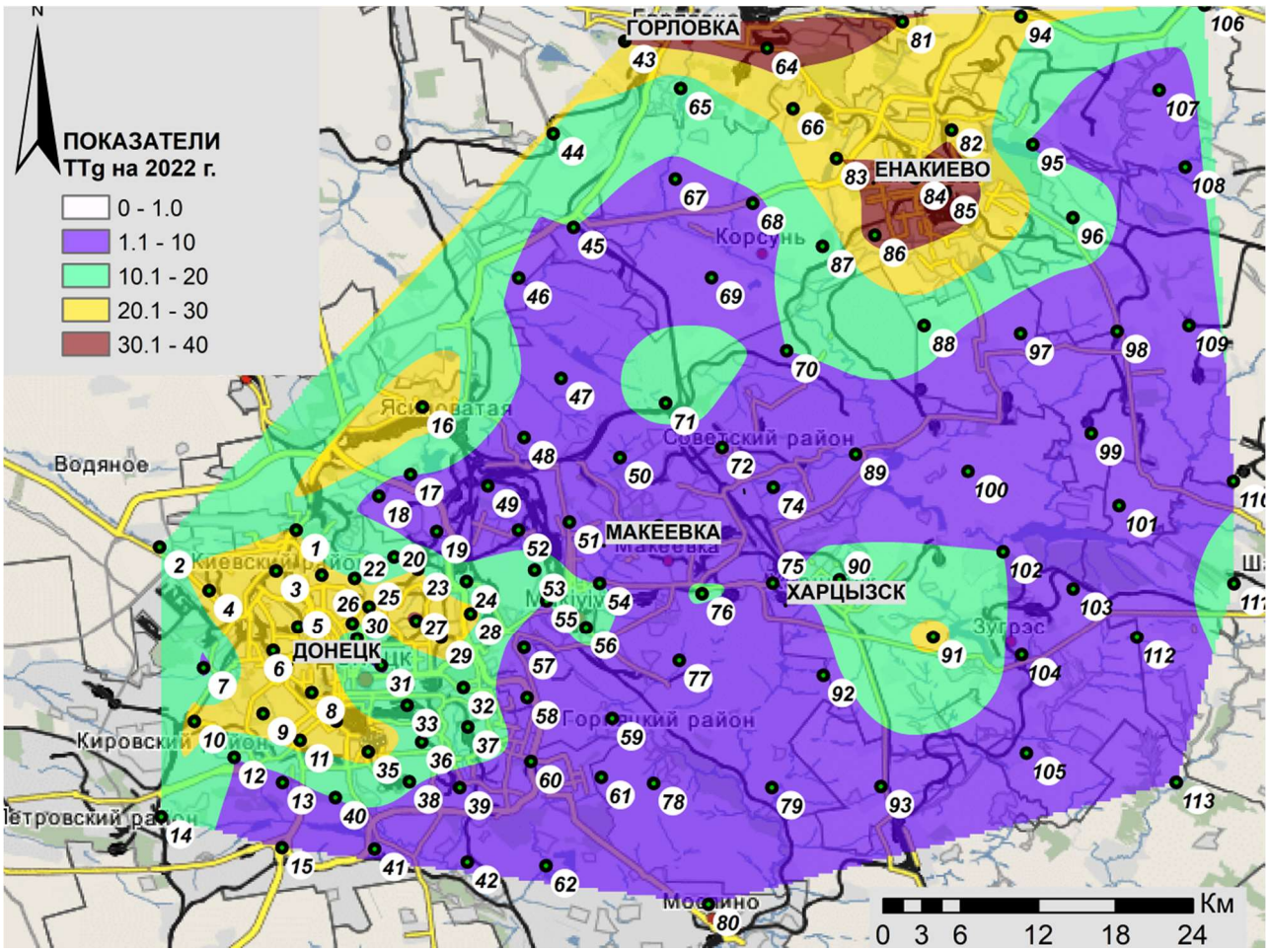


Рис. 2.16 – Дискретность показателя тератогенных эффектов по критерию атипичности генеративной сферы в 2022 г. (Сафонов и Гермонова, 2023, Гермонова и Сафонов, 2023)

Таким образом, информативность показателей атипичного строения растений является важный маркером в диагностике экосистем Донбасса.

Состояние пыльцевых зёрен – отдельный и суммационный критерий в проведении фитоиндикационной экспертизы.

В подходах к оценке окружающей среды по состоянию мужской генеративной сферы цветковых растений существуют определённые принципиальные отличия, поскольку целевые программы отдельных научных школ отличаются и по-разному происходит сбор информации (исторической, современной, аналитической с моделированием в том числе метеорологических процессов, фитохимических преобразований, ферментативной активности агентов, формирующих угрозу для иммунной системы человека при аллергических эффектах и пр.), а также интерпретация полученных данных.

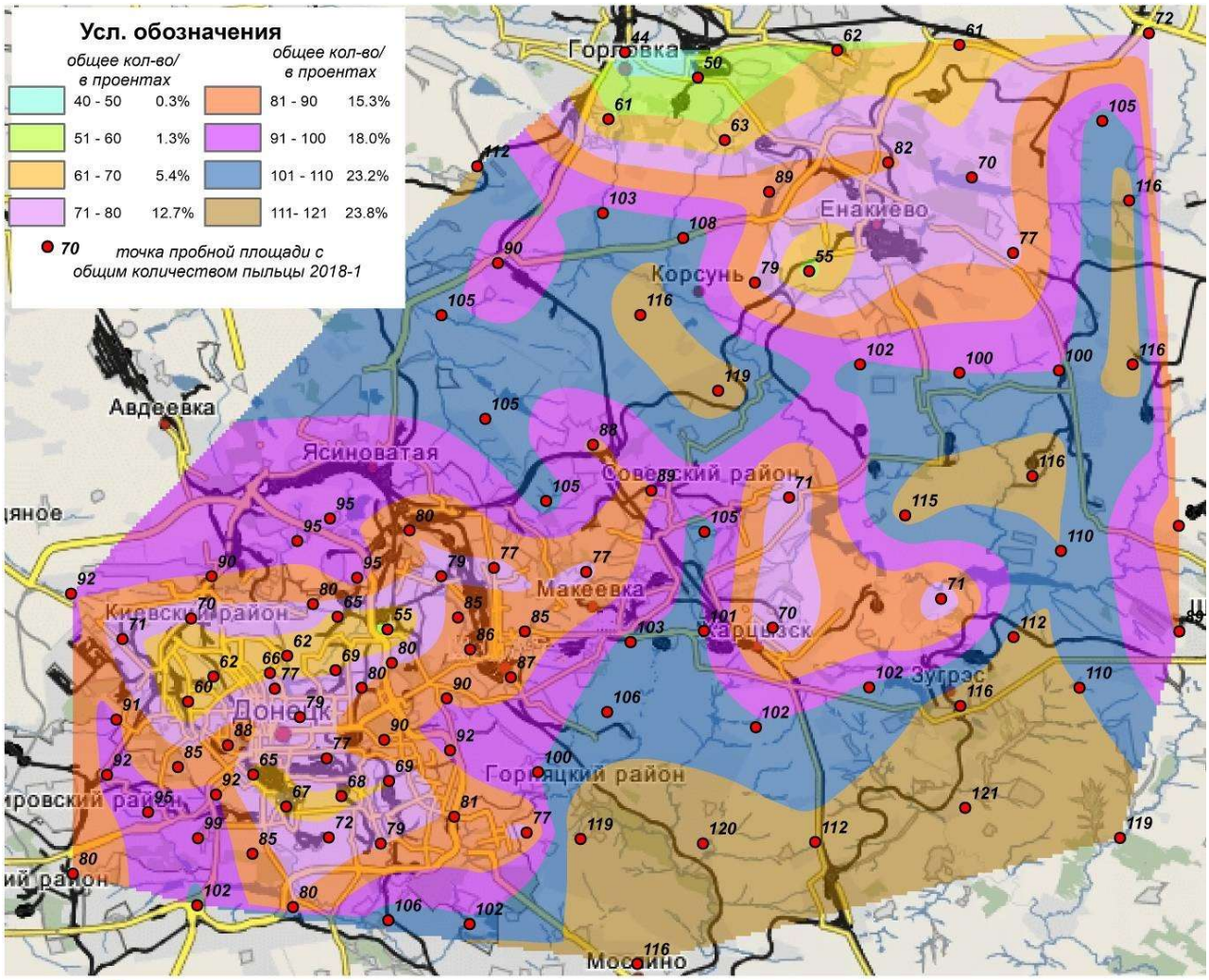
В классическом представлении изучения пыльцы реализуется на больших территориях с целью совмещения этих данных с параметрами переноса воздушных масс (Плугатарь и Сахно, 2018; Maya-Manzano et al., 2020; Северова и Полевова, 2022; Krinitsina et al., 2023) и определения специального календаря цветения для конкретных регионов (Носова и Волкова, 2011; Abraham et al., 2021; Basak & Bhattacharya, 2023; Cervigón et al., 2023; Frisk et al., 2023).

Если использовать прогрессивную пыльцевую ловушку с целью видовой (таксономической) автоматической идентификации палиноматериала, то вопросы атипичного строения более 30 % пыльцевых зёрен нужно своеобразным образом нивелировать, поскольку это искажает результативность программы и специально созданного фрагмента искусственного интеллекта. Если же специально идентифицировать аномальные формы как реакции на неблагоприятные факторы среды, то наблюдается обратный процесс подчеркивания внутривидовой пластичности даже на уровне отдельно парящих в воздухе пыльцевых зёрен.

Основным требованием при мониторинговых исследованиях и использовании большого количества стационаров является одновременное получение данных во всех точках наблюдений. Такое обстоятельство вынуждает создавать ловушки и пыльцеуловители (пыльцеосадители) в упрощенной модели с возможностью полевой консервации материала для его продолжительной сохранности. При этом важным условием является соответствие маршрутизации и захват времени суток с максимальным выбросом пыльцевого материала.

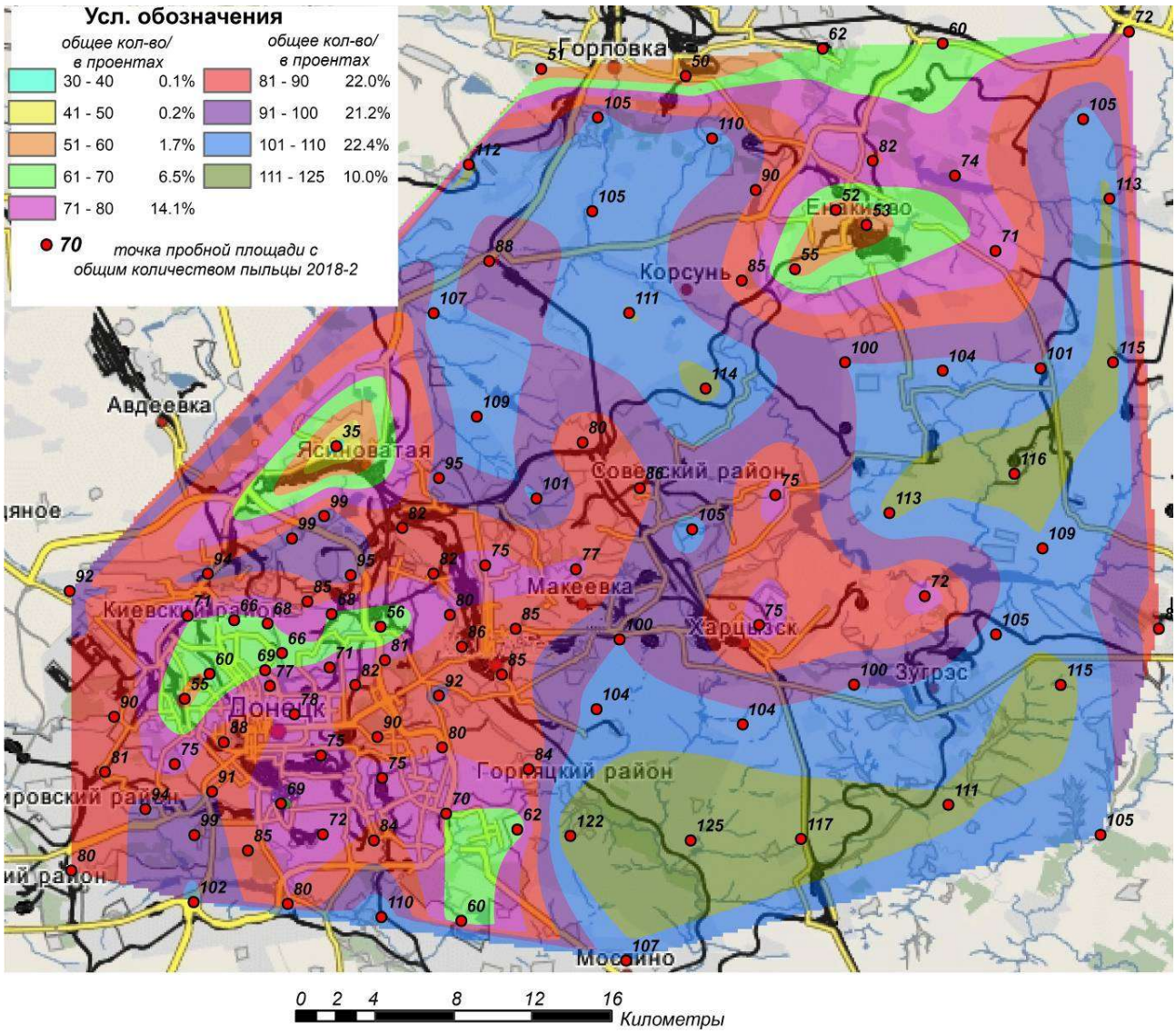
Были проведены исследования как количественного учета общей концентрации пыльцы в воздухе, дифференциации таксономического состава палиноматериала, так и качественного состояния по морфологии собранных данных при выявлении атипичного строения мужского гаметофита в витально препарированных пыльниках, так и для свободно парящих в воздухе пыльцевых зёрен. Процедура анализа воздушных масс по концентрации пыльцы и пыли в различных стационарах мониторинговой сети, принципиально отличается способом идентификации (химико-биологической и физико-химической), благодаря чему интерпретация результатов может отличаться (Braga, Furia, Buldrini, Mercuri, 2023; Capone, Lancia, D’Ovidio, 2023; Носова, 2020; Елькина и Сидорова, 2018; Мирненко, 2017б; Плугатарь и Шевченко, 2022; Мирненко и Сафонов, 2017, 2023; Kurganskiy et al., 2020; Novo-Lourés et al., 2023).

Картографический материал по палиноматериалу (рис. 2.17-2.22) после ранжирования территории в демонстрируемых интервалах значения признака выявил наиболее интересные пространственные закономерности, поэтому наряду с показателями тератологического формопроявления является информативной для реализации индикационных экспертиз – на примере территории Центрального Донбасса и в рамках 113-компонентной мониторинговой сети. Для данных по концентрации пыльцы указаны и доминирующие таксоны сезонного палиноспектра (рис. 2.17, 2.18).



Elytrigia L., *Diplotaxis* (L.) DC., *Bromopsis* (Leyss.) Holub, *Dactylis* L., *Brassica* L., *Berteroa* (L.) DC., *Capsella* (L.) Medik., *Bromus* L., *Diplotaxis* (L.) DC., *Sinapis* L., *Reseda* L., *Convolvulus* L., *Chelidonium* L., *Calamagrostis* (L.) Roth, *Digitaria* (L.) Scop., *Sisymbrium* (Murray) Roth, *Senecio* L., *Thlaspi* L.

Рис. 2.17 – Специфика распределения показателей концентрации пыльцы в мае 2018 г. (Сафонов и Мирненко, 2019, 2023 с дополнениями)



Ambrosia L., *Atriplex* L., *Tripleurospermum* (L.) Sch. Bip., *Lactuca* (L.) C. A. Mey., *Artemisia* L., *Centaurea* Lam., *Cyclachaena* (Nutt.) Fresen., *Grindelia* (Purch) Dunal, *Echium* L., *Cichorium* L., *Cirsium* (L.) Scop., *Stenactis* Nees., *Melilotus* (L.) Pall., *Galinsoga* Cav., *Chenopodium* L., *Plantago* L., *Hyoscyamus* L., *Polygonum* L., *Sonchus* L.

Рис. 2.18 – Специфика распределения показателей концентрации пыльцы в мае 2018 г. (Сафонов и Мирненко, 2019, 2023 с дополнениями)

Информация о сезонной концентрации пыльцы (Matyasovszky, Makra, Sümeghy, Erostyák, Bodnár, Tusnády, Csépe, Nyúl, Chapman et al., 2018; Mimić, Lugonja, Šikoparija, Podraščanin, 2021; Novo-Lourés, Fernández-González, Pavón, Espinosa, Laza, Guada, Méndez et al., 2023; Ranpal, von Bargen, Gilles, Luschkova

et al., 2024) представляет собой интерес и в санитарно-гигиенической оценке территории, что расширяет заинтересованность в получаемых данных.

Показатели концентрации пыльцы (Ščevková, Dušička, Zahradníková, Sepšiová, Kováč, Vašková, 2023) успешно дополняются характеристиками качества пыльцевого материала (Rojas-Gómez, Moral, López-Orozco, Cabello, Oteros, Barranco, Galán, Díez, 2023;), при этом часто используется критерий степени дефектности пыльцы – прямой подсчет нетипичных пыльцевых зёрен в процентном соотношении ко всем пыльцевым частицам, идентифицируемым в пробе (Severova, Kopylov-Guskov, Sokoloff, Selezneva, Karaseva, Yadav, 2022; Vasilevskaya, 2022; Vasilevskaya, Sikauluk, Osechinskaya, 2023).

Основной вывод по результатам сравнения показателей количества (рис. 2.17-2.18) и качества (2.19-2.20) пыльцевого материала сделан в пользу более удачного использования второго критерия для целевой программы индикации антропогенных загрязнений окружающей среды, что в идейном содержании соответствует задачам ботанико-экологического мониторинга Донбасса по выжившим индикаторам.

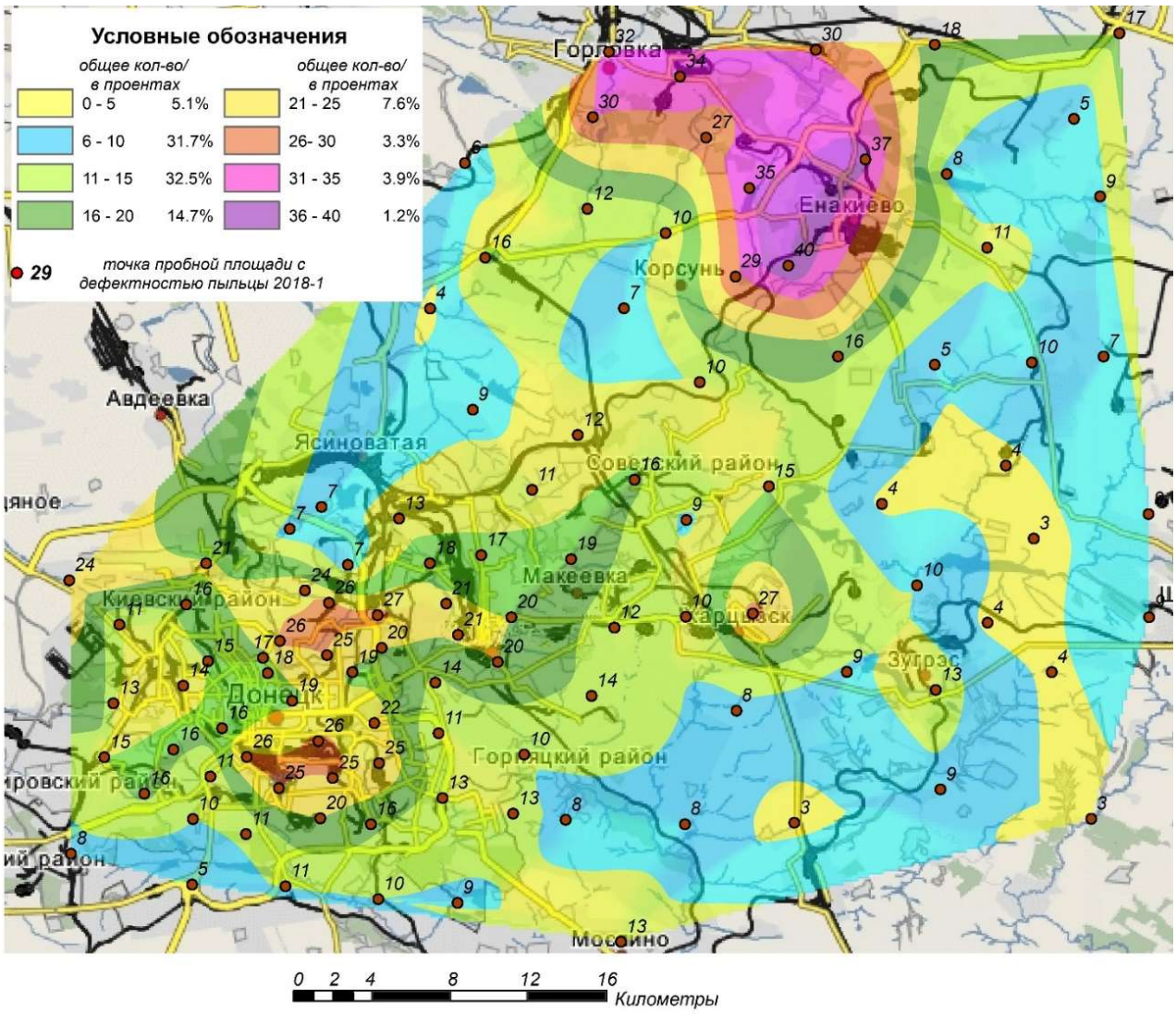


Рис. 2.19 – Территориальное распределения показателя степени дефектности пыльцы в мае 2018 г. (Сафонов и Мирненко, 2019, 2023 с дополнениями)

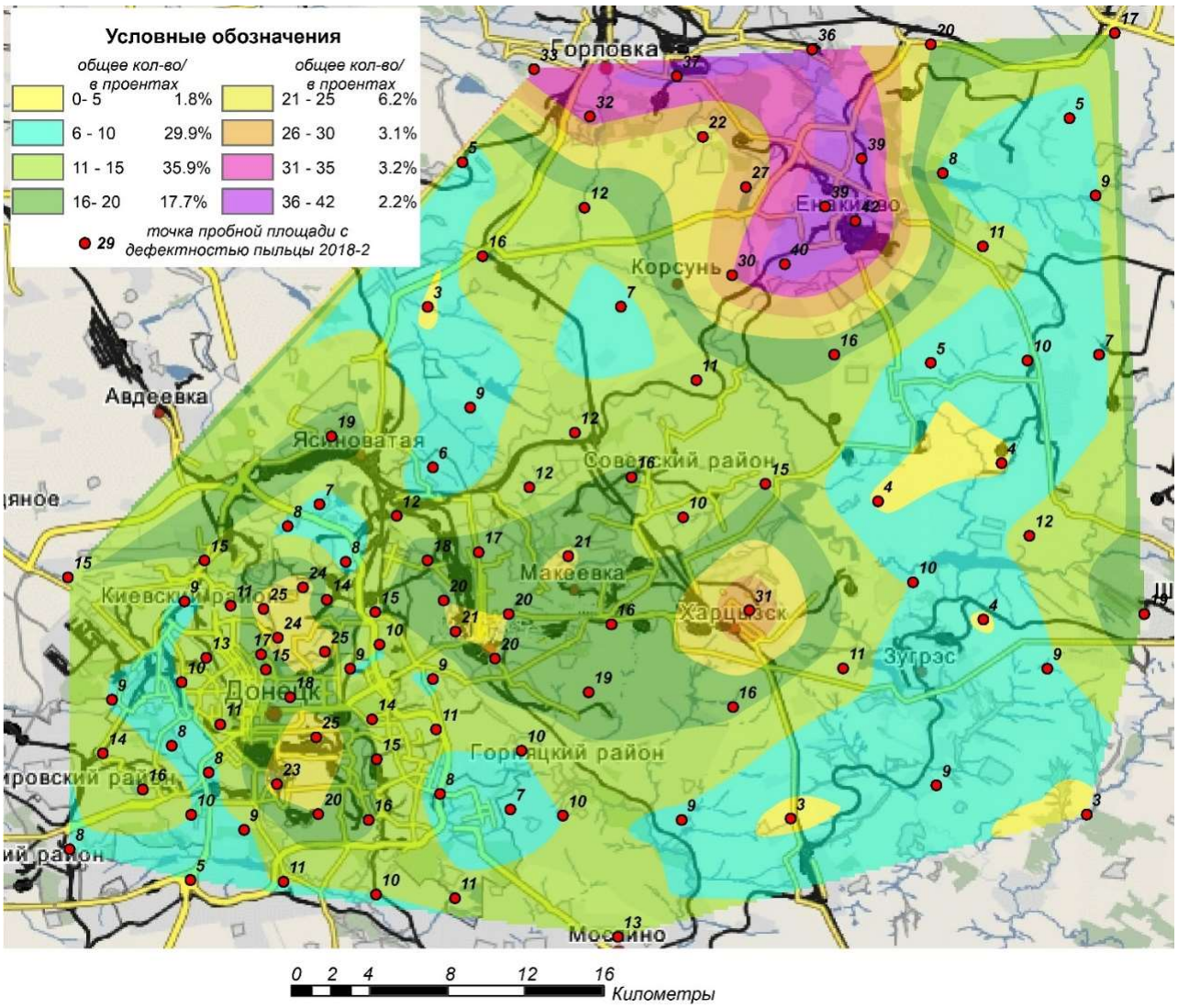


Рис. 2.20 – Территориальное распределения показателя степени дефектности пыльцы в августе 2018 г. (Сафонов и Мирненко, 2019, 2023 с дополнениями)

Пыльцевой материал успешно используется для диагностических процедур многих параметров окружающей среды (Kozáková, Dreslerová, Bobek, Svobodová-Svitavská, Abraham, 2021; Zhuikova, Meling, Krivosheeva, Bezel', Bergman, 2020; Volkova & Severova, 2017; Jetschni, Fritsch, Jochner-Oette, 2023), часто исследования нуждаются в анализе данных за продолжительный период наблюдений (Volkova., Severova, Nosova, 2016; Krinitsina, Omelchenko, Kasianov, Karaseva, Selezneva, Chesnokova, Shirobokov, Polevova, Severova, 2023; Verstraeten, Delcloo, Kouznetsov, Sofiev, Hoebeke, Bruffaerts, 2021) и только тогда информация имеет закономерности и может быть использована в процедурах моделирования, построения прогностических сценариев развития состояния локальных экосистем или глобальных процессов (Githumbi, Poska, Gaillard, Trondman, Fyfe, Woodbridge, Mazier, Nielsen, Persson, Lisytstina, Veski, Sugita, Azuara, Lebreton, Nebout-Combourieu et al., 2022), например, связанных с трансформацией климата или роли техногенного загрязнения на развитие живой компоненты отдельных биомов.

Была поставлена задача (для системы наблюдений в Донбассе) – оценить динамику показателей количественных (рис. 2.21) и качественных (рис. 2.22) значений в разрезе с 2014 по 2020 гг. При этом картографический материал уже имеет не абсолютные показатели суммационного подсчета, а шкалу с половиной отрицательных показателей (при уменьшении показателя за 5 лет сравнительных наблюдений), и с половиной положительных значений (если критерий увеличивался).

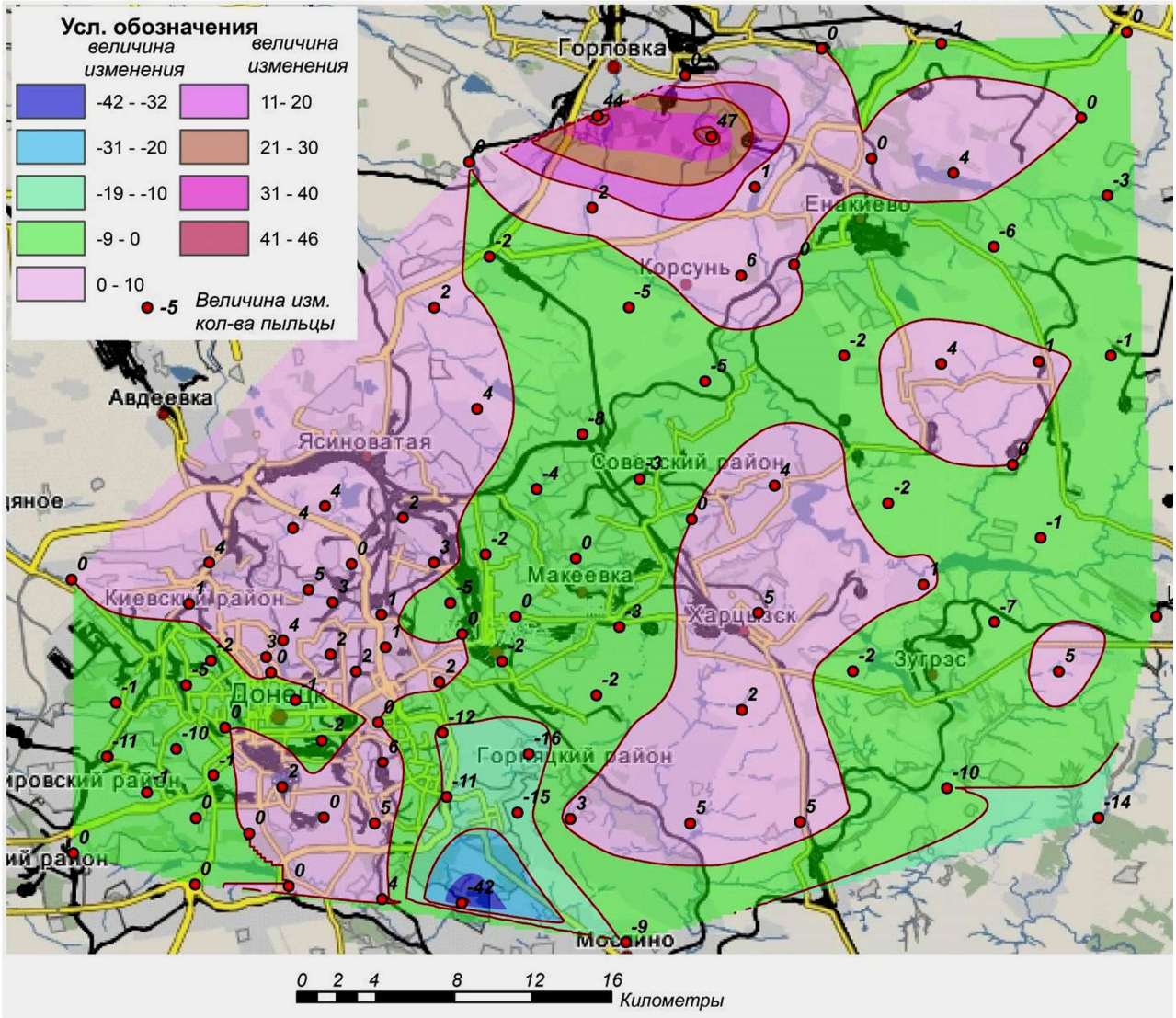
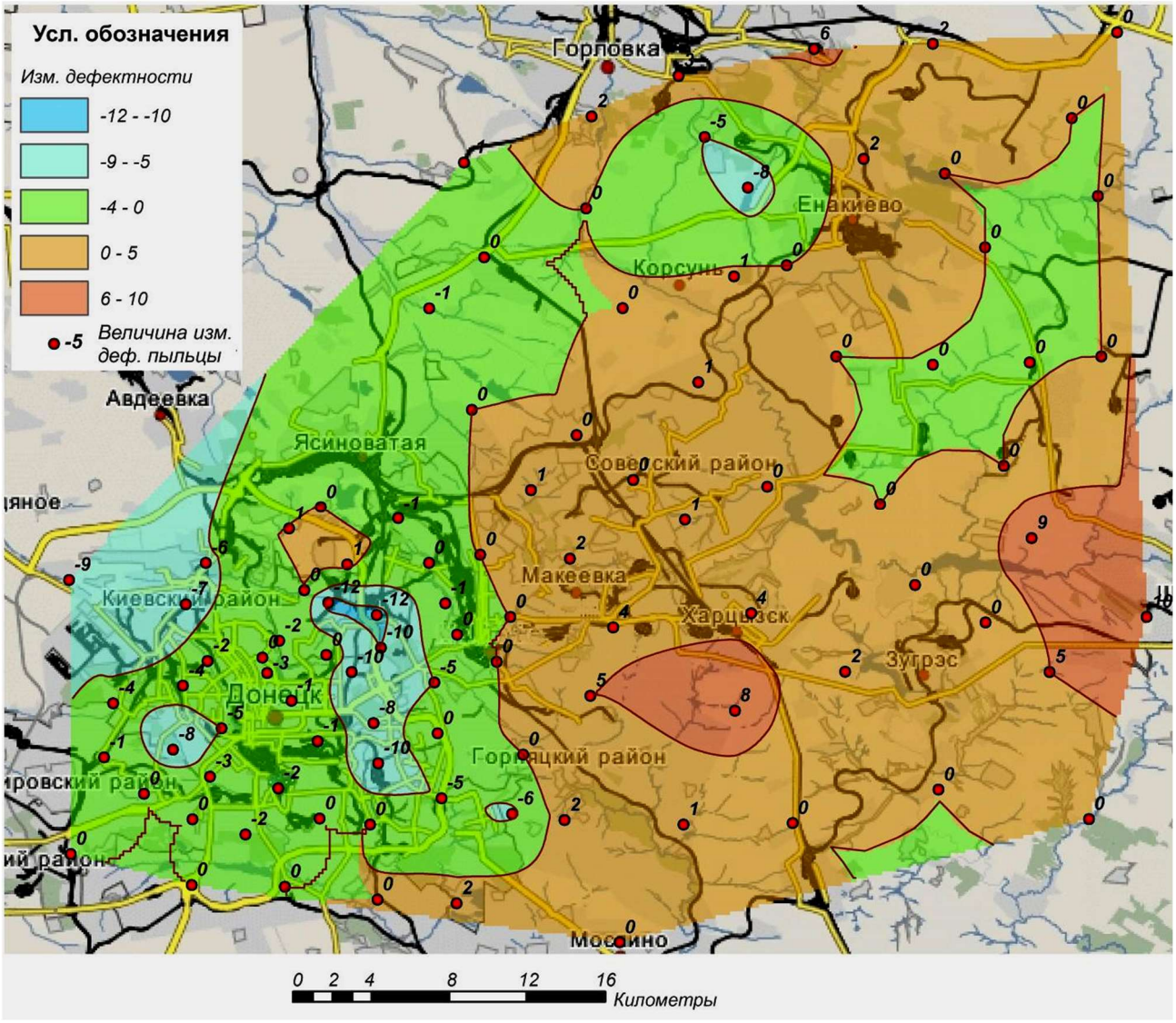


Рис. 2.21 – Динамическое развитие показателей концентрации пыльцы в экотопах Донбасса по августовскому палиноспектру с 2014 по 2020 гг.

Картографический материал, используемый для демонстрации результатов в палинологическом аспекте для всей мониторинговой сети в аутэкологическом аспекте, выявил свою неинформативность, поэтому для диагностических процедур рекомендовано использовать совокупные данные из одной пробы, содержание сведения о пыльце разных видов в конкретной мониторинговой точке в период сборов образцов. Сведения о показателях за один год важны, но апробированные методы выявленной динамики отдельных показателей также представляют системный научный интерес в мониторинговом отношении.



***Ambrosia* L., *Artemisia* L., *Atriplex* L., *Cirsium* (L.) Scop., *Tripleurospermum* (L.) Sch. Bip., *Lactuca* (L.) C. A. Mey., *Centaurea* Lam., *Cyclachaena* (Nutt.) Fresen.** (экотопы существенной механической трансформации почвенно-растительного покрова), ***Grindelia* (Purch) Dunal** (селитебные зоны), ***Echium* L., *Cichorium* L., *Stenactis* Nees., *Melilotus* (L.) Pall., *Galinsoga* Cav., *Chenopodium* L., *Plantago* L., *Hyoscyamus* L., *Polygonum* L., *Sonchus* L.** (экотопы автодорожных путей сообщений)

Рис. 2.22 – Динамическое развитие показателей частоты встречаемости дефектной пыльцы в экотопах Донбасса по августовскому палиноспектру с 2014 по 2020 гг.

Использование мохообразных (как специфической группы растительных организмов) в биомониторинговых целях было основано на систематической инвентаризации установленных экотопов. В каждой мониторинговой точке по состоянию на сезоны 2015-2020 гг. (рис. 2.23) было установлено численное значение бриоразнообразия.

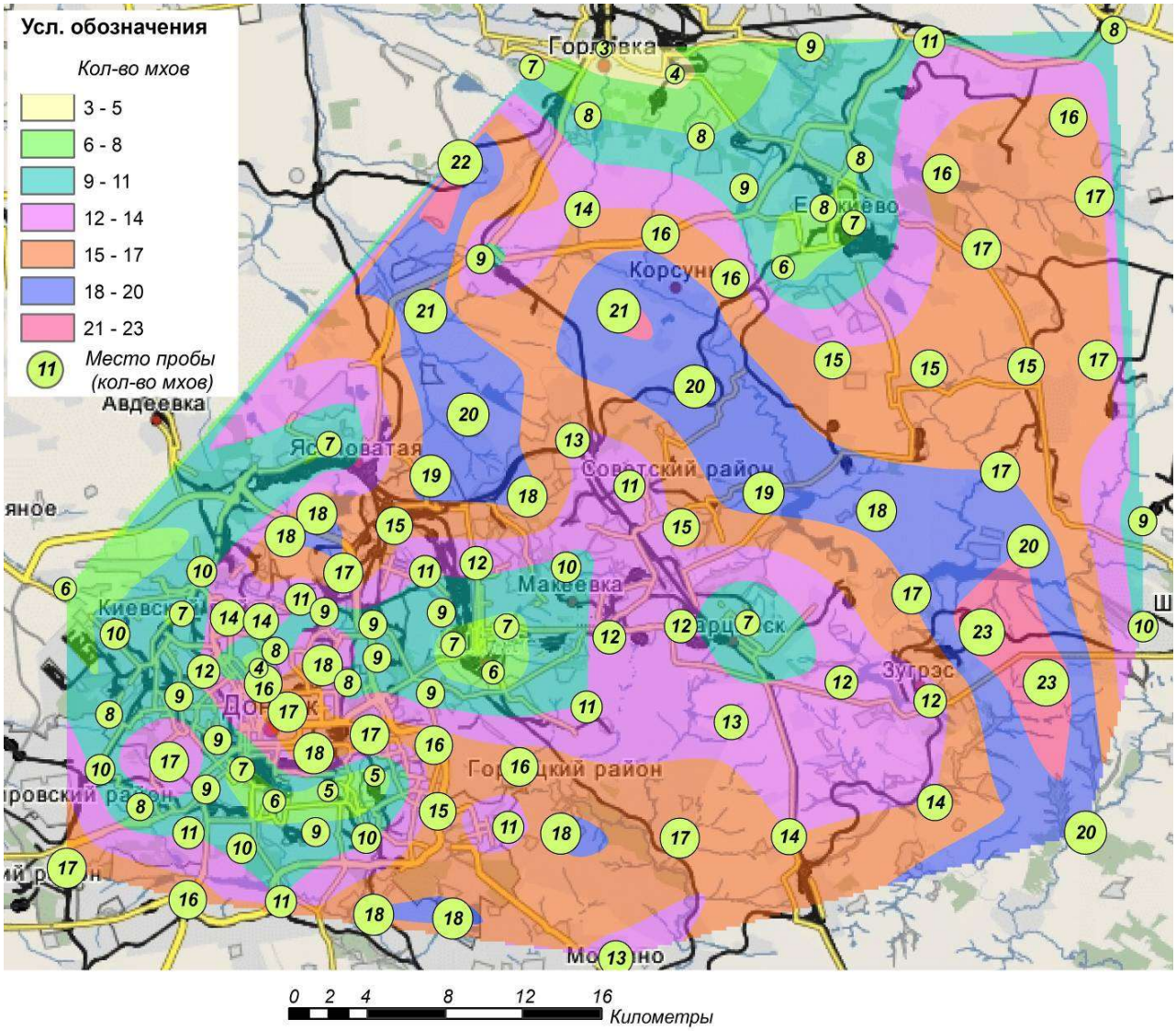


Рис. 2.23 – Бриоразнообразие по результатам скрининга 2015-2020 гг.
(Сафонов и Морозова, 2017, 2018, 2021 с дополнениями)

Диапазоны с минимальными количественными значениями преимущественно соответствуют зонам максимальной антропогенной нагрузки по степени трансформации биотопов и уровню токсического загрязнения. Массово представлены (по степени уменьшения количественного значения виды): *Bryum argenteum* Hedw., *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid, *Bryum caespiticium* Hedw., *Brachythecium campestre* (Müll.Hal.) Bruch et al., *Bryum capillare* Hedw. (подавляющие большинство всех экотопов), *Leskea polycarpa* Hedw., *Tortula muralis* Hedw., *Orthotrichum speciosum* Nees (центральногородские районы, места высокой урбанизации), *Plagiomnium cuspidatum* (Hedw.) T. Kop., *Aulacomnium palustre* (Hedw.) Schwägr., *Platygyrium repens* (Brid.) Schimp. (массово встречаются в экотопах бытовых свалок, рудеральных полигонов),

Grimmia pulvinata (Hedw.) Sm., *Brachythecium salebrosum* (F.Weber & D.Mohr) Bruch et al., *Syntrichia ruralis* (Hedw.) F. Weber & Mohr, *Tortula mucronifolia* Schwaegr., *Orthotrichum pallens* Bruch ex Brid., *Pleurozium schreberi* (Willd. ex Brid.) Mitt (массово встречаются в экотопах жилых застроек, преимущественно частного сектора), *Brachythecium mildeanum* (Schimp.) Schimp., *Amblystegium subtile* (Hedw.) Schimp., *Amblystegium serpens* (Hedw.) Schimp. (массово характерны для экотопов путей сообщений), *Weissia controversa* Hedw., *Orthotrichum pumilum* Sw., *Polytrichum juniperinum* Hedw. (экотопы индустриальных территорий, зон высокого промышленного импакта или воздействия загрязняющих веществ от источников выбросов коммунальной сферы деятельности в регионе) – это виды с широкой экологической амплитудой, регистрируемые во всех интервальных значениях представленной шкалы варьирования признака по видовому богатству мохообразных.

Территориально-стратегический анализ позволяет обособить отдельные промышленные узлы в регионе: Донецко-Макеевскую агломерацию и конгломерат Горловско-Енакиевского промышленного узла, а также выделить центр г. Харцызска с предположительно высоким уровнем загрязнения воздушной среды. В процентном соотношении учетные площадки минимального численного значения (3-5 видов) занимают не более 3% всей изучаемой территории. Интервал значений в 6-8 видов соответствует 7,5%, 9-11 видов – 12% территории.

Буферными территориями являются прилегающие участки меньшего промышленного импакта, где зарегистрированы виды бриобионтов с экологической амплитудой среднего диапазона выносливости: *Pylaisia polyantha* (Hedw.) Schimp., *Hypnum cupressiforme* Hedw., *Barbula unguiculata* Hedw. (экотопы агротехнического назначения), *Bryum turbinatum* (Hedw.) Turn., *Dicranum fulvum* Hook., *Orthotrichum obtusifolium* Brid., *Leptodictyum riparium* (Hedw.) Warnst., *Polytrichum commune* Hedw. (территории рекреационного назначения в городских условиях), *Anacamptodon splachnoides* (Froel. ex Brid.) Brid., *Didymodon rigidulus* Hedw., *Dicranum polysetum* Sw. (экотопы садово-парковых и рекультивационных назначений), *Hylocomium splendens* (Hedw.) Bruch et al., *Bryum torquescens* Bruch & Schimp., *Phascum cuspidatum* Schreb. ex Hedw. (удаленные места от промышленных экотопов и селитебной застройки), *Weissia brachycarpa* (Nees & Hornschuch) Juratzka, *Calliergonella cuspidata* (Hedw.) Loeske, *Dicranum scoparium* Hedw. (квазинатурализированные экотопы). Среднеинтервальные значения индексов флористического богатства бриобионтов на общей картосхематической визуализации занимают более 57% всей территории Центрального Донбасса.

Экологический коридор наибольшего видового богатства мохообразных расположен единой вытянутой линией с северо-запада на юго-восток – это учетные площадки населенных пунктов Михайловка, Пятихатки, Шевченко, Петровское, Рясное, Монахово, Новоселовка, Верхняя Крынка, Красная Зоря, Нижняя Крынка, Лесное, Липовое, Ольховка, Зуевка, Золотаревка, Николаевка, Шахтное, Заречье, Широкое, Покровка – места сбора наибольшего количества

мохообразных по количеству видов (до 18-23 на одной учетной площадке). Такой сравнительно высокий коэффициент флористического разнообразия по представленной таксономической группе обусловлен наличием в изучаемых экотопах редких для региона видов, характеризующихся узкой экологической амплитудой: *Homomallium incurvatum* (Schrad. ex Brid) Loeske, *Campyliadelphus chrysophyllus* (Brid.) R.S.Chopra, *Dicranella cerviculata* (Hedw.) Schimp., *Niphotrichum canescens* (Hedw.) Bednarek-Ochyra & Ochyra, *Brachythecium albicans* (Hedw.) Bruch et al., *Ditrichum pussilum* (Hedw.) Hampe., *Didymodon fallax* (Hedwig) R. H. Zander, *Bryum funckii* Schwaegr., *Homalothecium lutescens* (Hedw.) H. Robins., *Marchantia polymorpha* L., *Orthotrichum diaphanum* Brid., *Brachythecium velutinum* (Hedw.) Schimp., *Pleuridium acuminatum* Lindb., *Funaria hygrometrica* Hedw. В стратегическом планировании территории сформированный экологический коридор рассматривается нами как обоснование для функционального зонирования с включением объектов природно-заповедного фонда (Сафонов и Морозова, 2021).

Виды с высокой частотой встречаемости, составляющие ядро флористических списков большинства точек отнесены к категории представителей мохообразных с широкой экологической амплитудой: *Bryum argenteum* Hedw., *Bryum caespiticium* Hedw., *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid., *Tortula muralis* Hedw., *Brachythecium campestre* (Müll.Hal.) Bruch et al., *Amblystegium serpens* (Hedw.) Bruch et al., *Bryum capillare* Hedw., *Platygyrium repens* (Brid.) Bruch et al., *Polytrichum juniperinum* Hedw., *Orthotrichum speciosum* Nees, *Leskea polycarpa* Hedw. – было принято решение использовать эти виды для экспериментов по токсикологической диагностике природных систем, – преимущественно воздушной среды как основной для миграционных входящих потоков вещества в бриофитах, что обосновано в отдельных публикациях для перспектив внедрения в донецком экономическом регионе.

Ядро бриофлоры потенциально востребованных для биодиагностики фитотест-организмов составляют виды, регистрируемые как в зонах высокого антропогенного воздействия, так и в местах минимального техногенного импакта: *Aulacomnium palustre* (Hedw.) Schwägr., *Brachythecium mildeanum* (Schimp.) Schimp., *Brachythecium salebrosum* (F. Weber & D. Mohr) Bruch et al., *Grimmia pulvinata* (Hedw.) Sm., *Orthotrichum pallens* Bruch ex Brid., *Orthotrichum pumilum* Sw. ex anon., *Plagiomnium cuspidatum* (Hedw.) T. Kop., *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt., *Syntrichia ruralis* (Hedw.) F. Weber & Mohr, *Tortula mucronifolia* Schwägr. и вид *Weissia controversa* Hedw.

Эти представители мохообразных составляют статистическую основу для мониторинговых точек, поскольку основной динамизм все же обусловлен видами с узкой экологической амплитудой и единично представленными в донецком регионе (Сафонов, 2023б).

В 2018 г. была заложена специальная мониторинговая сеть по реализации программы активного сбора информации. Механизм активного биомониторинга с использованием мохообразных (Khiem, Nam, Hong, Mai, Sera, Hosokawa, Quyet, My, Van Thang, Frontasyeva, My, Zinicovscaia, Nghia, Trung, Son, Thanh,

Xayheungsy, 2020; Hristozova, Marinova, Svozilík, Zinicovscaia, Motyka, 2020; Baczewska-Dąbrowska, Gworek, Dmuchowski, 2023) является частой практикой в экологических исследованиях полевой диагностики (Elvira, Medina, Leo, Cala, Estébanez, 2020).

Особенностью такого технологически сложного эксперимента является сбор информации по 6-месячным приростам базового фитоиндикатора (рис. 2.24, 2.25), специально размещенного из гомогенной выборки (контроля). Руководствуясь информацией об уникальных способностях бриобионтов накапливать мигрирующие элементы их воздушной среды (Isinkaralar, Świsłowski, Isinkaralar, Rajfur, 2024; Gómez-arroyo, Zavala-sánchez, Alonso-murillo, Cortés-eslava, Amador-muñoz, Jiménez-garcía, Morton-bermea, 2021) с осадками и пылевыми осаждениями, были получены сведения об элементном составе мохообразных в конкретных геолокалитетах, которые отличались по уровню нагрузки в результате хозяйственного использования территории.

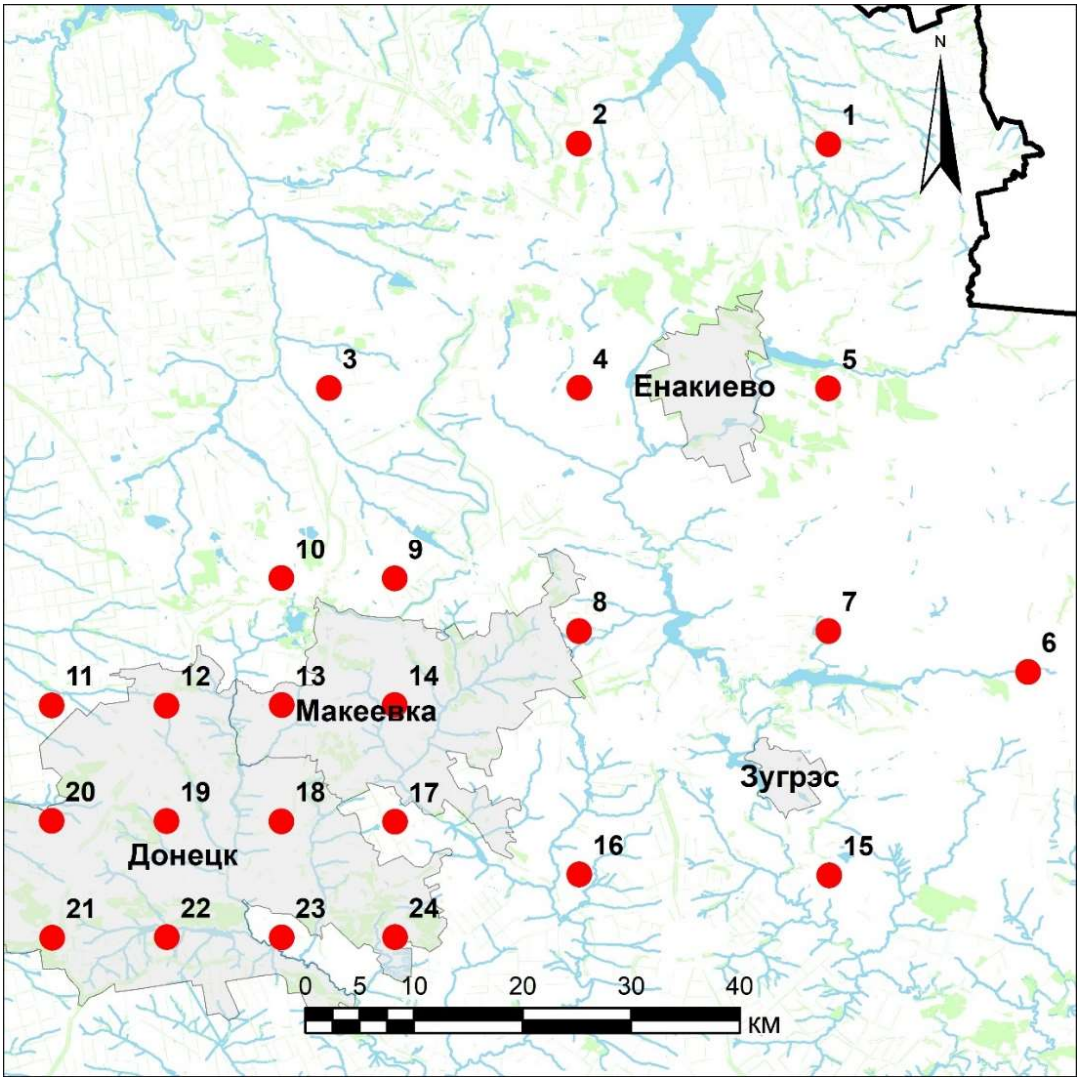


Рис. 2.24 – 24-компонентная мониторинговая сеть по экспонированию модельного вида *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid (Зиньковская, Вергель, Сафонов, Юшин, Чалигава, Кравцова, 2023; Зиньковская, Сафонов, Юшин, Неспирный, Гермонова, 2024; Сафонов, Алемасова, Зиньковская, Вергель, Юшин, Кравцова, Чалигава, 2023а,б)

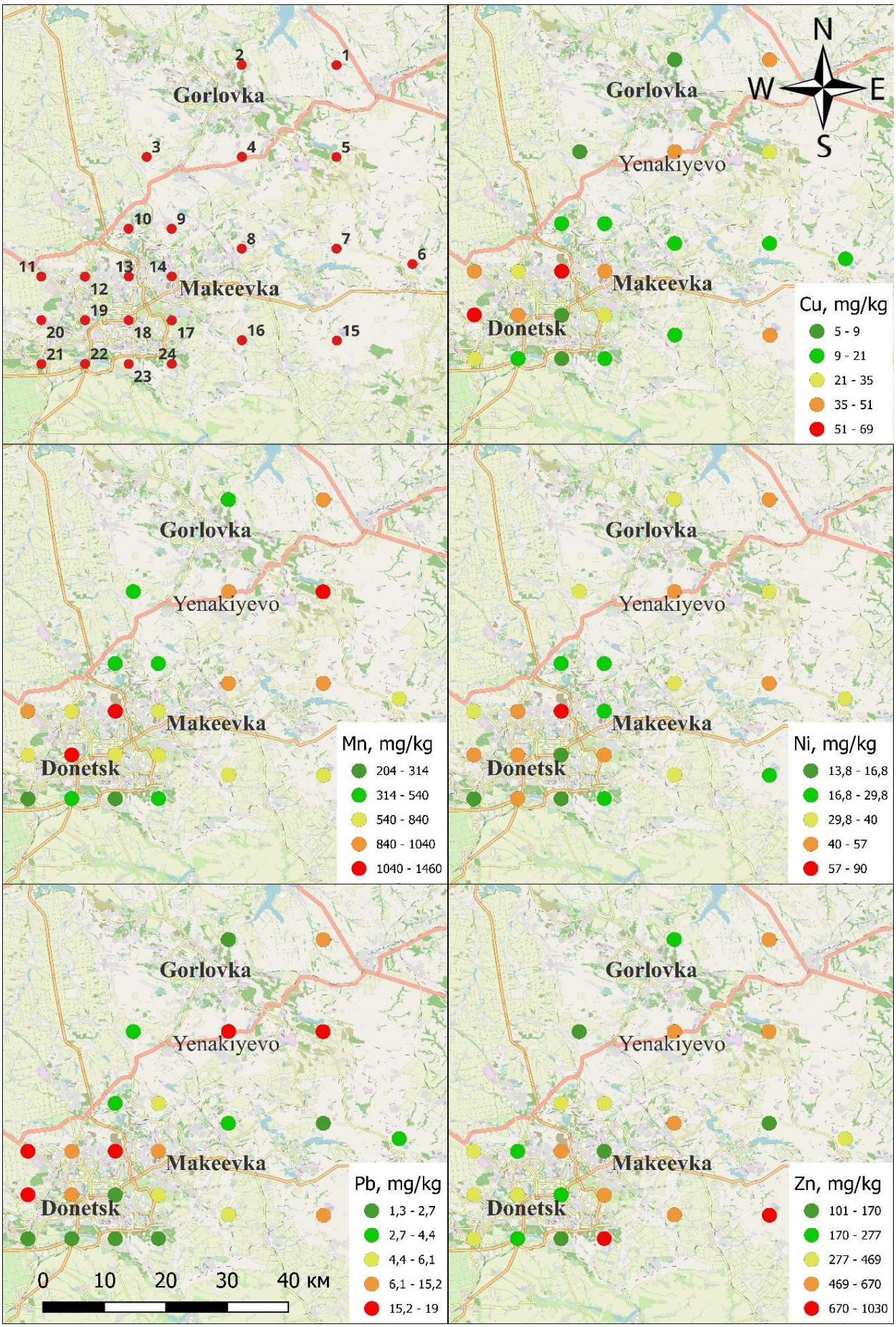


Рис. 2.25 – Примеры визуализации данных по ингредиентному фитомониторингу (Зиньковская, Сафонов, Юшин, Неспирный, Гермонова, 2024)

Благодаря разработанной методике Объединённого института ядерных исследований, г. Дубна (Lavrinenko, Plieva, Zinicovscaia, Hristozova, Frontasyeva, Tkachenko, Dogadkin, Gromyak, Kolotov, 2021; Lalrammawia, Buragohain, Kakki, Zote, Marak, Lalrinhlupuii, Malsawmtluangi, Muthukumaran, Lalmuanpuii, Kumar, Jahau, Sudarshan, Chaligava, Yushin, Grozdov, Nekhoroshkov, Vergel, Zinicovscaia, 2021; Nekhoroshkov, Peshkova, Zinicovscaia, Vergel, Kravtsova, 2022), впервые для Донбасса были получены сведения о накоплении 46 элементов в мохообразных. Эти данные были положены в основу поиска новых геохимических аномалий (Safonov, Alemasova, Zinicovscaia, Vergel, Yushin, Kravtsova, Chaligava, 2023), позволили представить результаты по биогеохимическим характеристикам региона на научно-технических мероприятиях (Зиньковская, Вергель, Кравцова, Сафонов, 2023).

Универсальные датчики геохимического контраста – фитоиндикаторы из числа мохообразных используются для диагностики факторов загрязнения (Šajn, Bačeva Andonovska, Stafilov, Barandovski, 2024; Petrova, Velcheva, Nikolov, 2024; Quyet, My, van Thang, Khiem, Nam, Hong, Mai, Hang, My, Frontasieva, Zinicovscaia, Son, Thanh, Trung, 2022; Vergel, Zinicovscaia, Yushin, Gundorina, 2020), что было также реализовано нами на разных группах элементов (например, материалы табл. 2.1) и оценено в подходах по выживанию растений в нестабильных экологических условиях – в экотопах Донбасса.

Табл. 2.1 – Пример парных корреляций между элементами технофильной природы (Зинькоская, Вергель, Сафонов и др., 2023)

	Al	Mn	Ni	Zn	Se	Cs	La	Sm
Al	1							
Mn	0.73**	1						
Ni	0.77**	0.6**	1					
Zn	0.13	0.32	0.2	1				
Se	0.45*	0.19	0.37	0.02	1			
Cs	0.86**	0.48*	0.68**	0.1	0.51*	1		
La	0.87**	0.55**	0.58**	0.09	0.6**	0.86**	1	
Sm	0.89**	0.54**	0.64**	0.08	0.59**	0.86**	0.99**	1

** Корреляция значима на уровне 0,01

Во всех случаях при оценке ингредиентного анализа использовали метод главных компонент, результаты которого продемонстрированы в качестве примера на рис. 2.26 – это первоначальные данные в плоскости первых двух главных компонент. Были сделаны выводы о техногенном характере загрязнения и дифференцированы способы антропогенного вмешательства в окружающую среду благодаря группам совместного загрязнения, что соответствует также общим выводам других авторов (Tien, Van Dung, My, Frontasyeva, Zinicovscaia, Khiem, Son, 2022; Gómez-arroyo, Zavala-sánchez, Alonso-murillo, Cortés-eslava, Amador-muñoz, Jiménez-garcía, Morton-bermea, 2018).

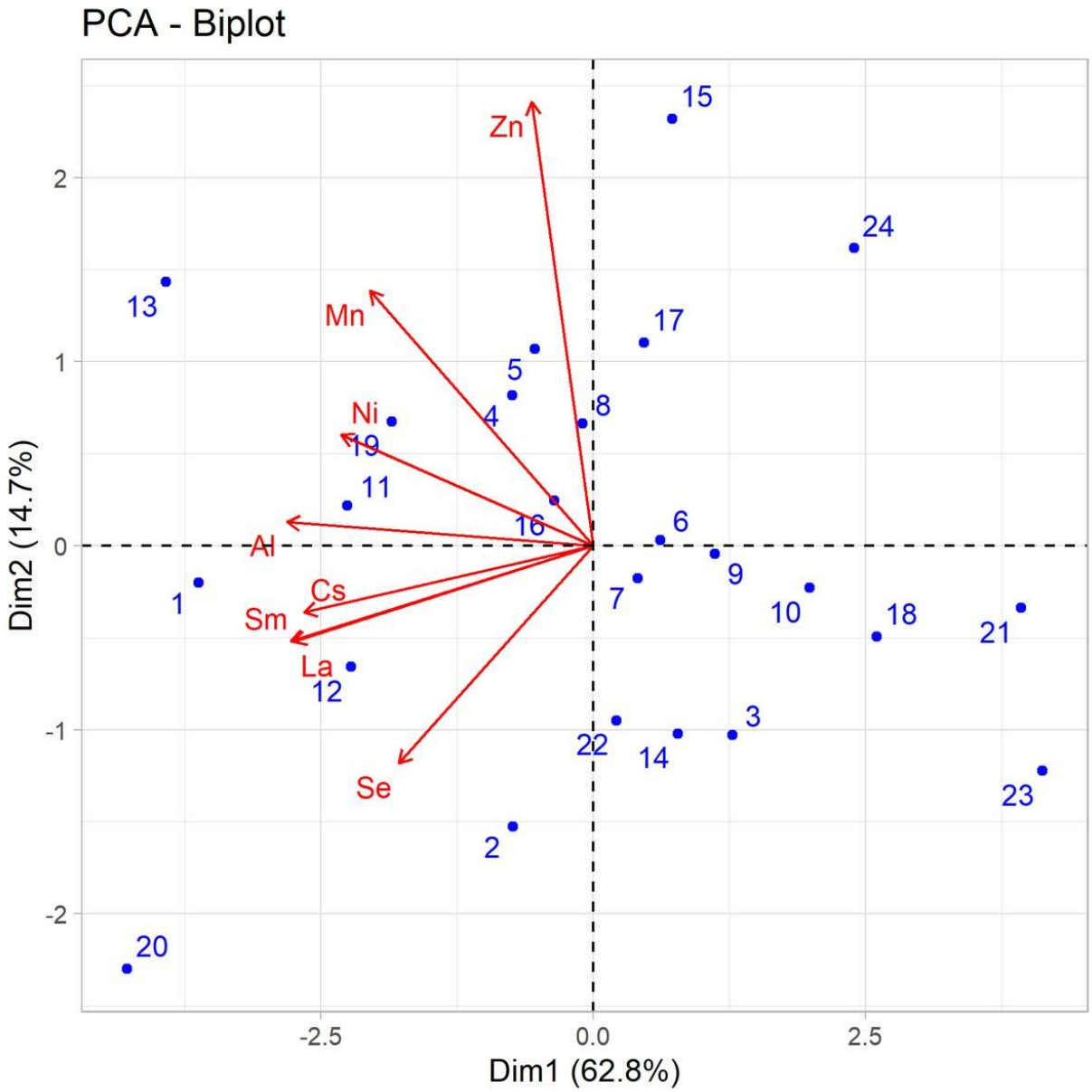


Рис. 2.26 – Ординация элементного состава мохообразных при установлении источников (причин) и характера загрязнений в Центральном Донбассе

Метод главных компонент (Germonova, Nespirnyi, Safonov, 2024) является одним из вариантов статистической обработки данных и доказательства наличия сопряженных процессов при диагностике окружающей среды и моделирования, в том числе антропогенных трансформаций (Yu, Chen, Wang, Qin, Sun, Zhang, Wang, 2024; Logofet, 2019; Logofet, Belova, Kazantseva, Onipchenko, 2017; Sun, Qi, Li, Qin, Fu, Han, Wang, Pan, 2024).

Строительство дендрограмм также является частью наиболее доступной практики для рассмотрения вопросов причинно-следственных связей, если известна информация об одном компоненте, то существенно расширяется возможность экстраполировать показатели на компоненты окружающей среды, сопутствующие известному. Рис. 2.27 содержит информацию о данных, полученных в результате нейтронно-активационного анализа мохообразных-индикаторов в методе активного мониторинга Донбасса.

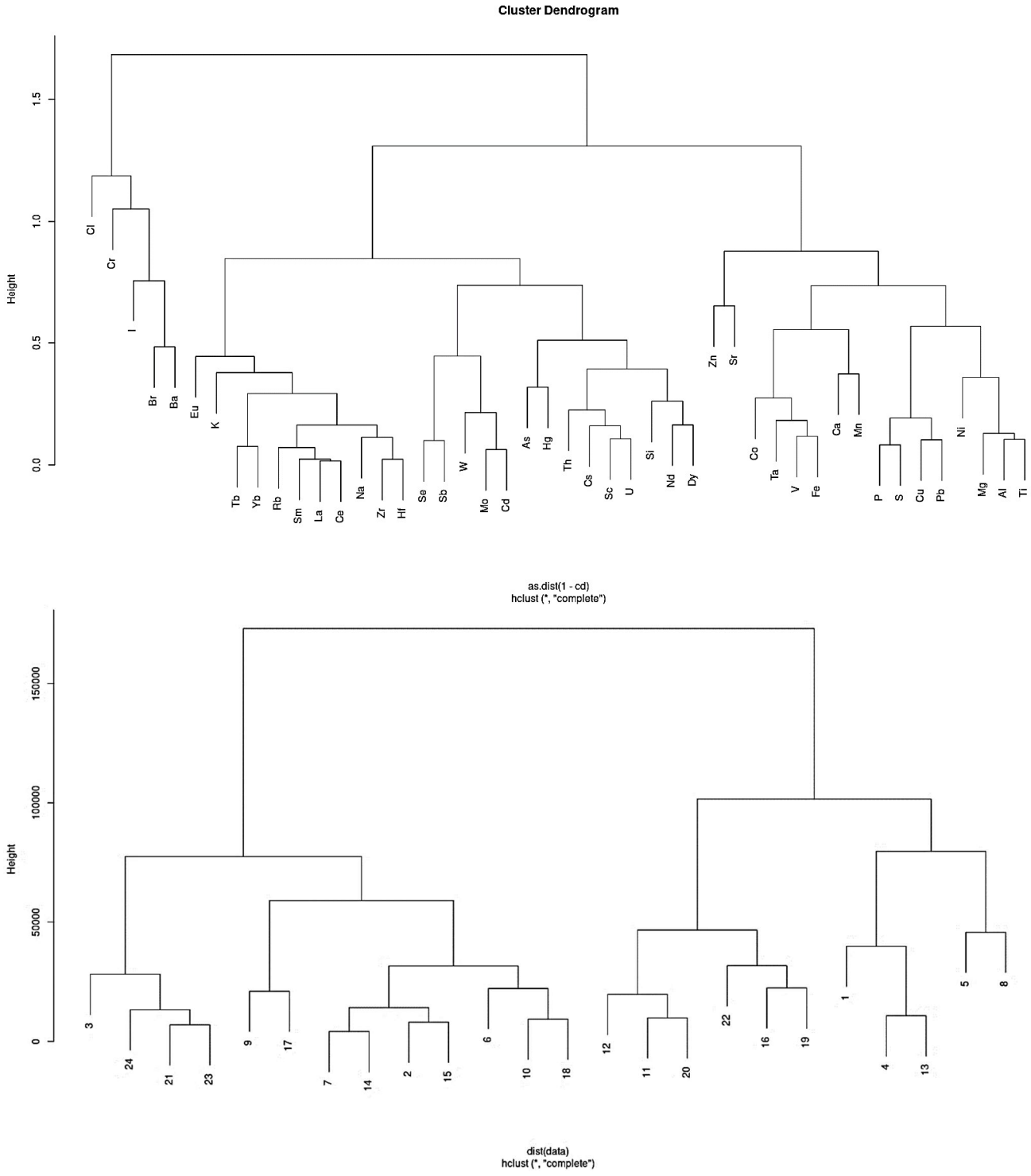


Рис. 2.27 – Результаты кластерного анализа сопряженности процесса загрязнения (избыточного накопления) элементов (сверху) и геохимического сродства между экотопами (снизу) по 24-компонентной сети отбора проб

В опубликованной работе (Зиньковская, Сафонов и др., 2024) обсуждены детали полученных результатов статистической обработки первичных данных аналитического контроля: выделены группы сопутствующих загрязнителей, сформирован ботанико-геохимический профиль обобщенных данных по химическим элементам в фитосубстратах.

Практика обработки экологической информации об ингредиентном анализе компонентов окружающей среды часто реализуется в строительстве (изображении) тепловых карт (один из вариантов показан на рис. 2.8), – это метод наглядного представления большой совокупности численных данных, который позволяет анализировать общую и частную минерализацию фитоматериала, сопутствующие миграции элементов.

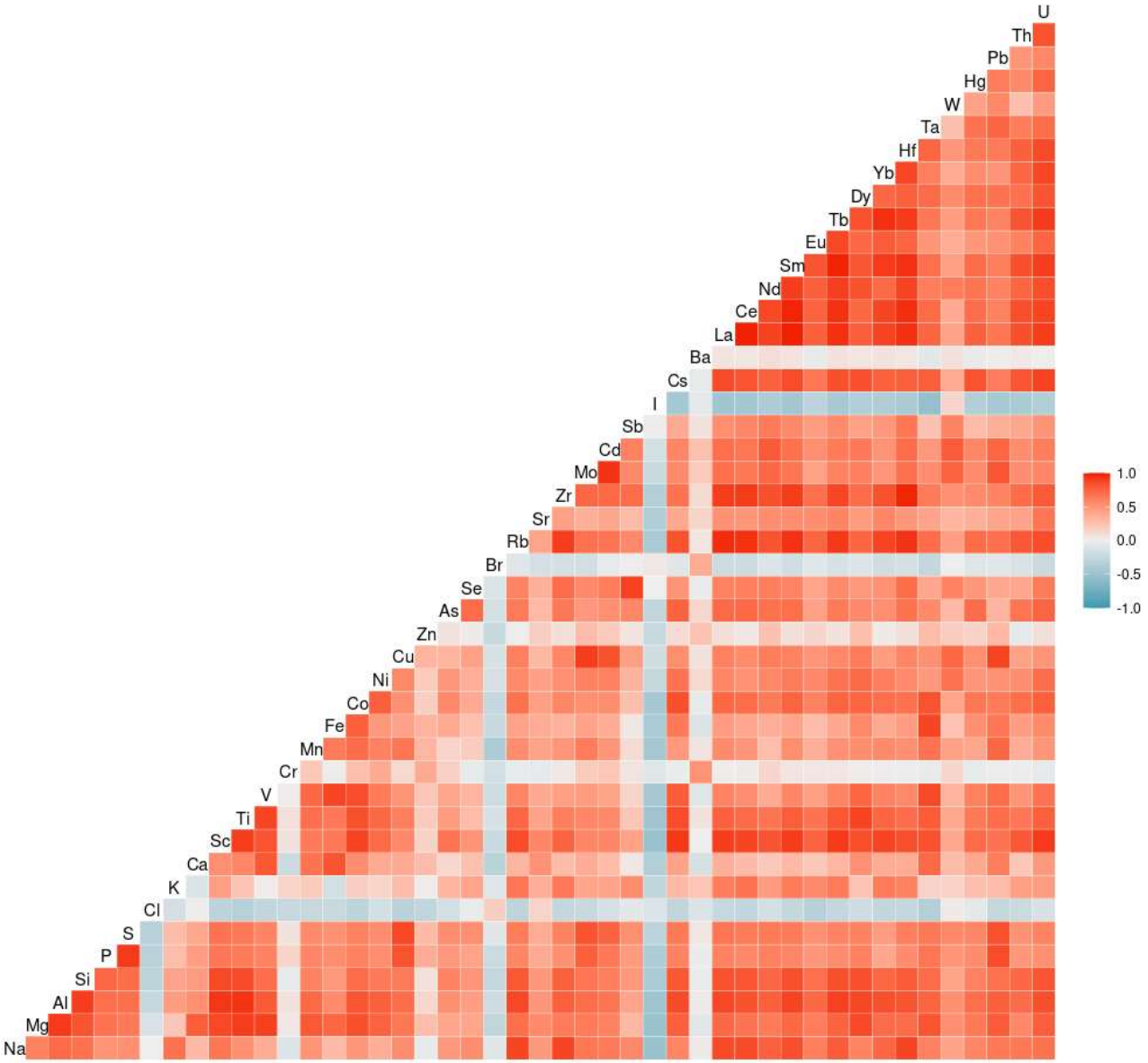


Рис. 2.28 – Тепловая карта по результатам ингредиентного анализа накопления во мхах (Зиньковская, Сафонов, Юшин, Неспирный, Гермонова, 2024)

Оценка среды по накоплению конкретных элементов или групп химических элементов (Bezel', Zhuikova, Gordeeva, Goloushkina, 2020; Dhiman, Singh, Kour, Kumar, Bhardwaj, 2024; Kolesnikov, Kazeev, Valkov, Ponomareva, 2010) в растениях-индикаторах является результатом полевого анализа (Ermakov, Gulyaeva, Tyutikov, Safonov, Danilova, Bech, Roca, 2020; Bundschuh, 2023; Krupnova, Rakova, Antoshkina, Baranov, Dmitrieva, Somova, Gavrilkina, 2021) и

используется в многочисленных методах статистической обработки данных и демонстрации результатов исследований.

В работе (Сафонов, Алемасова, Зиньковская, Вергель, Юшин, Кравцова, Чалигава, 2023а) осуществлен следующий этап с группировкой всех имеющихся результатов на две большие части: 1) по приуроченности к промышленному загрязнению, 2) по остальным факторам антропогенеза, включая формирование сорно-бытовых полигонов и строительно-коммуникационные работы (рис. 2.29 и 2.30).

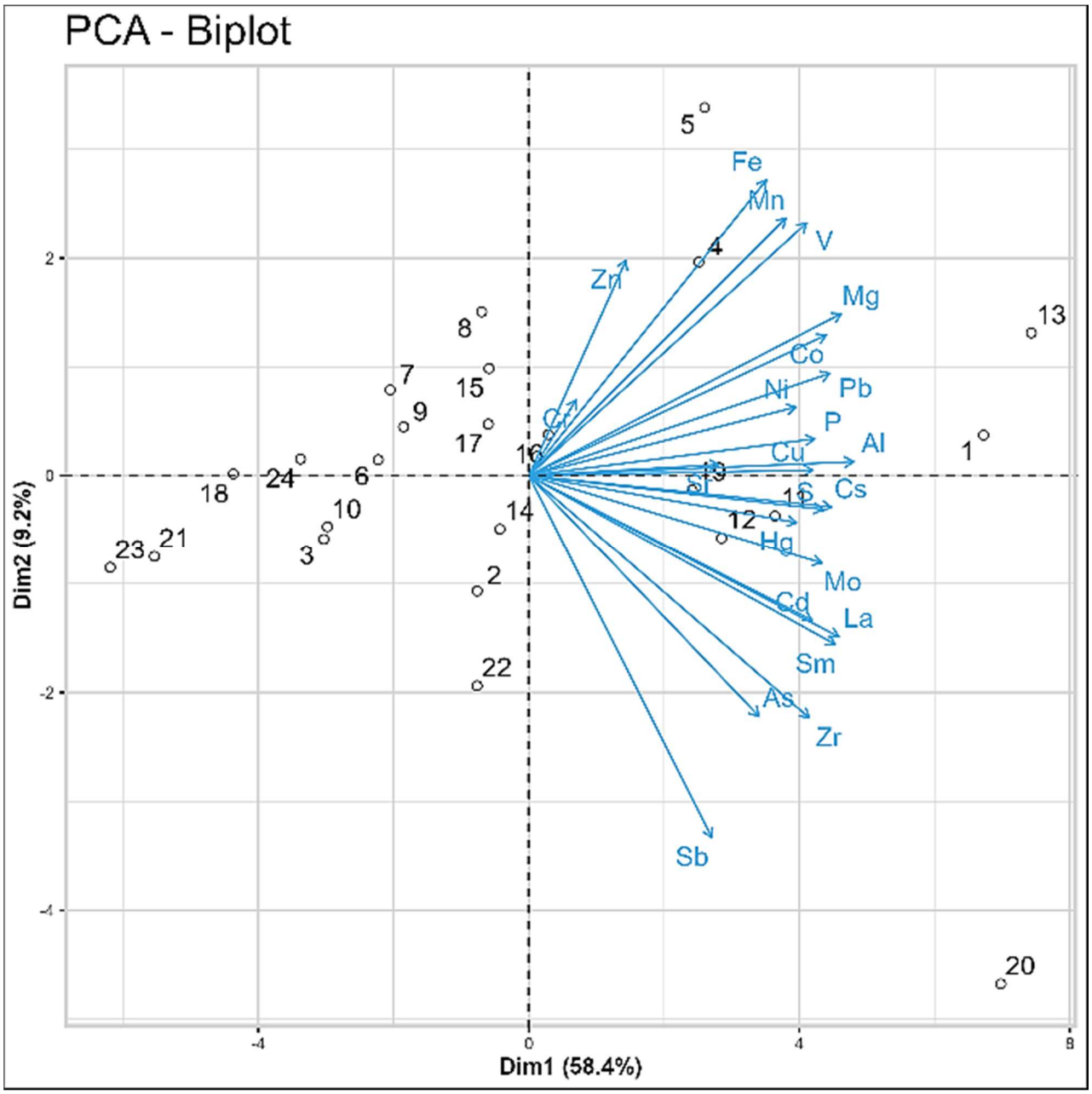


Рис. 2.29 – Ординация химических элементов технофильной природы на плоскости первых двух главных компонент по результатам нейтронно-активационного анализа бриобионтов 24-компонентной мониторинговой сети Донбасса

На основании публикаций о специфике и характере загрязнения природных сред (Antoniadis, Levizou, Shaheen, Rinklebe, Stärk, Wennrich, Merbach, 2021; Daoud, Kolesnikov, Kuzina, Kazeev, Cuong, Hoi, 2019; Fröhlichová, Száková, Najmanová, Tlustoš, 2018; Gorbov, Bezuglova, Varduni, Gorovtsov, Tagiverdiev, Hildebrant, 2015; Khalid, Noman, Aqeel, Masood, Tufail, 2019; Ramzan, Sarwar, Ahmad, Ahmed, Hussain, Hussain, 2024; Shotyk, Barraza, Cuss, Grant-Weaver, Germani, Javed, Hillier, Noernberg, Oleksandrenko, 2023) было принято решение о разделении 46-блоковую выборку на две части в демонстрационном эксперименте.

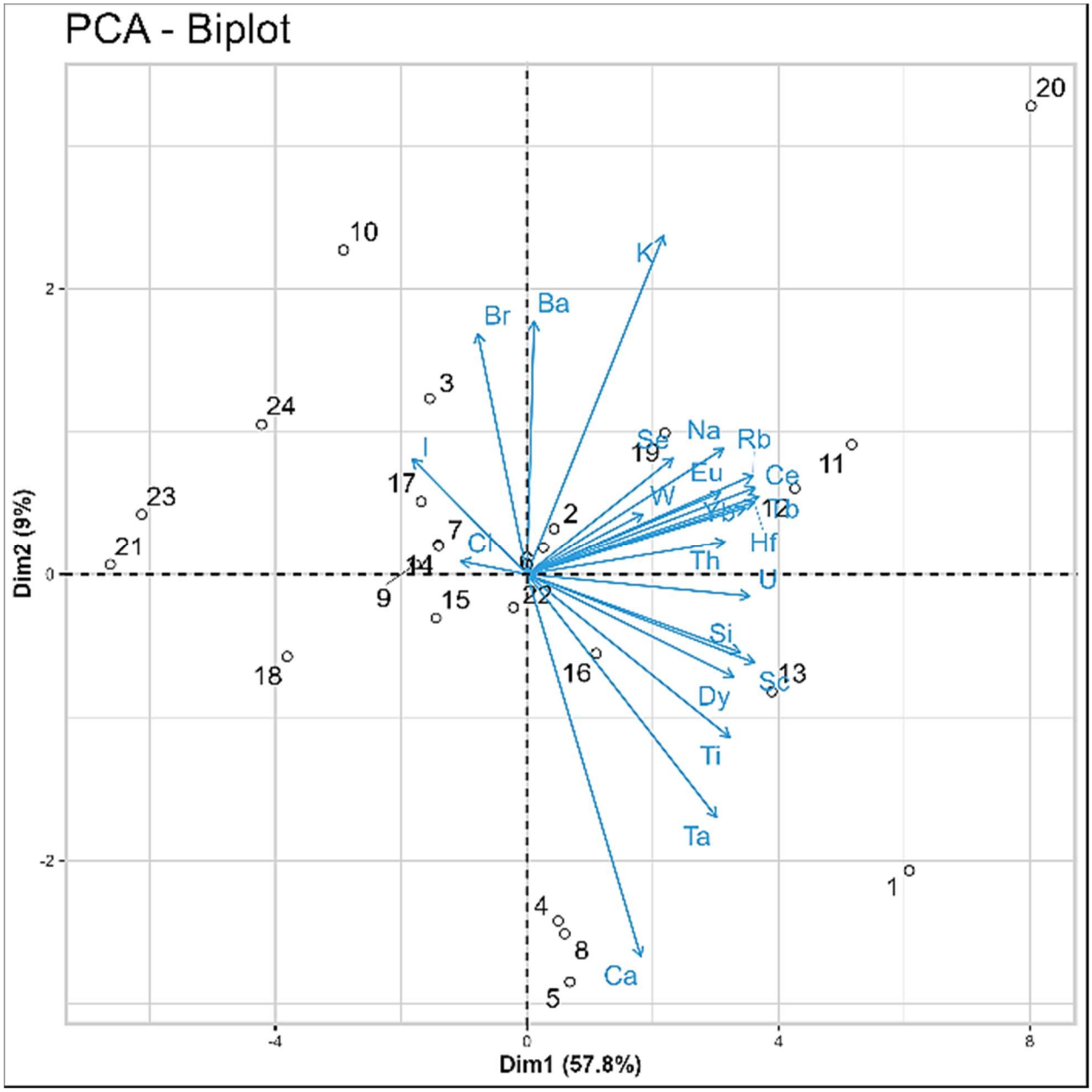


Рис. 2.30 – Ординация химических элементов миграционных потоков антропогенной природы на плоскости первых двух главных компонент по результатам нейтронно-активационного анализа бриобионтов 24-компонентной мониторинговой сети Донбасса

При увеличении операционной возможности системы обработки данных, была реализована попытка разместить все исследуемые элементы на плоскости главных компонент таким образом, чтобы совместить все данные в одном иллюстративном материале (2.31). При этом успешно был решен вопрос недостающих нескольких значений (по концентрациям отдельных элементов) из общей выборки не более 0,5% данных (Неспирный и Сафонов, 2024а).

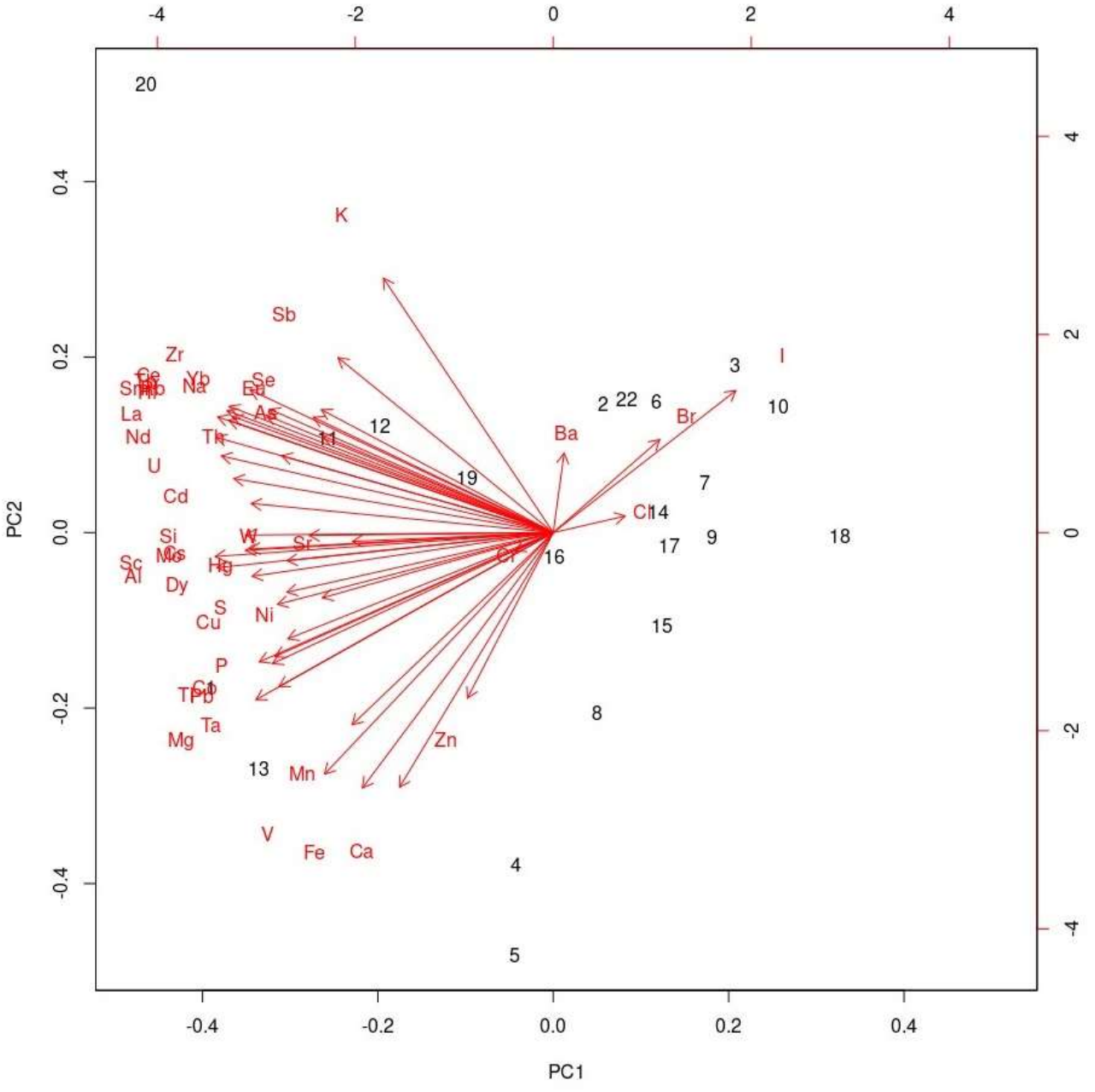


Рис. 2.31 – Ординация всех установленных концентраций химических элементов на плоскости первых двух главных компонент по результатам нейтронно-активационного анализа бриобионтов 24-компонентной мониторинговой сети Донбасса (Неспирный и Сафонов, 2024б)

При использовании метода главных компонент в обработке данных фитоиндикационного мониторинга наиболее приемлем способ визуализации, как

продемонстрировано на рис. 2.31 и 2.32, однако возможно также и отображение той же информации в поле с точными координатами, в данном случае, – по расположению точек сбора материала в совокупности геохимических данных (рис. 2.33). Также было доказано сохранение тенденций и закономерностей межэлементной взаимозависимости при анализе миграции и концентрировании элементов в тканях растительного организма-индикатора (как минимум на плоскости 8 следующих компонент).

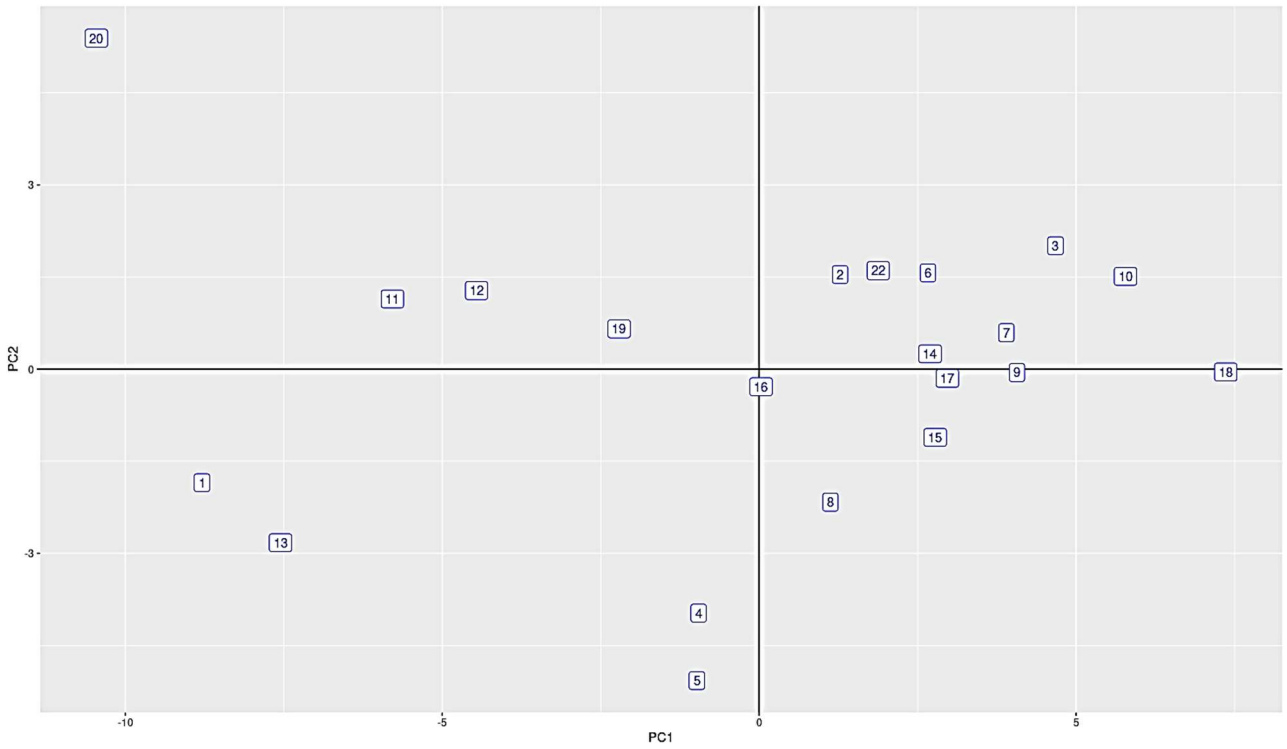


Рис. 2.32 – Координатная локализация мониторинговых точек
(по аналогии с рис. 2.31) при альтернативном способе визуализации данных
(Неспирный и Сафонов, 2024а,б с уточнениями)

Алгоритм восстановления пропущенных данных отдельно описан в публикации (Неспирный и Сафонов, 2024а). Апробированный метод позволяет восстанавливать пропущенные или объективно утраченные значения, что даёт преимущества при более точном расчете общих и частных корреляций в единичных и множественных расчетах важных для экологической диагностики показателей.

При изучении морфологической пластичности растений (Dai et al., 2023; Olmo et al., 2024) ученые устанавливают разные причины таких эффектов, в том числе и естественный полиморфизм конкретного вида, или влияние фактора (или группы факторов) на процессы развития в меняющихся экологических условиях. Оба указанных сценария изменения структурного статуса (Krzesłowska et al., 2024; Raduła et al., 2020) являются значимыми в полевой диагностике как экспресс-анализе трансформации экосистем – сопряженного процесса для всей геосистемы и откликов со стороны биотической составляющей.

Первичные сборы по разнообразию филлид мохообразных и выявленные межвидовые отличия по трансформациям в условиях увеличения техногенной

нагрузки, показаны участки, наиболее уязвимые и оцениваемые в качестве критерия индикации (рис. 2.33).

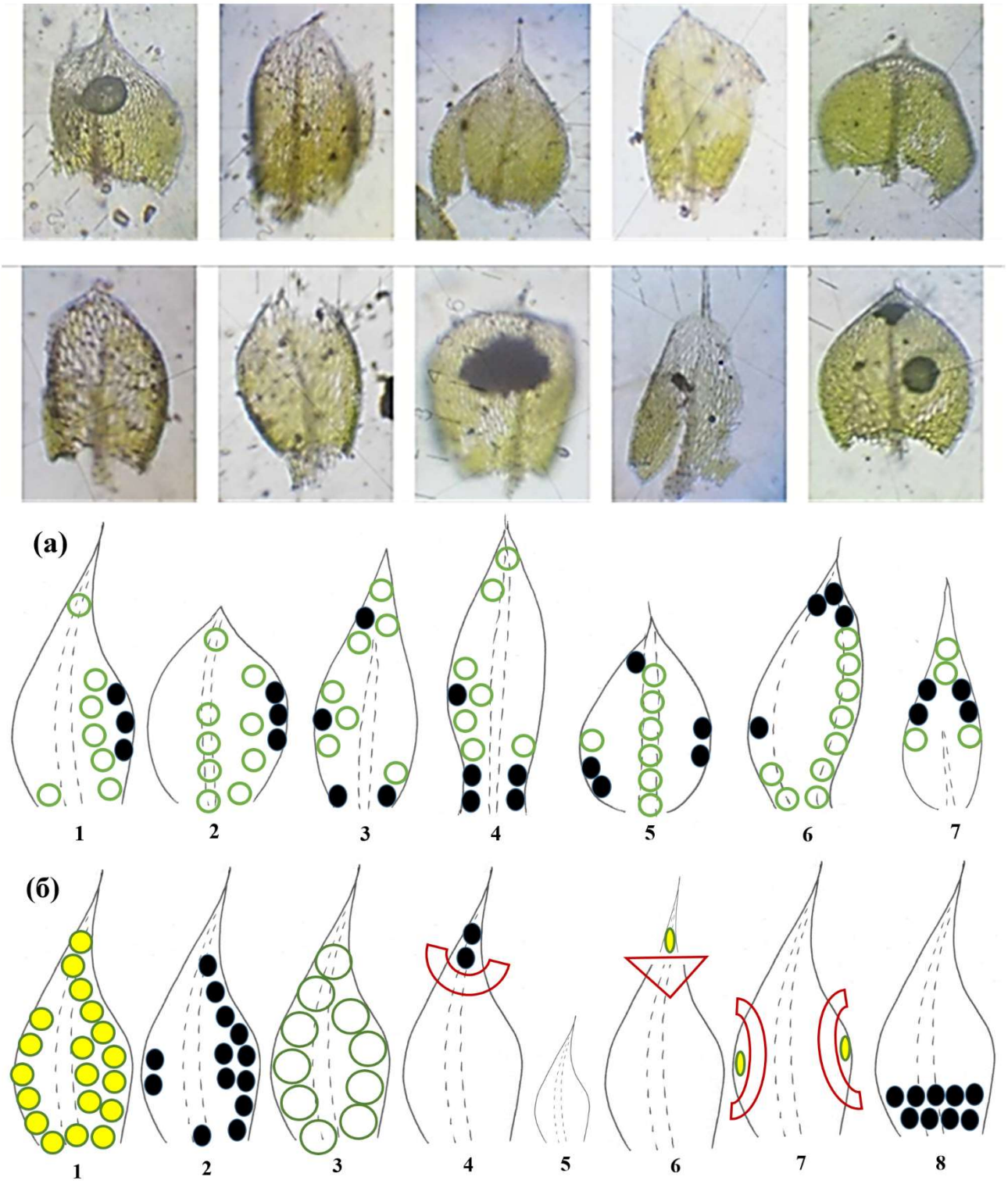


Рис. 2.33 – Типизация реакций мохообразных по морфологическим признакам строения примитивного листового аппарата: сверху – набор первичных данных полевого сбора, линия а – для разных видов (см. Сафонов, Алемасова, Зиньковская и др., 2023), б – реакции одного вида на различные загрязнители

Процессы естественного полиморфизма и атипические проявления в строении отдельных растительных тканей и органов (Самошкина и Сафонов, 2016; Стреблянская и Сафонов, 2021; Бойко и Сафонов, 2020; Сафонов, 2022з;

Дорофеева и Сафонов, 2022) являются частым примером реализуемой в Донбассе идентификации новых геопатогенных зон (рис. 2.34).

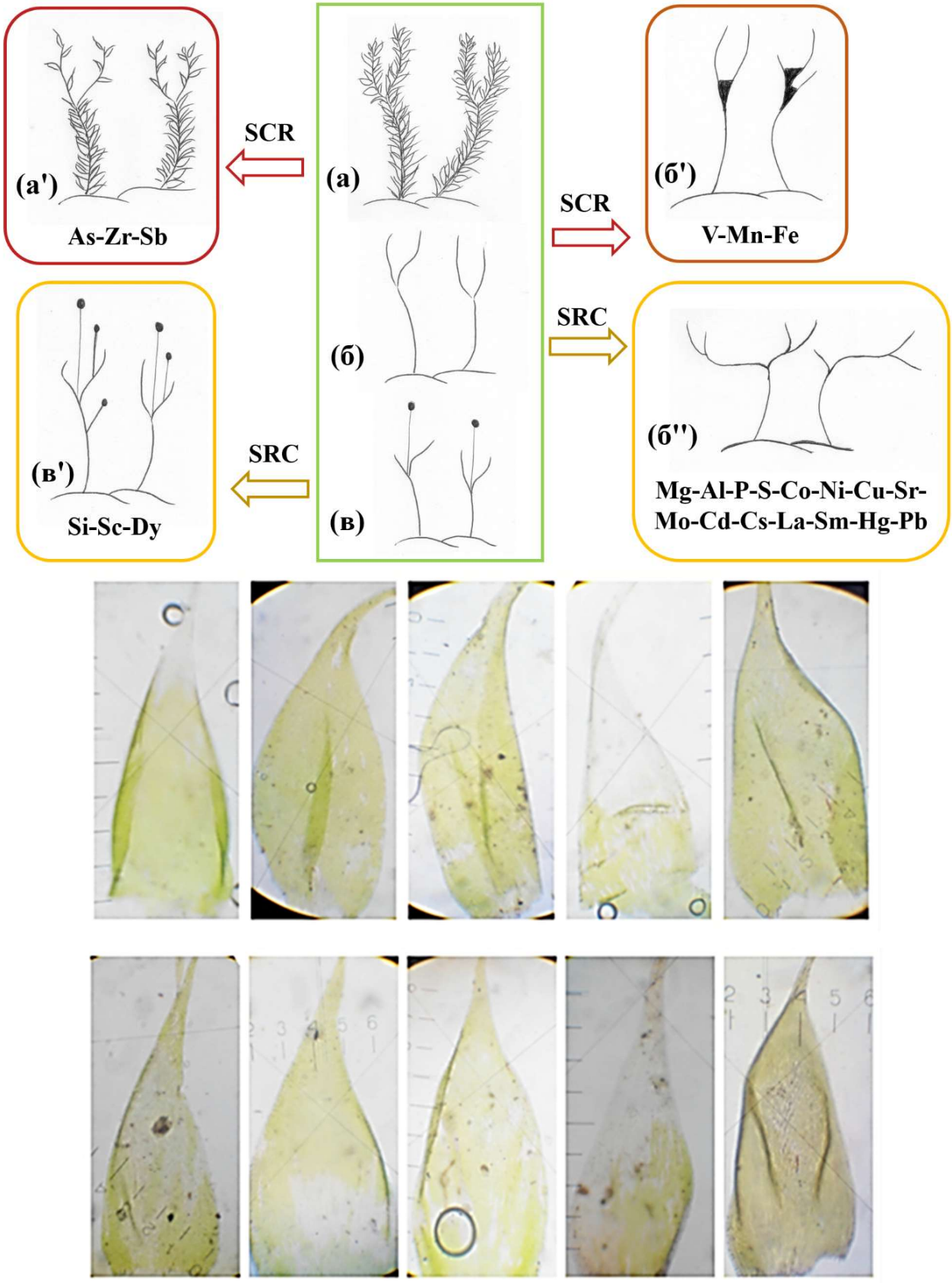


Рис. 2.34 – Реализация стратегий выживания мохообразных по разным сценариям в зависимости от групп загрязнителей и по реакциям на морфологическом уровне тератообразования (Сафонов, Алемасова, Зиньковская и др., 2023 с дополнениями)

Для отдельной серии экспериментов была поставлена задача выделить статистические данные по частоте встречаемости тератных проявлений у мохообразных в каждой точке мониторинговой сети Центрального Донбасса. Опытным путем устанавливаемые диапазоны значений каждого интервала (для картографической визуализации) дают информацию разной степени дробности и закономерностей, поэтому для примера размещены оба варианта по наиболее информативным закономерностям (рис. 2.35 и 2.36).

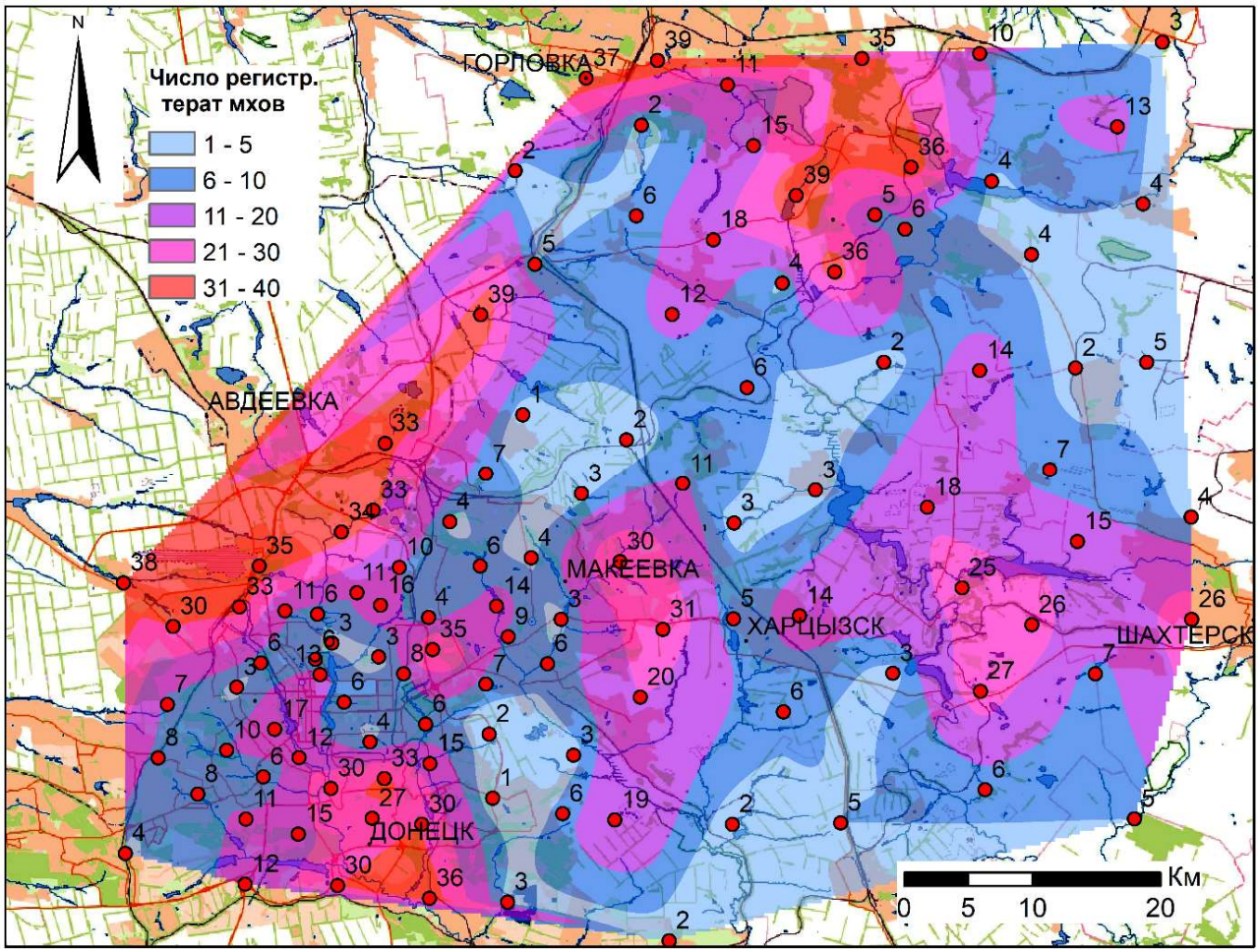


Рис. 2.35 – Распределение значений показателя тератогенеза по мохообразным при использовании отдельной 5-ступенчатой шкалы, вариант 1

Принципиальное построение картографического материала (Dujardin, Linard, Dendoncker, Stas, Van Eupen, Aerts, Van Orshoven, Somers, Aerts, Nawrot, Hendrickx, Delcloo, Duchêne et al.,, 2022; Ibáñez, Pérez-Gómez, Brevik, Cerdà, 2016; Kutyavina, Rutman, Ashikhmina, 2022) в правилах доступности экологической информации для широкого круга пользователей заставляет модифицировать конечный продукт таким образом, чтобы были видны целевые аспекты запроса, например, дифференцировать фоновые реакции, сравнить населенные пункты или определить особенность промежуточных точек геоинформационного поля. Поэтому в большинстве случаев при оценке ситуации одна карта содержит столько же информации, сколько размещено в цифровом варианте на нескольких или нескольких десятках страниц.

Если менять параметр оценивания по шкале, то «узор» значений может смещаться в зависимости от пороговости действия определяемого фактора или условий.

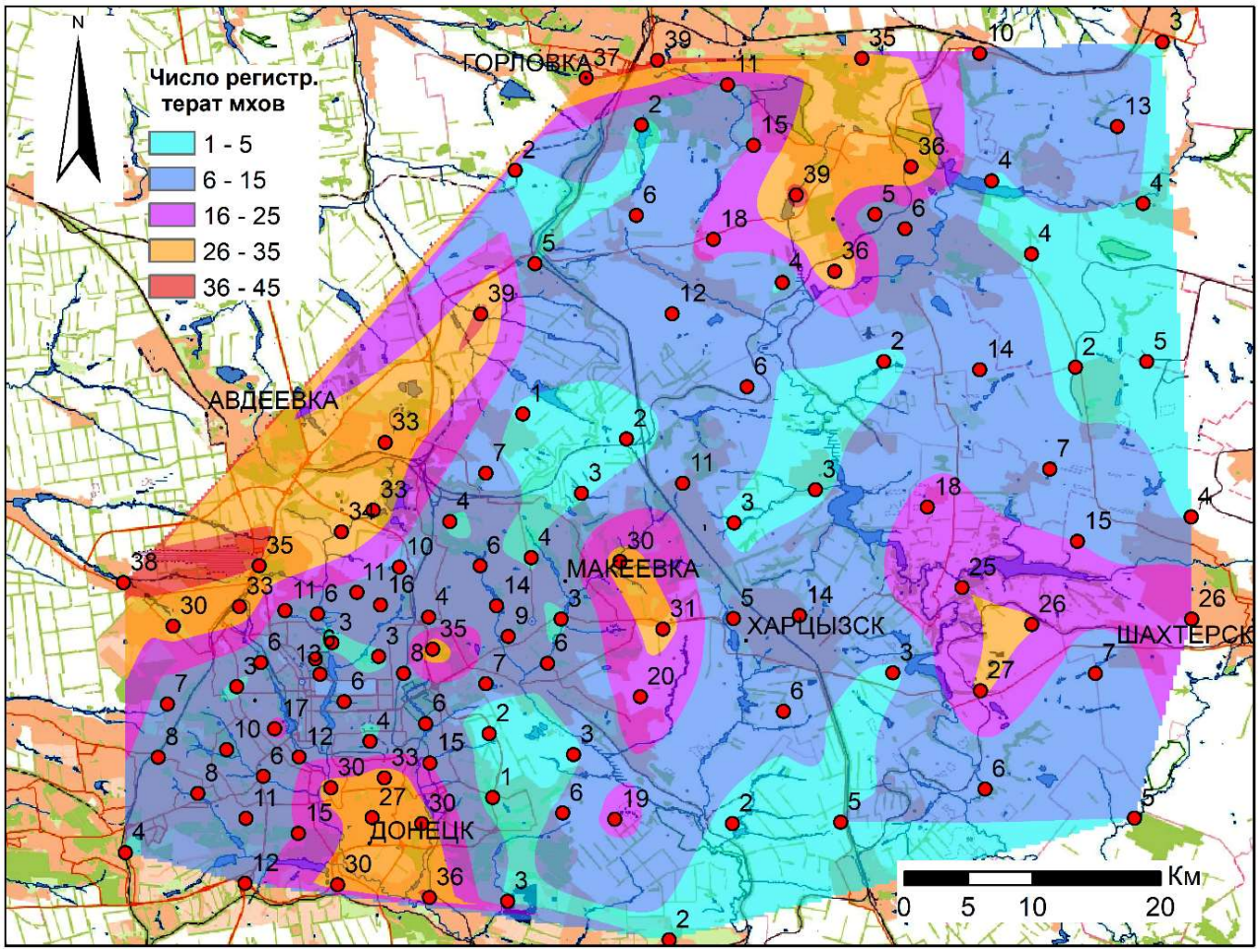


Рис. 2.36 – Распределение значений показателя тератогенеза по мохообразным при использовании отдельной 5-ступенчатой шкалы, вариант 2

Поэтому в большинстве геоэкологических публикаций существует запрос именно на наличие картографического материала (Lüttgert, Heisterkamp, Jansen, Klenke, Kreft, Seidler, Bruelheide, 2022; Suleymanov, Abakumov, Alekseev, Nizamutdinov, 2024; Szitár, Bánhidai, Csecserits, Csőszi, Halassy, Kertész, Kollányi, Schneller, Teleki, 2024) и требуется иллюстративный вариант результатов (Kuznetsova, Kuznetsova, Kushanova, 2018; Mimić, Lugonja, Šikoparija et al., 2021; Suleymanov, Polyakov, Kozlov, Abakumov, Kuzmenko, Telyagissov, 2023; Tagiverdiev, Bezuglova, Gorbov, Salnik, Sherstnev, Plakhov, 2023) не дублировать в описательном тексте, а размещать только обозначенные закономерности или результаты следующего аналитического этапа для выводов или рекомендаций к оптимизации сложившейся ситуации.

Блок по данным о редкоземельных элементах был обособлен в отдельную публикацию (Zinicovscaia, Safonov, Kravtsova, Chaligava, Germonova, 2024) и содержит иллюстративный материал по элементному составу и связи таких показателей в тканях бриобионтов с морфологическими аномалиями в цветковых растениях этих же локалитетов и времени сбора (рис 2.37-2.39).

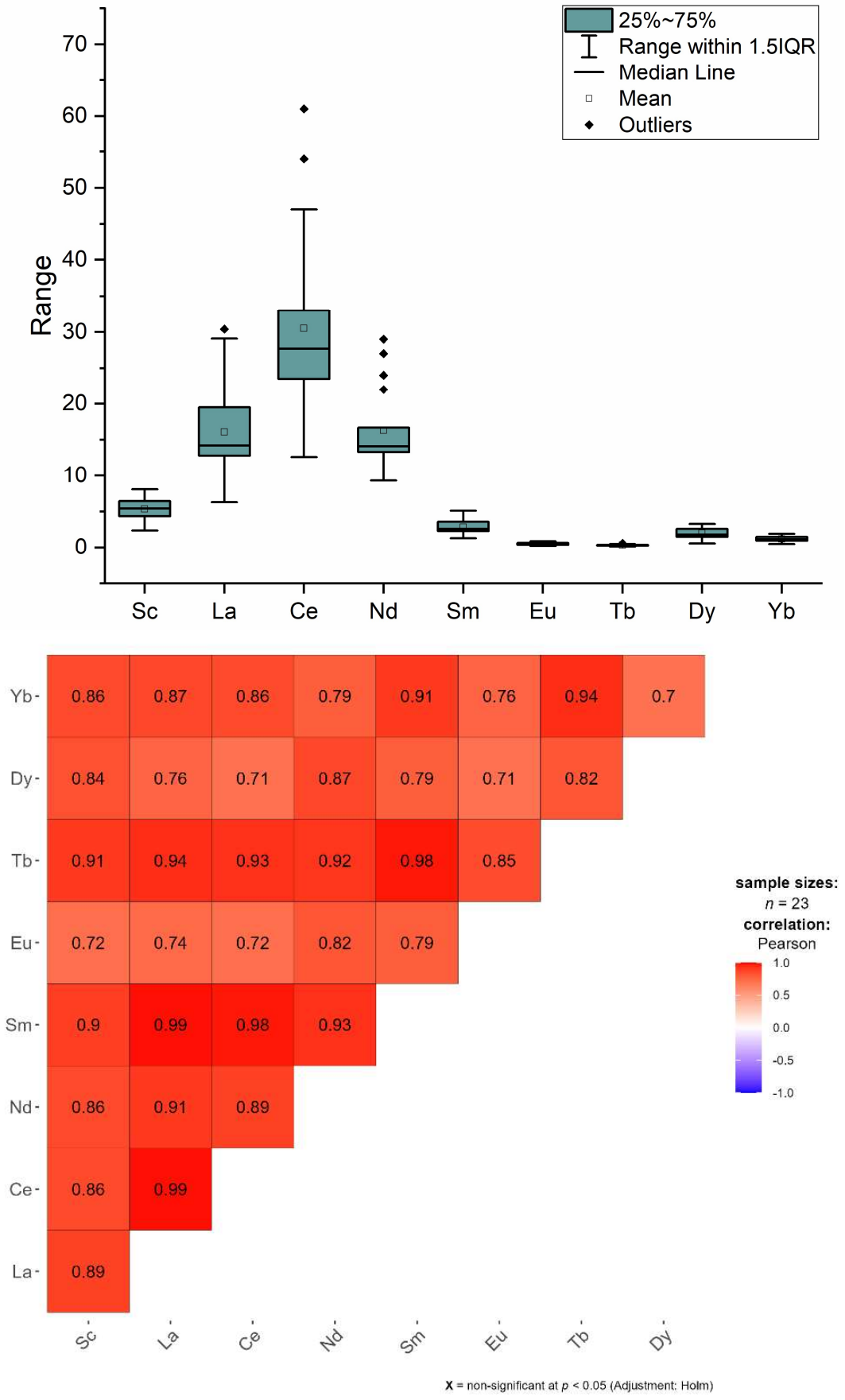


Рис. 2.37 – Диапазоны варьирования концентраций и коэффициенты парных корреляций между значениями по редкоземельным элементам в мохообразных

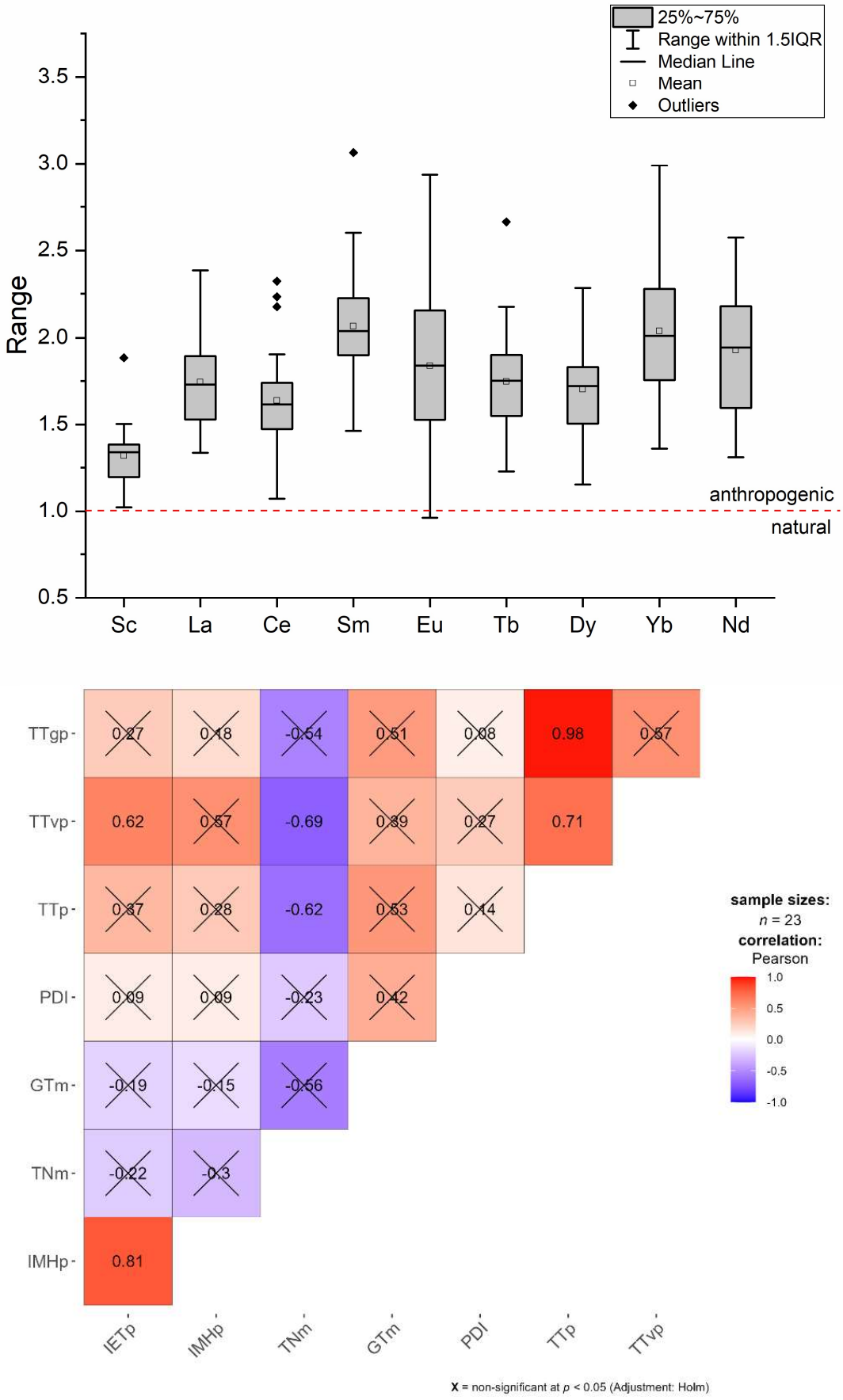


Рис. 2.38 – Боксплоты уровней содержания редкоземельных элементов в эквиваленте к естественным концентрациям (сверху), уровни парной корреляции по цветковым (снизу)

При комплексном подходе (совмещении в данном случае структурно-ботанических и химико-аналитических показателей, принадлежащих конкретным местам сбора) были апробированы возможности метода главных компонент (рис. 2.39) и определены сопряженные процессы по миграционным потокам отдельных элементов и эффектов, которые, по-видимому, они вызывают в результате техногенного (или других форм антропогенного) вмешательства в естественные биогеохимические циклы локальных экосистем. Также важно и выделять признаки в строении растений, которые являются абсолютными антагонистами уровню загрязнения конкретными элементами или группой элементов, что можно наглядно устанавливать по результатам используемого метода главных компонент.

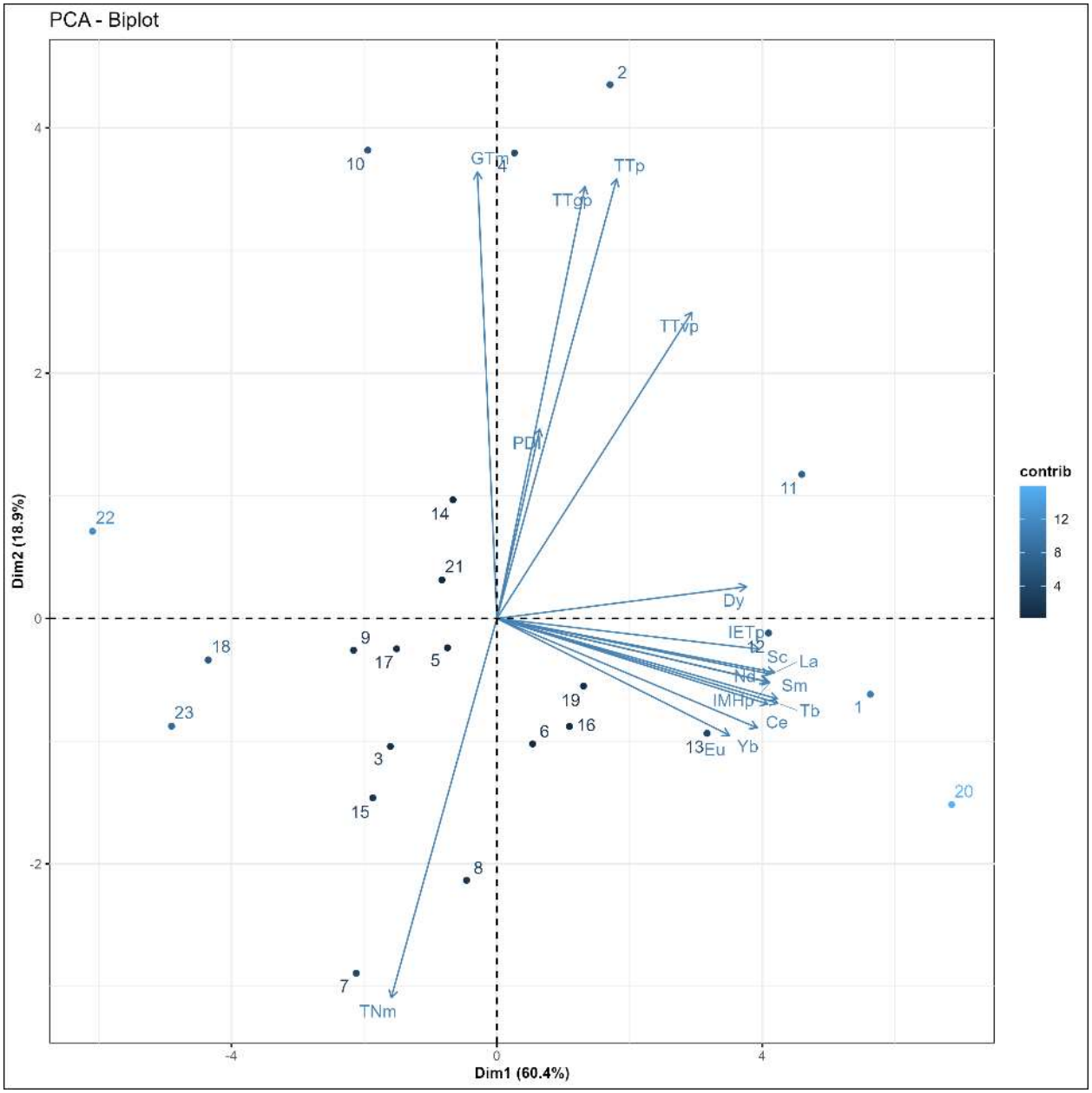


Рис. 2.39 – Ординация значений структурно-ботанического и химико-аналитического блоков на плоскости первых двух главных компонент (данные по редкоземельным элементам и признакам эмбрионального строения и общей тератологии растений), пояснения в тексте (см. Zinicovscaia, Safonov, Kravtsova, Chaligava, Germonova, 2024)

24-компенентная сеть, которая изначально была предложена к реализации программ активного мониторинга при трансплантации конкретных ботанических объектов, использована и для общей оценки уровня благосостояния растительных объектов с индикаторными свойствами.

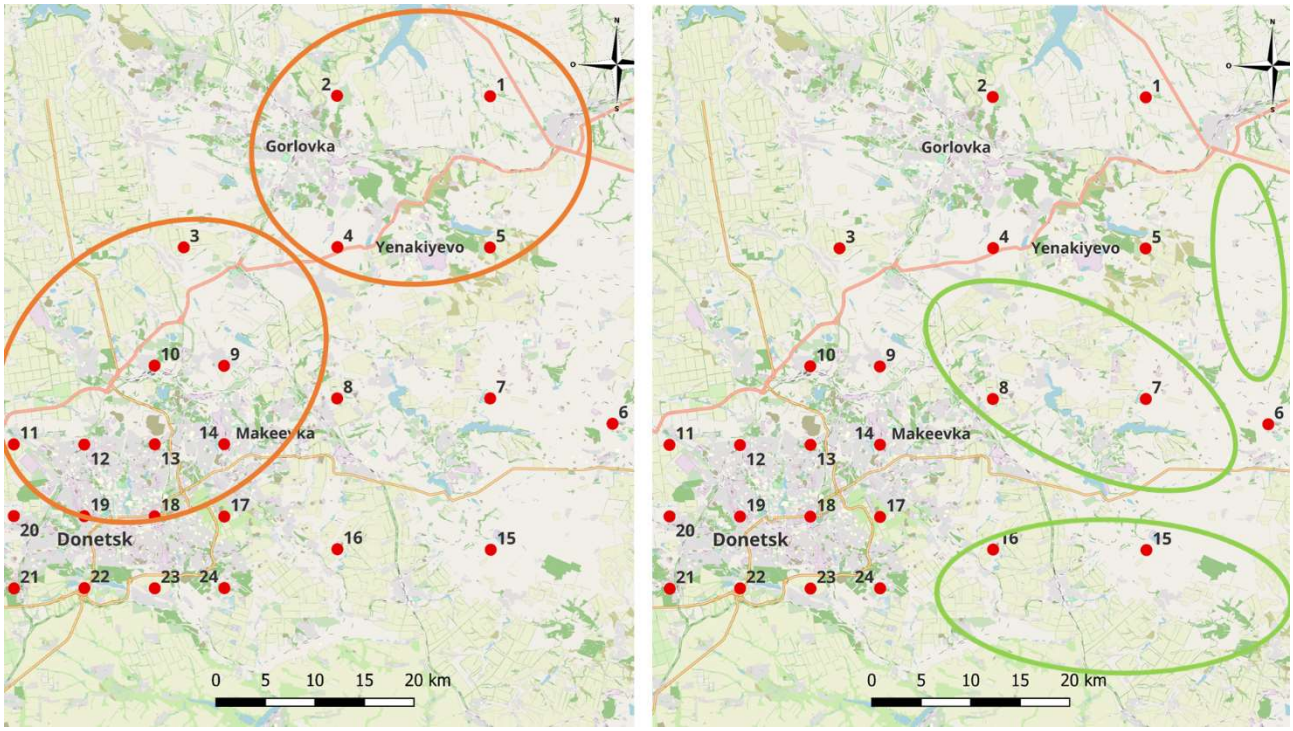


Рис. 2.40 – Обобщенные тенденции по состоянию индикаторного фона по результатам 2014-2023 гг. в перспективе на состояние в 2024 и 2025 гг.

Выявленные закономерности территориальной дифференциации и динамики базовых индикаторных показателей на участках мониторинговой сети (рис. 2.40) указывают на наличие двух разнонаправленных процессов трансформации и оптимизации среды в условиях экотопов Донбасса, что детально рассмотрено на примерах раздела публикации по тематике полемостресса.

Процесс региональной фитоиндикации и проведение экологического мониторинга на основании данных о состоянии растительных организмов, безусловно, реализуется в качестве инструмента многих фундаментальных процессов в естественнонаучном способе познания природы, в том числе в условиях антропогенных трансформаций, – это вопросы установления диапазона выносливости и устойчивости видов, экологических ниш, индикационных шкал, фитоквантификации, универсальных и специфических реакций фитокомпонентов на действие факторов специфического и неспецифического стресса.

До 2014 г. в донецком экономическом регионе, несмотря на высокий уровень промышленных разработок, соблюдались все международные регламенты и требования по нивелированию техногенного воздействия на природные экосистемы. С началом развития социальных конфликтов и

формированием условий для развития гуманитарных катастроф в Донбассе все первоначальные программы утилизации, очистки, аналитического контроля и соблюдения балансовых требований не выдержали экономической блокады и были свёрнуты. Официально озвучиваемая экологическая ситуация в регионе начала иметь политическое обоснование. Специализированная экологическая институция, как орган исполнительной власти, начала свою работу в 2017 г.

В период отсутствия государственных программ по экологическому мониторингу инициативные фитоиндикационные исследования не прерывались, став по сути единственным механизмом проведения достоверной и незаангажированной экологической экспертизы геолокальных систем степной зоны Восточной Европы – Северного Приазовья.

Таким образом, представляется возможность перечислить вопросы экологического содержания, в решении которых для экокризисного Донбасса были задействованы данные фитомониторинга с 2014 по 2024 гг.

В устных комментариях скептиков всегда существуют оговорки о невозможности стандартизации методов фитоиндикационной оценки среды, или барьерно-сложных условиях для проведения чистого эксперимента в открытых ландшафтных системах. Однако, нужно признать, что в актуальных проблемах для промышленного региона в степной зоне Европы именно фитоиндикационные методы с 2014 г. остаются востребованными, а во многих реальных случаях даже принципиально безальтернативными (Сафонов, 2022м).

По результатам научной деятельности за 2014-2016 гг. Министерством образования и науки ДНР было принято решение о регистрации с 2017 года инициативной темы «***Диагностика природных и трансформированных экотопов по состоянию фитокомпонентов***». В рамках этой темы были решены следующие научно-технические задачи (в аспекте региональных экологических проблем):

1) создан электронный мониторинговый каркас из 113 узлов для территории Центрального Донбасса, что позволило геостратегически ранжировать экотопы всей доступной для исследования территории в контексте картографической визуализации (подготовлены 32 карты о состоянии пробных площадок по уровню запыленности, биологической загрязненности, например, по пыльцевым атакам в регионе, уровню специфического тератогенеза, фитоиндикационного полиморфизма для проведения экологического мониторинга, использованы ГИС-технологии;

2) дана экспертная оценка 24-летней динамики состояния промышленных зон металлургических, коксохимических, угледобывающих предприятий, – радикальная перестройка производства в период с 2014 по 2021 гг. позволила зафиксировать и произвести дополнительную корректировку индексов фитоиндикации с учетом микроклиматических трансформаций, которые наблюдались в условиях локальных промзон в 2014, 2015 гг., по сравнению с интенсивными годами положительного теплового баланса в 2013 и 2021 гг.;

3) подробный анализ бриобионтов в Донбассе позволил провести не только современную инвентаризацию и рекомендовать несколько видов мохообразных

для включения в созологические списки республики, но и собрать однородный материал (как вариант пассивного мониторинга), а также вырастить трансплантанты толерантных ассоциаций (активный мониторинг) во всех узлах локализации наблюдательной сети, – образцы находятся на стадии анализа в Объединенном институте ядерных исследований (г. Дубна) по содержанию поллютантов и стойких органических загрязнителей, что позволит дать современную оценку экологической безопасности региона в целом;

4) проведены экспертные оценки состояния поверхностных водоемов Донбасса методами альгоиндикации, установлены причины массовых цветений некоторых водоемов в черте г. Донецка, – совместными усилиями с Общественной палатой были предприняты соответствующие меры по устранению эффекта цветения воды, разработана схема использования аэрофонтанов;

5) локализация карантинных видов растений, представляющих угрозу аборигенным флорокомплексам и информация об участках формирования неблагоприятных сорно-рудеральных нео-ассоциаций в селитебных районах задокументированы и предоставлены в местные органы исполнительной власти;

6) в некоторых локальных экотопах с помощью фитоиндикационной технологии были определены места резкой трансформации почвенно-растительного горизонта вследствие коммунальных нарушений и места очаговой милитаризационной деятельности; внедрены способы восстановления природного растительного покрова, задернения участков интенсификации почвенных эрозионных процессов.

Таким образом, доказана ведущая роль фитоиндикационной составляющей в региональных программах мониторинга и принятия решений по контролю за неблагоприятными экологическими процессами в Донбассе в период затяжного социального конфликта, когда система использования других современных высокоточных технологий в достаточном объеме не представлялась возможной.

3 ЧАСТНЫЕ ИЛЛЮСТРАТИВНЫЕ ПРИМЕРЫ ФИТОИНДИКАЦИОННОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ

Реализация научной работы в образовательном учреждении подразумевает организацию исследовательской деятельности студентов. Каждая такая работа остаётся на профильной кафедре в качестве иллюстративного доказательства сопричастности начинающих ученых к общей научной теме. На рис 3.1 предложена схема обобщающих задач фитомониторинга.

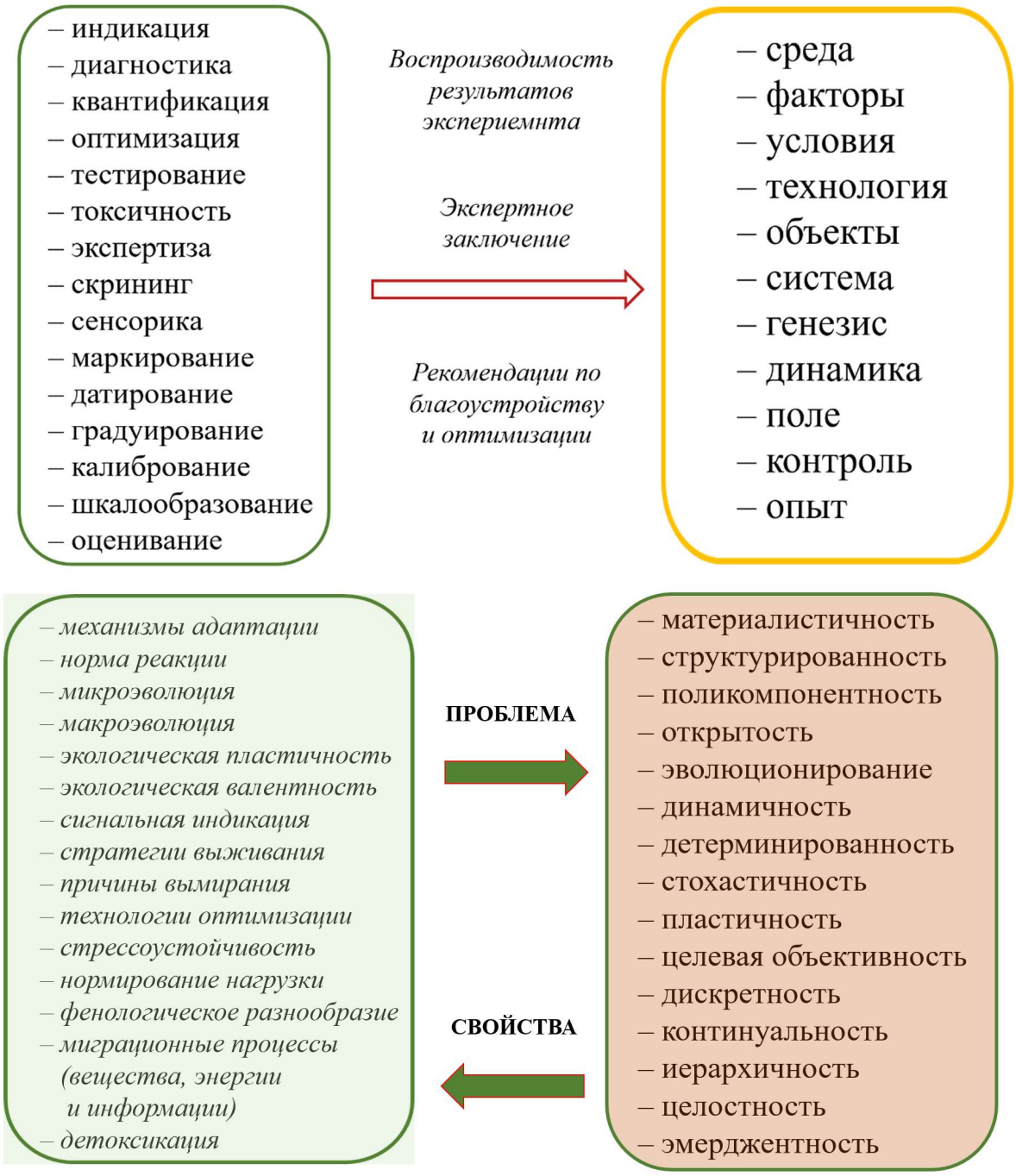


Рис. 3.1 – Обобщенное представление организации мониторинговых исследований фитоиндикационного назначения (Сафонов и Глухов, 2023 с изменениями и дополнениями; Кинаш и Сафонов, 2024)

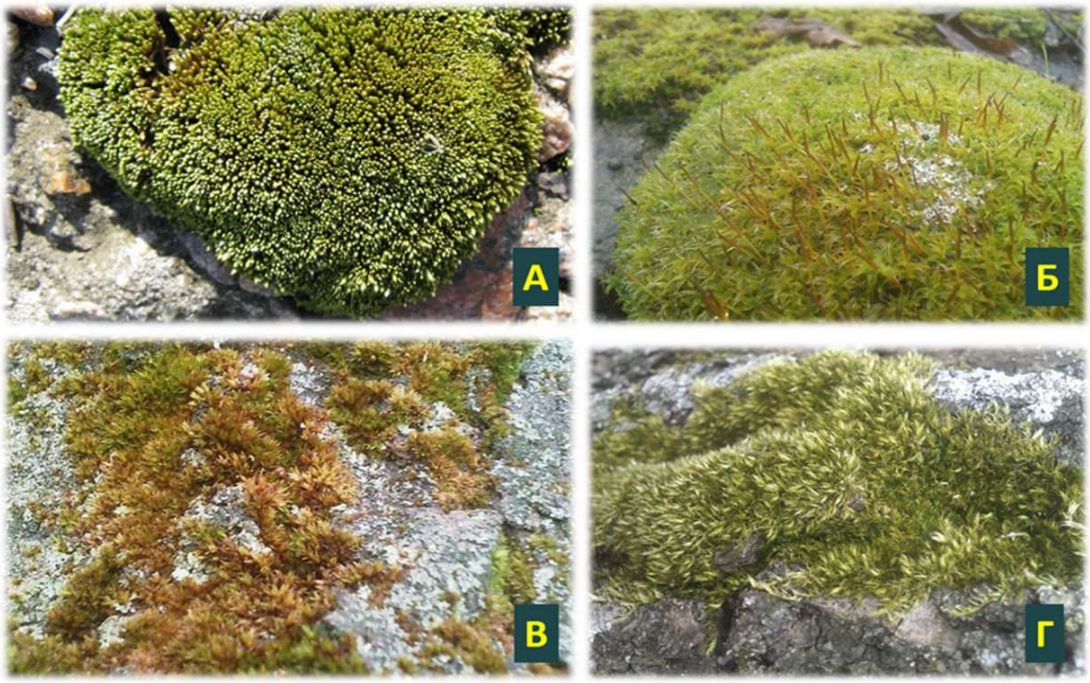
Процессность всегда сопряжена с природной средой, в которой реализуется эксперимент. Проблематика формирует перечень свойств научного направления экологического мониторинга (рис. 3.1). В традиционном представлении наукоёмкой технологии указаны классические ботанические разделы и проверенные на практике, связанные с ними, технологические приёмы решения поставленных перед учёными задач (рис. 3.2).

Рис. 3.2 – Реализация фитоиндикационных исследований на примере индустриального региона в разных аспектах и прикладных задачах (Кинаш и Сафонов, 2024; Сафонов и Глухов, 2023 с изменениями)

Военные события в Донбассе обусловили дополнительный антропогенез, в результате которого возникла необходимость изучения и способов оптимизации экотопов в условиях полемостресса (рис. 3.3).

Рис. 3.3 – Глубоко проникающие (А, Б) и поверхностные (В, Г) нарушения сформированного растительного и почвенного покрова – объекты мониторинговых исследований факторов полемостресса (Гунченко и Сафонов, 2023, 2024; Морозова и Сафонов, 2016 с изменениями и дополнениями)

Неизбежными являются сукцессионные процессы, в том числе с вовлечением почвенных водорослей и пионерных мохообразных в процесс восстановления нарушенной экосистемы и формирования защитного ценотического барьера в первую очередь антиэрозионного функционала в местах резкого нарушения поверхностных горизонтов (рис. 3.4).



Жизненные формы бриофитов, характерные для разных стадий сукцессионного процесса: *Bryum argenteum* Hedw. (А), *Syntrichia ruralis* (Hedw.) F. Weber & Mohr (Б), *Phascum cuspidatum* Hedw. (В) и *Pylaisia polyantha* (Hedw.) Schimp. (Г)

Пионерные *поселения Orthotrichum speciosum* Nees*, Syntrichia ruralis* (Hedw.) F. Weber & Mohr, *Tortula muralis* Hedw. (А) и *Orthotrichum speciosum* Nees*, Leskea polycarpa* Hedw., Ceratodon purpureus (Hedw.) Brid, Brachythecium salebrosum (F.Weber & D.Mohr) Bruch (Б)

Рис. 3.4 – Бриофиты в пионерных поседениях в локалитетах резкого нарушения почвенного и растительного горизонтов в воронках после взрывов (Гунченко и Сафонов, 2024; Сафонов и Морозова, 2017; Сафонов, 2023б, 2023ж с дополнениями)

В локальном эксперименте реализованы фрагменты наблюдений за процессами компактизации экологических ниш в местах послевоенных событий на селитебной территории г. Донецка (рис. 3.5)

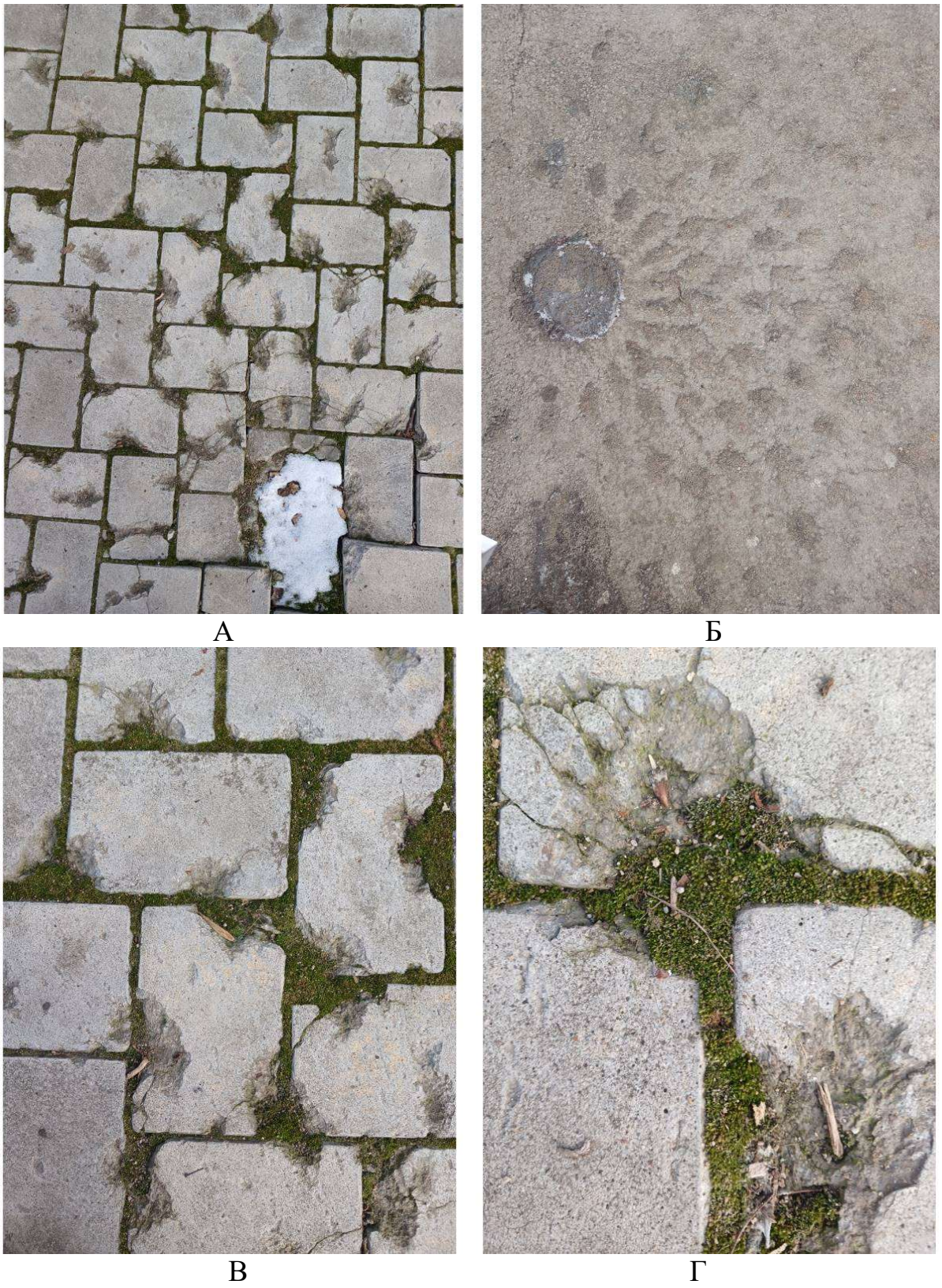


Рис. 3.5 – Моховый покров из первичных ассоциаций на тротуарной плитке (А, В, Г) и асфальтном покрытии (Б) в Донецке (Иванюк и Сафонов, 2024)

Открытые пространства в результате полемо-трансформации (кассетные снаряды) занимаются пионерными видами мохообразных в первый же год после своего образования (рис. 3.6) в г. Донецке.

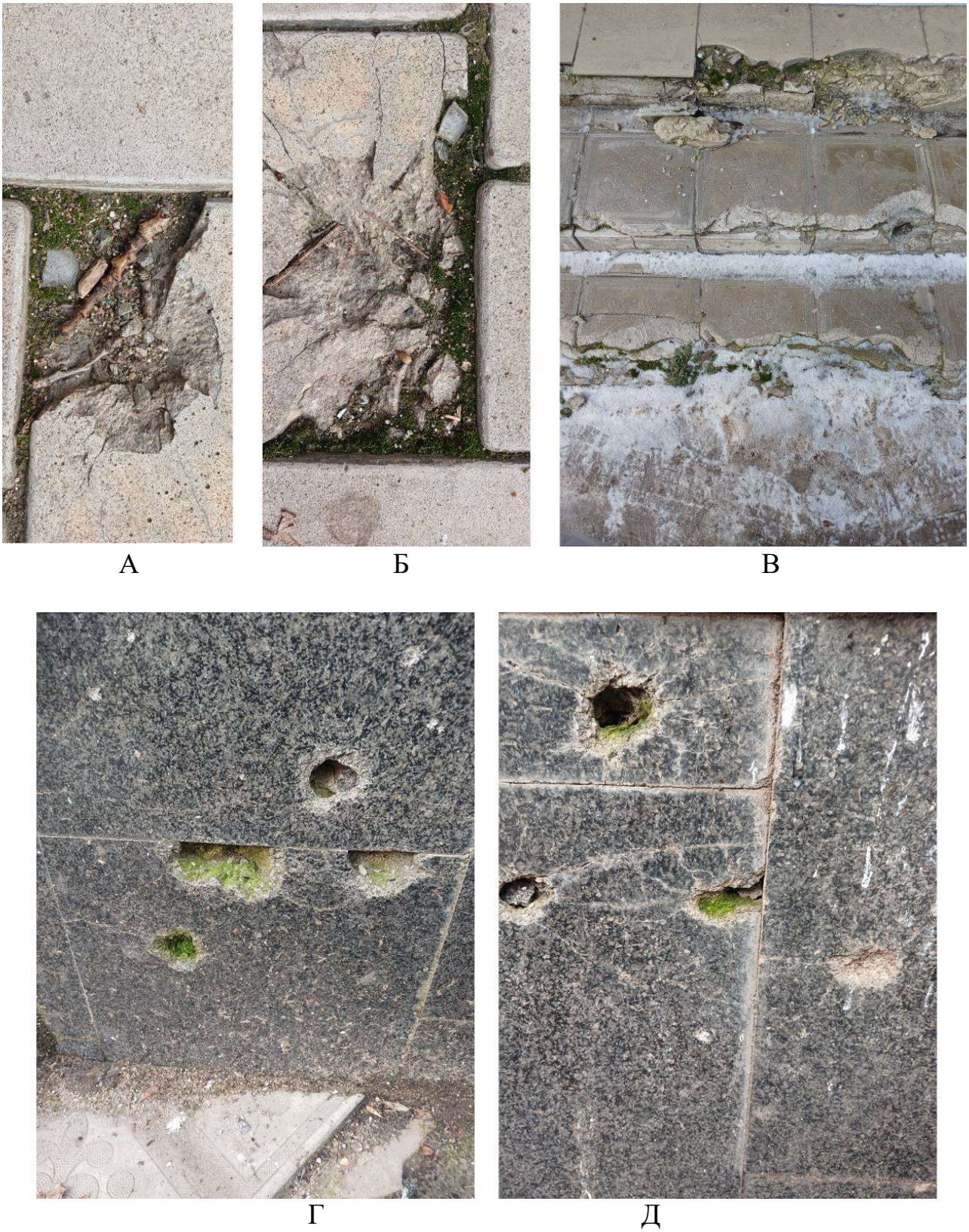


Рис. 3.6 – Виды рода *Bryum* в компактизации первичных ниш после взрывов кассетных снарядов в горизонтали (А, Б), ступеньках (В) и вертикали (Г, Д) (Иванюк и Сафонов, 2024)

Апробирован способ проведения датировки поверхностей, на примере селитебных экотопов Донецка (территория университетского студгородка). Динамика показана на рис. 3.7, 3.8.

А

Б

Рис. 3.7 – Сукцессионный ряд обрастания поверхности тротуарной плитки по мере отсутствия фактора вытаптывания и ухода: А – 1–3 года, Б – 3–5 лет (Васильева и Сафонов, 2024)

Рис. 3.8 – Вторичные сукцессионные процессы формирования мохового покрова на искусственных субстратах в условиях городской среды; пр. Театральный, г. Донецк, (Васильева и Сафонов, 2024)

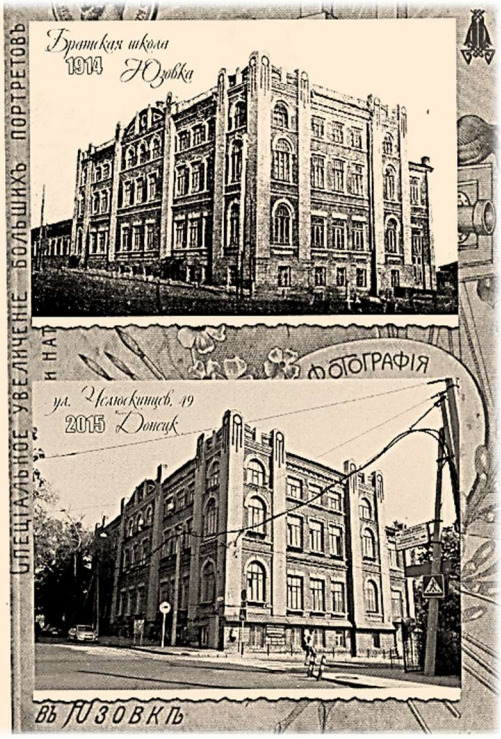
В 2023-2024 гг. были инициированы и проведены первые исследования по инвентаризации мохообразных для самых старинных зданий Донецка. Результаты представлены коллажной комбинацией описания, иллюстраций и добавленного инвентаризационного списка видов бриофитов (рис. 3.9, 3.10).

Братская школа

В 1893 году священником А.Г. Матвеевским было образовано Свято-Преображенское братство. В 1896 году братство открыло в ограде Преображенской церкви (находилась в современном сквере Павших коммунаров) одноклассную церковно-приходскую школу. В 1901 году школа была преобразована в двухклассное училище. В 1914 году училище въехало в новое здание на пересечении Девятой линии и Малого проспекта. Автор проекта Е.О. Конкин. Братская школа тогда смогла принять для обучения 600 ребят. Их обучали 12 учителей и 4 священника.

В 1917 году Братская школа была переименована в Первое городское двухклассное училище, перешло в подчинение городскому самоуправлению. В 1920-30гг. здание занимал Донецкий индустриальный институт, затем Сталинский медицинский институт. До недавнего времени в здании размещалась вечерняя школа и курсы автоводителей.

Grimmia pulvinata (Hedw.) Sm., *Brachythecium salebrosum* (F.Weber & D.Mohr) Bruch et al., *Syntrichia ruralis* (Hedw.) F. Weber & Mohr, *Tortula mucronifolia* Schwaegr., *Orthotrichum pallens* Bruch ex Brid., *Pleurozium schreberi* (Willd. ex Brid.) Mitt, *Bryum argenteum* Hedw., *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid, *Bryum caespiticium* Hedw., *Brachythecium campestre* (Müll.Hal.) Bruch et al., *Bryum capillare* Hedw.



Коммерческое училище

Восьмиклассное коммерческое училище Юзовского общества «Просвещение» было создано по инициативе юзовских купцов и предпринимателей и открыто 30 августа 1909 года. В январе 1912 года училище переехало в собственное здание на Первой линии. С начала образования училища главой попечительского совета был избран Павел Феодорович Гордеев – управляющий Юзовской базарной конторой Новороссийского Общества прапорщик кавалерии в отставке. В коммерческом училище обучали профессиям бухгалтера, контролера, приказчика в торговых фирмах и на промышленных предприятиях. Специальные предметы: техническая химия, товароведение, законоведение, политэкономия, история торговли, коммерческая география, коммерческая арифметика, коммерческая корреспонденция, бухгалтерия. Последний выпуск учащихся состоялся в 1918 году.

Сейчас в бывшем здании коммерческого училища разместился 2-й учебный корпус Донецкого национального технического университета.

Bryum argenteum Hedw., *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid, *Bryum caespiticium* Hedw., *Brachythecium campestre* (Müll.Hal.) Bruch et al., *Bryum capillare* Hedw., *Grimmia pulvinata* (Hedw.) Sm., *Brachythecium salebrosum* (F.Weber & D.Mohr) Bruch et al., *Syntrichia ruralis* (Hedw.) F. Weber & Mohr

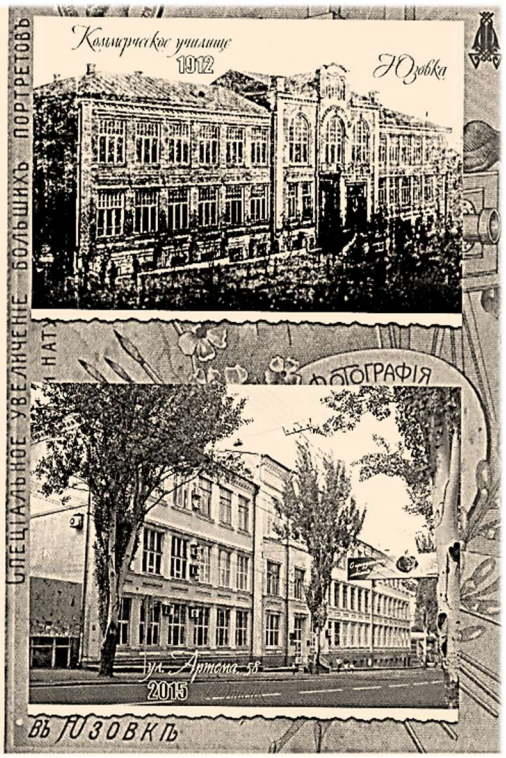


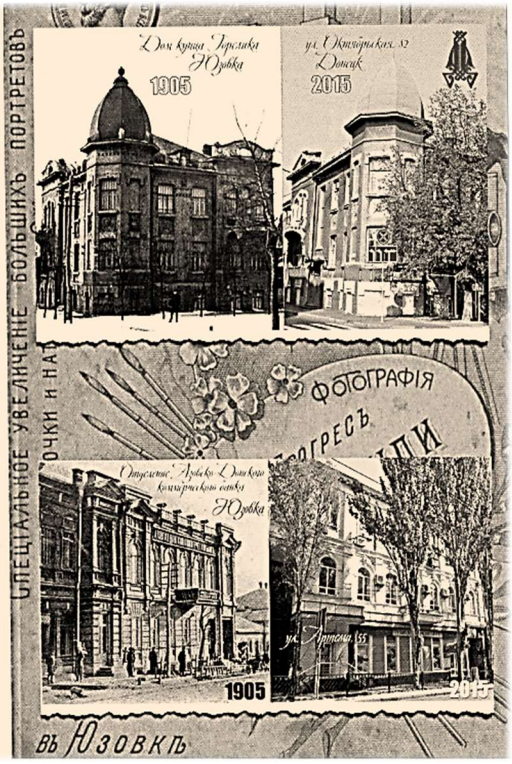
Рис. 3.9 – Бриофиты на поверхностях зданий Братской школы и Коммерческого училища, инвентаризация 2023-2024 гг.
(Жбадинский и Сафонов, 2024; Кишкань, 2015 (открытки), 2016)

Дом купца Горелика.
Отделение Азовско-Донского коммерческого банка.

Здание построено между 1901–1905 годами для купца Горелика. Рувим Горелик имел на 1-й линии заведение шорно-скобяной торговли и был владельцем завода хлебной выделки кожи. Решение фасадной части здания выполнено в стиле модерн. Угол здания подчеркнут гранёной башней с заостренным куполом. Здание выделяется среди других донецких построек причудливыми очертаниями балконов, динамичным обрамлением окон, сдержанным декором фасадов и вставками облицовки из керамической плитки.

Юзовское отделение Азовско-Донского коммерческого банка располагалось в здании, построенном около 1905 года, по Первой линии, 51. В 1930-50-е гг. в здании размещались областной и городской финотделы. Азовско-Донской коммерческий банк был основан в 1871 году в Таганроге. Отделения банка действовали в 65 городах Российской империи. Основной капитал в 1913 году составлял 50 млн. руб.

Bryum argenteum Hedw., *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid, *Bryum caespiticium* Hedw., *Brachythecium campestre* (Müll.Hal.) Bruch et al., *Bryum capillare* Hedw., *Grimmia pulvinata* (Hedw.) Sm., *Tortula mucronifolia* Schwaegr., *Orthotrichum pallens* Bruch ex Brid., *Pleurozium schreberi* (Willd. ex Brid.) Mitt



Отделение Государственного банка

По предложению Съезда горнопромышленников юга России Государственный банк в декабре 1893 года открыл в Юзовке свое отделение. Даже в уездном городе Бахмуте не было отделения Госбанка, только казначейство. Здание, в котором находилось отделение Государственного банка, сохранилось и в перестроенном виде (ул. Артема, 57) входит в комплекс поликлиники горбольницы №1. Но сюда отделение банка переехало в 1906 году, а до этого находилось в Школьном переулке рядом с Народным училищем Новороссийского общества. Сегодня эта территория примыкающей к металлургическому заводу трикотажной фабрики между улицами Артема и Кобозева. Новое здание банка было построено около 1906 года. С 1907 года в нем также располагалось казначейство, а потом и сберегательная касса. До Великой Отечественной войны в здании находился Сталинский медицинский институт, на кафедре химии которого работал выдающийся советский писатель Василий Гроссман.

Weissia controversa Hedw., *Orthotrichum pumilum* Sw., *Polytrichum juniperinum* Hedw., *Bryum argenteum* Hedw., *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid, *Bryum caespiticium* Hedw., *Brachythecium campestre* (Müll.Hal.) Bruch et al., *Bryum capillare* Hedw., *Amblystegium serpens* (Hedw.) Schimp.

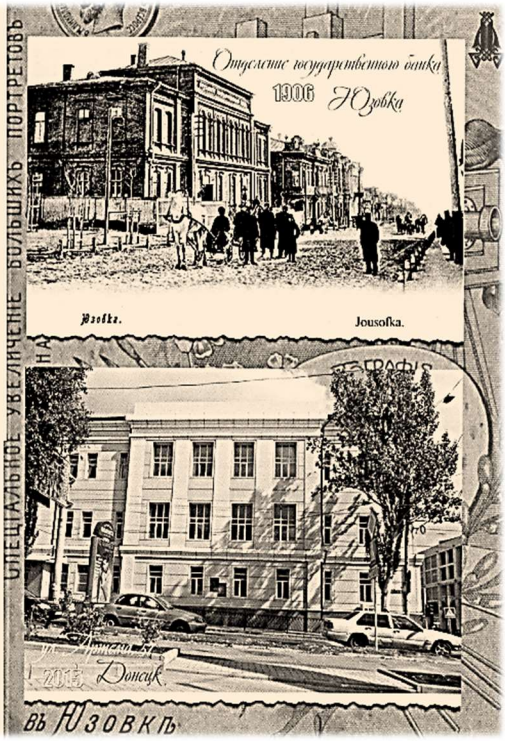


Рис. 3.10 – Бриофиты на поверхностях зданий Дома купца Горелика и отделения Государственного банка, инвентаризация 2023-2024 гг.
(Жбадинский и Сафонов, 2024; Кишкань, 2015 (открытки), 2016).

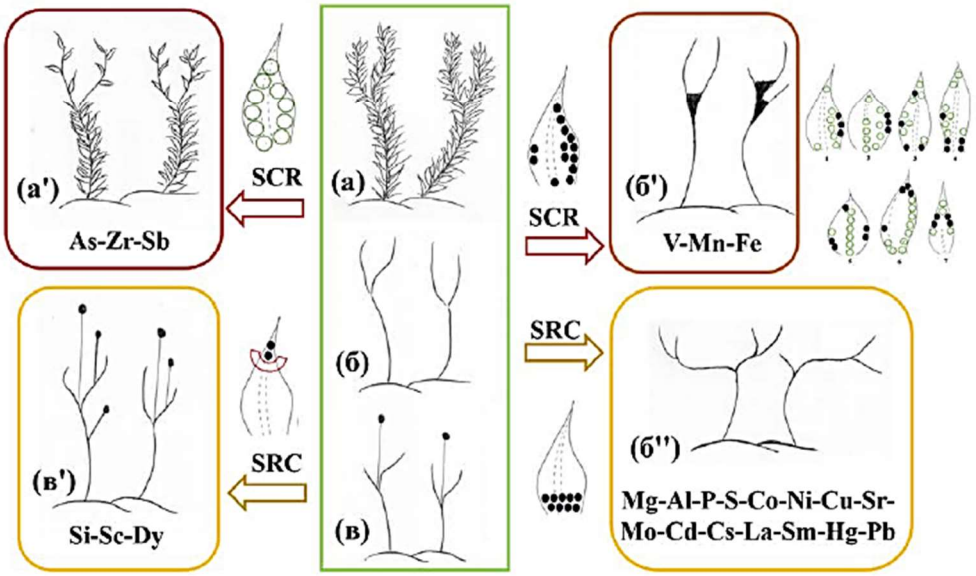
По результатам первичного мониторинга установлено, что наличие мохообразных и их видовое богатство связано с характером субстрата и степенью его сезонного увлажнения. При этом, по-видимому, мохообразные не оказывают разрушающего эрозионного эффекта для объектов архитектуры.

Широко представлены результаты работы по фитомониторингу на экологических конференциях, выставках международных научных мероприятий в качестве экспонатов (рис. 3.11, рис. 3.12).

ФИТОДИАГНОСТИКА ГЕОХИМИЧЕСКИХ АНОМАЛИЙ

Авторы: Сафонов А.И.[1], зав. каф. ботаники и экологии, к.б.н., доц.,
Алемасова А.С.[2], зав. каф. аналитической химии, д.х.н., проф.,
Зиньковская И.И.[3], начальник сектора Лаборатории
нейтронной физики ОИЯИ, д.х.н., ст.н.с.
Руководитель: Сафонов А.И., зав. каф. ботаники и экологии, к.б.н., доц.

[1]Кафедра «Ботаники и экологии»
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет»
[2]Кафедра «Аналитической химии»
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет»
[3]Лаборатория нейтронной физики, Международная межправительственная организация «Объединенный институт ядерных исследований», г. Дубна, РФ



Технология использования бриобионотов в условиях техногенного геохимического контраста экотопов Донбасса: (а) – морфологическая норма, (б) – схема габитуса, (в) – стадия спорофита (норма), (а') – олигомеризации, (б') – фасциации, (б'') – дистопии, (в') – пролификации; SCR – патиентные стратегии; SRC – эксплерентные стратегии выживания видов

Разработка относится к области экотоксикологической оценки природных сред в регионе с высоким уровнем антропогенной трансформации. Реализуемый экологический мониторинг осуществляется по ключевым индикаторам: ингредиентному анализу фитомассы экспонированных мхов (атомно-абсорбционный и нейтронный активационный анализ) и специфическим аномалиям строения растений в условиях техногенного геохимического контраста экотопов Донбасса.

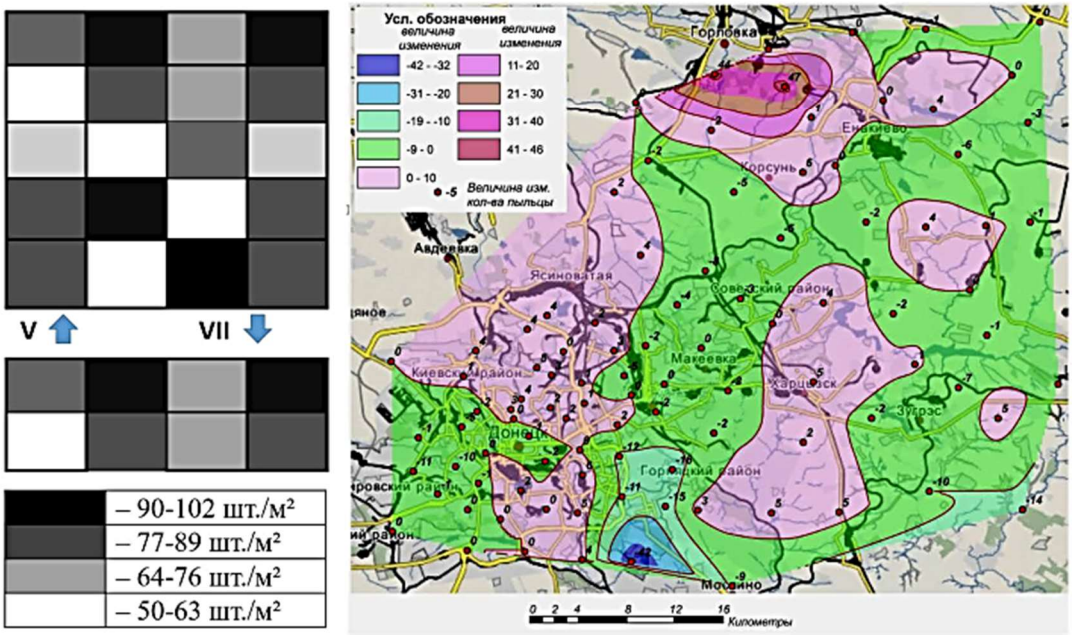
Рис. 3.11 – Экспонат № 1 выставки Международного форума «Инновационные перспективы Донбасса» в 2023 году об использовании мохообразных в идентификации новых геохимических аномалий (Палагута и Сафонов, 2024)

КАЛЕНДАРЬ ЦВЕТЕНИЯ И ПЫЛЕНИЯ В ДОНБАССЕ

Авторы: Сафонов А.И.[1], зав. каф. ботаники и экологии, к.б.н., доц., Мирненко Н.С.[1], асс., аспирант каф. ботаники и экологии, Гермонова Е.А.[2], доц. каф. геоинформатики, геодезии и землеустройства, к.т.н.

Руководитель: Сафонов А.И.[1], зав. каф. ботаники и экологии, к.б.н., доц.

[1]Кафедра «Ботаники и экологии»
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет»
[2]Кафедра «Геоинформатики, геодезии и землеустройства»
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный технический университет»

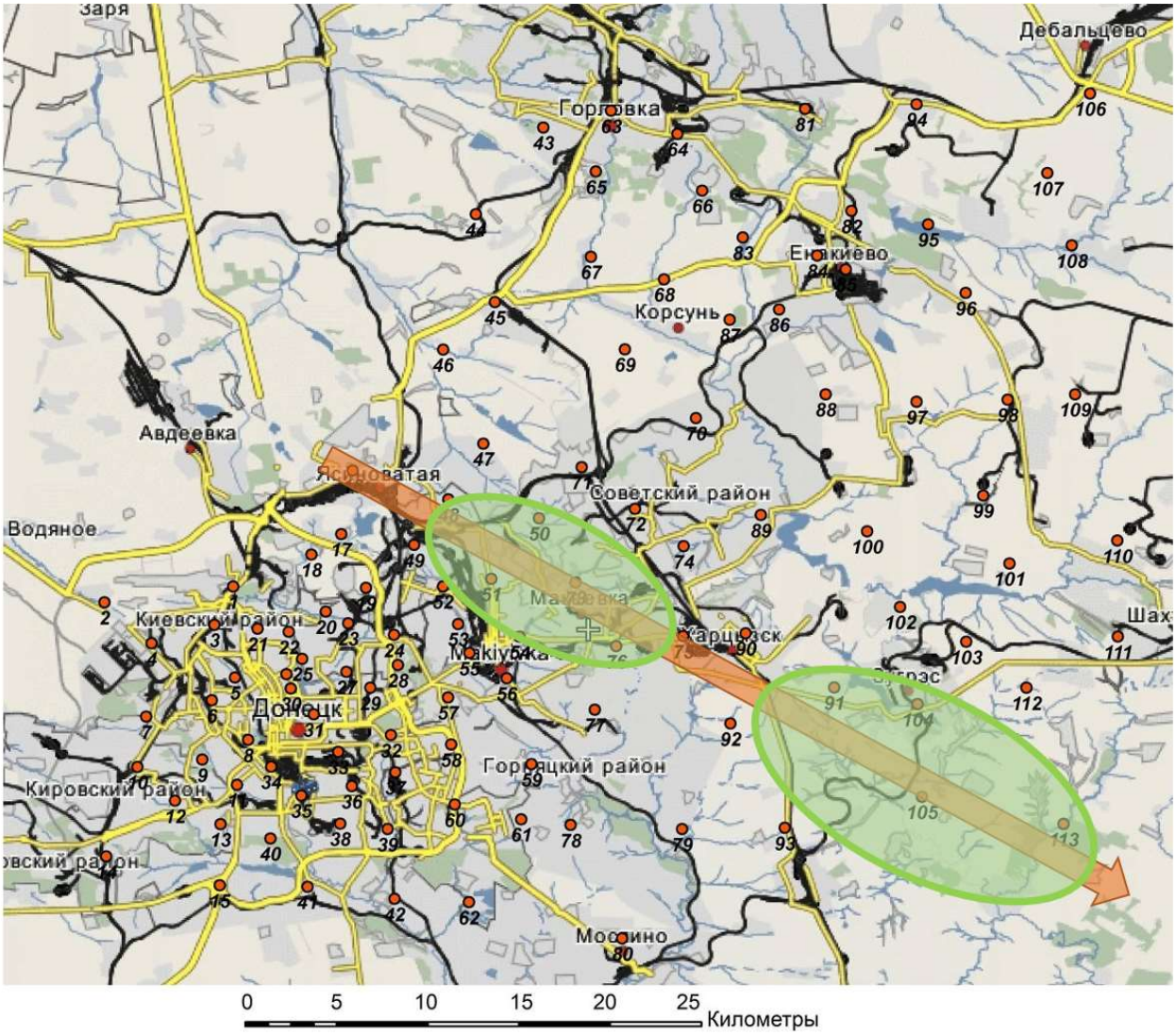


Технология сбора, идентификации и геостратегической экстраполяции данных аэропалинологического мониторинга в Центральном Донбассе

Система аэробиологических данных является неотъемлемой частью санитарно-гигиенического нормирования природных сред в урбанизированных регионах. Разработка включает фенологические наблюдения, фиксирование данных в разные декады палинологических циклов, учет содержания пыльцевых и пылеватых структур в приземном слое атмосферы по концентрированию в ловушках оседания, выделение периодов и мест формирования риска поллинозов в населенных пунктах Донбасса, уточнение локалитетов и сравнение динамики за разные годы сбора полевой информации, территориальное моделирование процессов биологического загрязнения воздушной среды.

Рис. 3.12 – Экспонат № 2 выставки Международного форума «Инновационные перспективы Донбасса» в 2023 году о палинологических исследованиях в регионе (Палагута и Сафонов, 2024)

Важной методической частью анализа закономерностей экологической информации является технология профилирования (рис. 3.13).



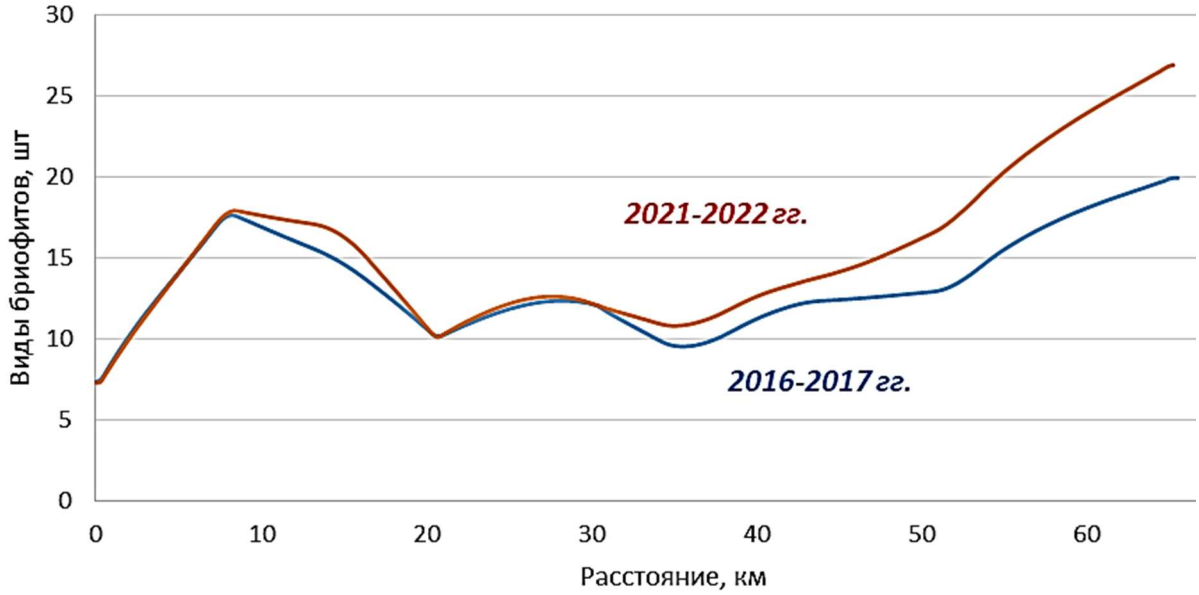


Рис. 3.13 – Пример пояснения к процедуре внедрения метода профилирования по картографическим данным фитоиндикационного назначения (Зусарь и Сафонов, 2024)

Для территорий геохимического контраста по конкретным технофильным элементам составлены схемы с наиболее коррелирующими признаками атипичного строения пыльцы индикаторных видов растений (рис. 3.14, 3.15).

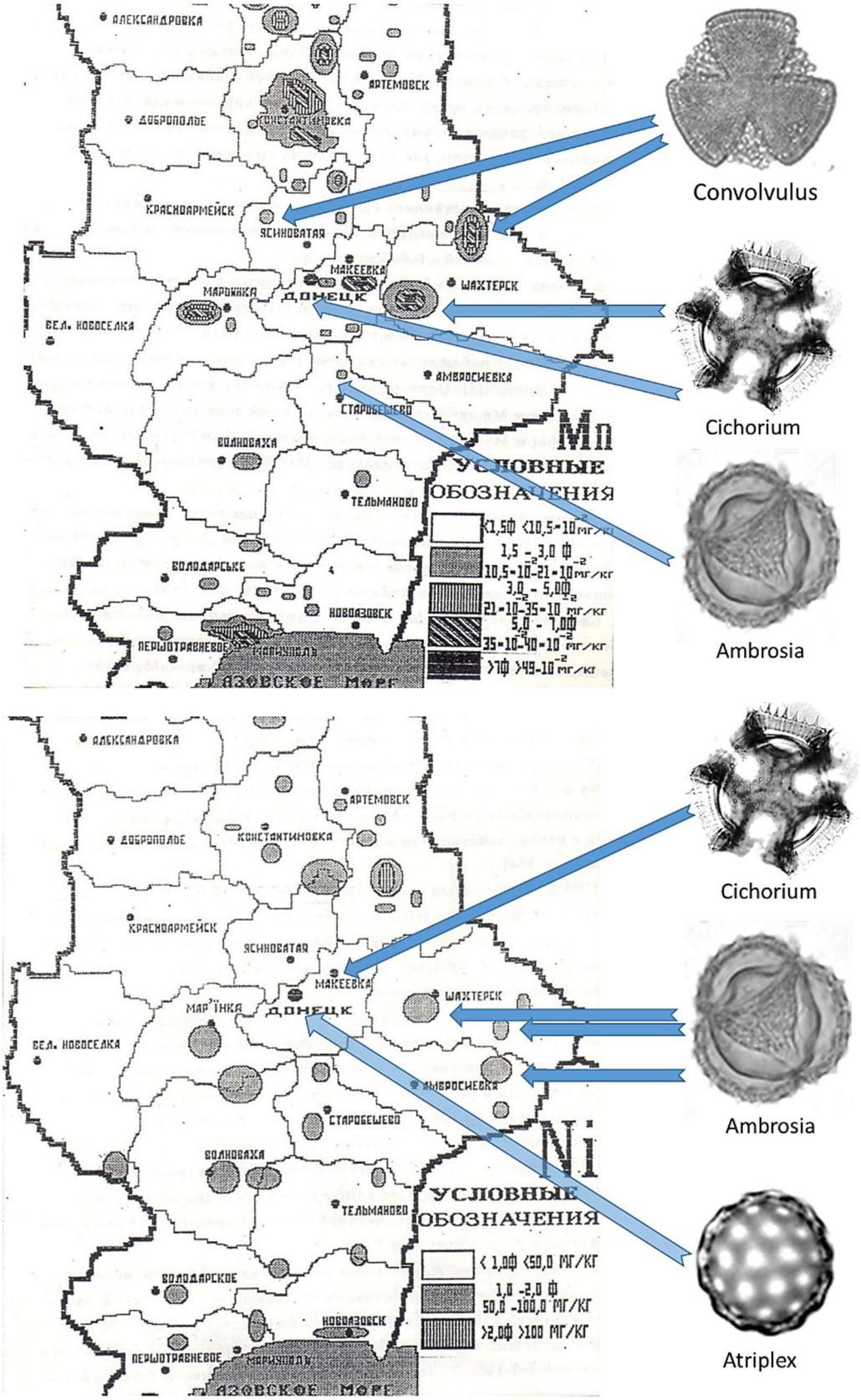


Рис. 3.14 – Локализация тератных пыльцевых зерен в местах загрязнения Mn и Ni (Мельник и Сафонов, 2024)

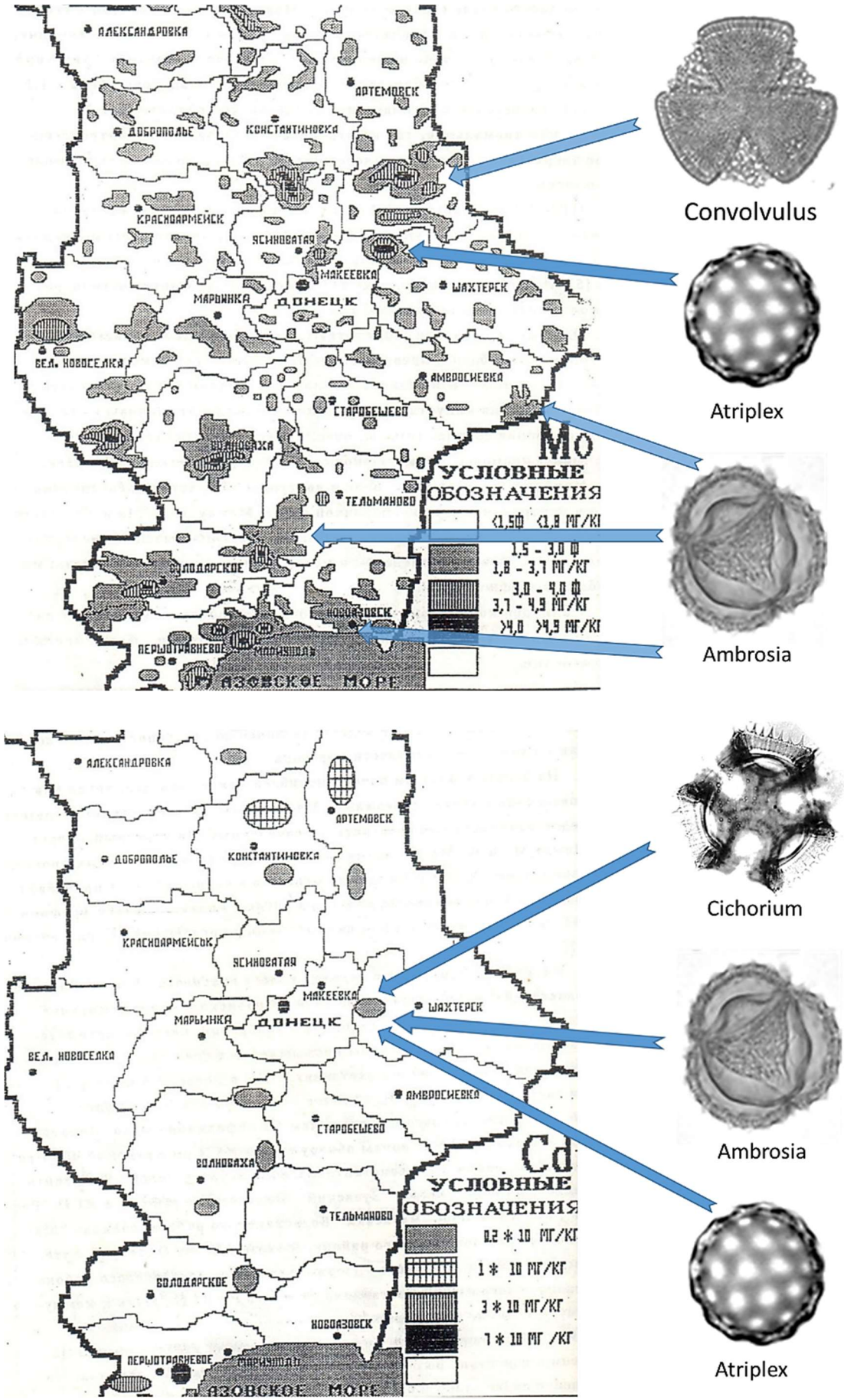


Рис. 3.15 – Локализация тератных пыльцевых зерен в местах загрязнения Mo и Cd (Мельник и Сафонов, 2024)

Палинологические исследования имеют мониторинговое значение, если ранжировать ряд модификаций в экологические шкалы структурной пластичности (рис. 3.16 и 3.17).

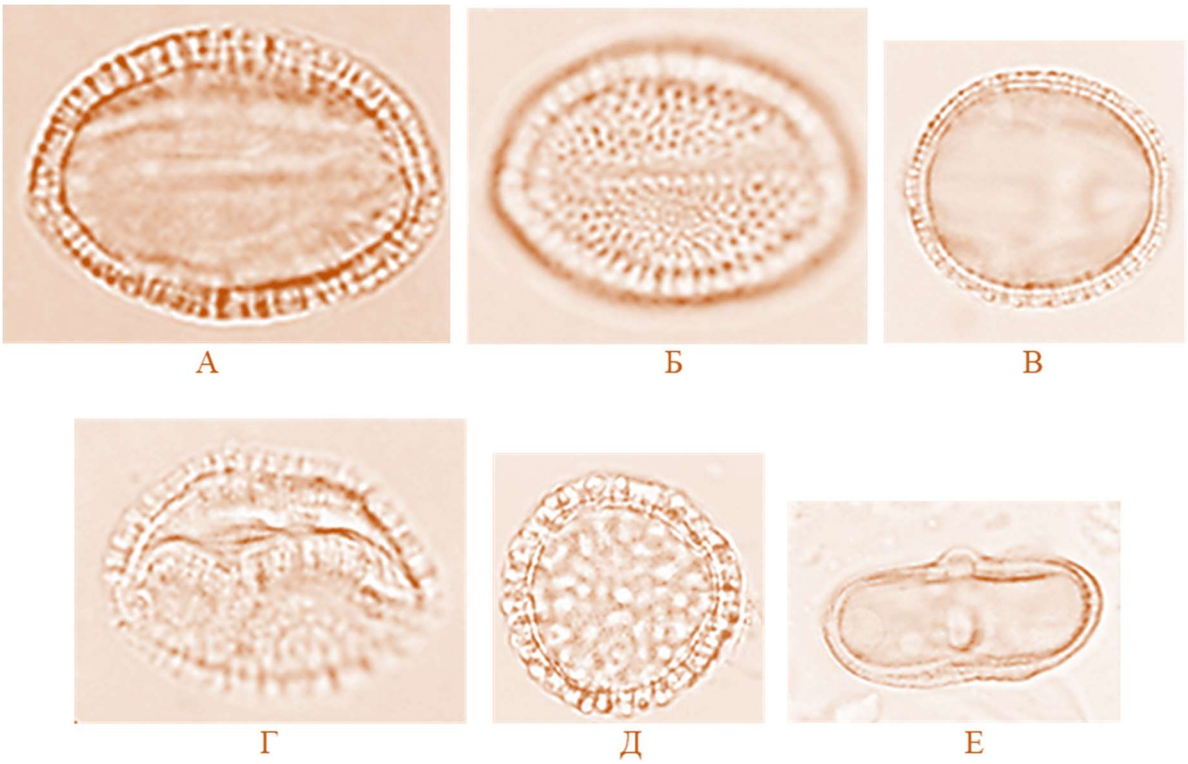


Рис. 3.16 – Вариабельность пыльцевых зерен *Diplotaxis* в норме (А) и патологии (Б-Е)

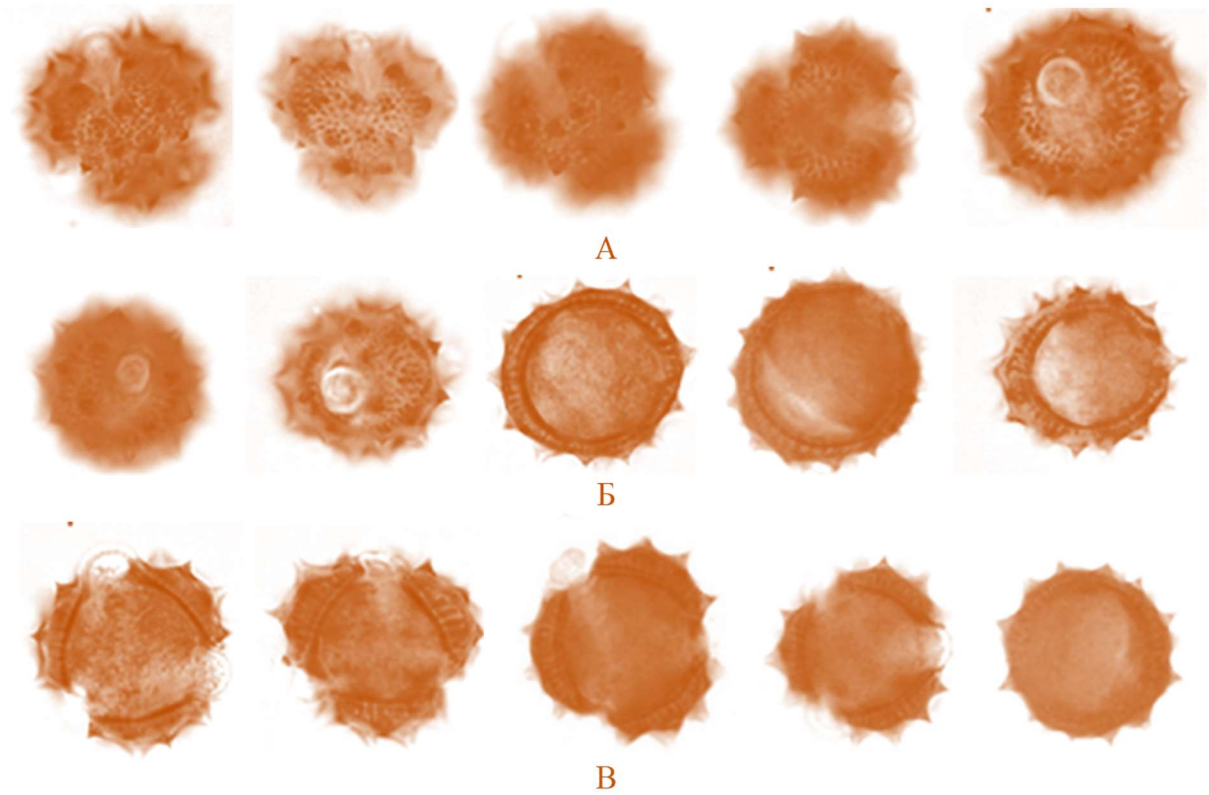
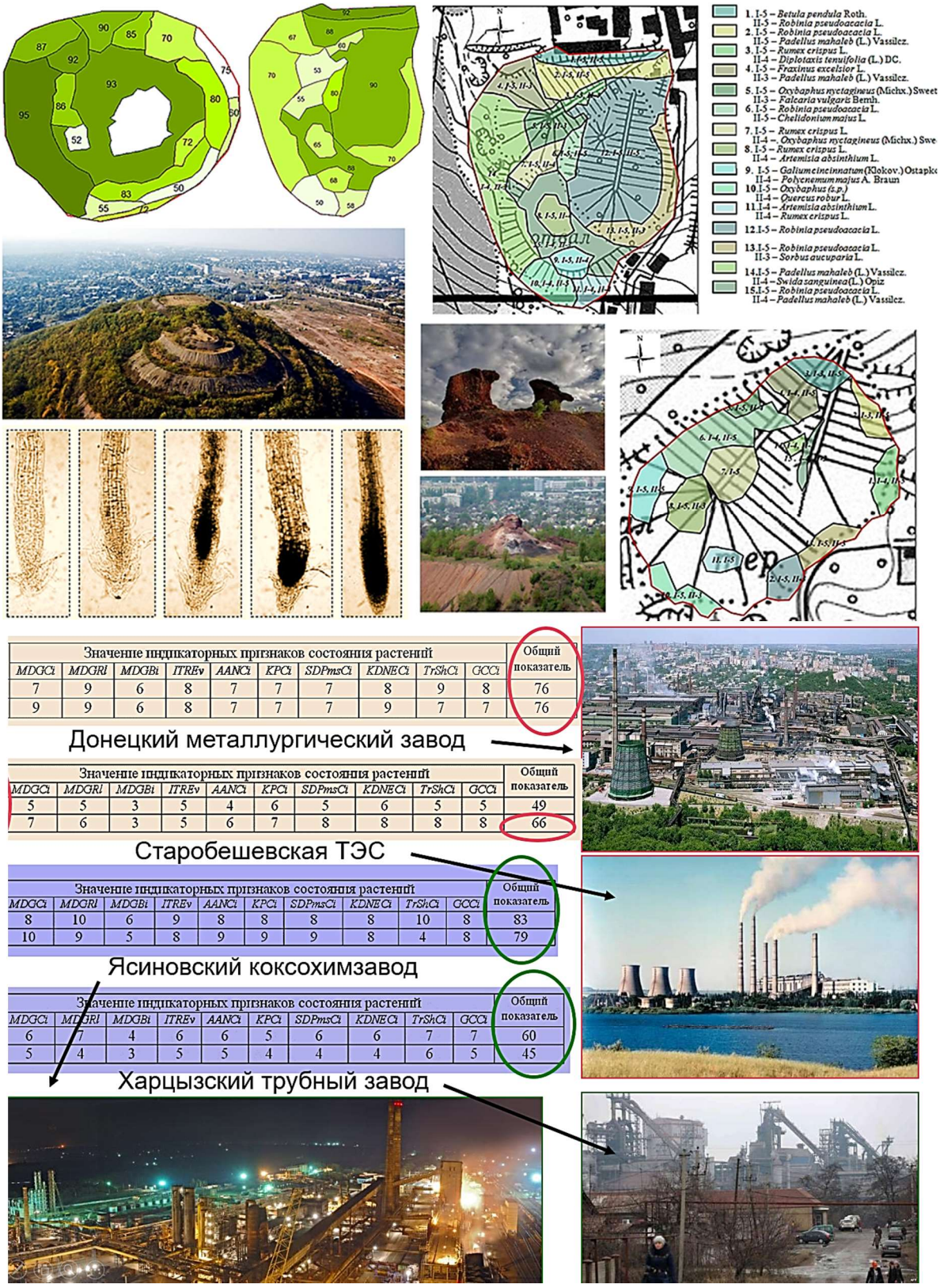


Рис. 3.17 – Ряды вариабельности пыльцы *Matricaria* по орнаментации (А), эхинолофатности (Б) гребенчатости (В), (Фесенко и Сафонов, 2022)

Фитотестирование для техногенно импактных экотопов в Донбассе является принципиально важной процедурой комплексной диагностики эдафического компонента (рис. 3.18-3.21).



Значение индикаторных признаков состояния растений										Общий показатель
MDGCi	MDGRI	MDGBi	ITREv	AANCi	KPCi	SDPmsCi	KDNECi	TrShCi	GCCi	
7	9	6	8	7	7	7	8	9	8	76
9	9	6	8	7	7	7	9	7	7	76

Донецкий металлургический завод

Значение индикаторных признаков состояния растений										Общий показатель
MDGCi	MDGRI	MDGBi	ITREv	AANCi	KPCi	SDPmsCi	KDNECi	TrShCi	GCCi	
5	5	3	5	4	6	5	6	5	5	49
7	6	3	5	6	7	8	8	8	8	66

Старобешевская ТЭС

Значение индикаторных признаков состояния растений										Общий показатель
MDGCi	MDGRI	MDGBi	ITREv	AANCi	KPCi	SDPmsCi	KDNECi	TrShCi	GCCi	
8	10	6	9	8	8	8	8	10	8	83
10	9	5	8	9	9	9	8	4	8	79

Ясиновский коксохимзавод

Значение индикаторных признаков состояния растений										Общий показатель
MDGCi	MDGRI	MDGBi	ITREv	AANCi	KPCi	SDPmsCi	KDNECi	TrShCi	GCCi	
6	7	4	6	6	5	6	6	7	7	60
5	4	3	5	5	4	4	4	6	5	45

Харцызский трубный завод

Рис. 3.18 – Примеры объектов для фитотестирования (Турчанинова и Сафонов, 2023; Калинина и Гермонова, 2018 с изменениями)

Для тест-вида *Berteroa incana* (L.) DC. проведен корневой тест в условиях контролируемого загрязнения отдельными технофильными элементами. Получены результаты общей морфологии главного корня и выделены гистологические отличия (рис. 3.19). Специфика эксперимента описана в соответствующих публикациях (Турчанинова и Сафонов, 2022, 2023, 2024).

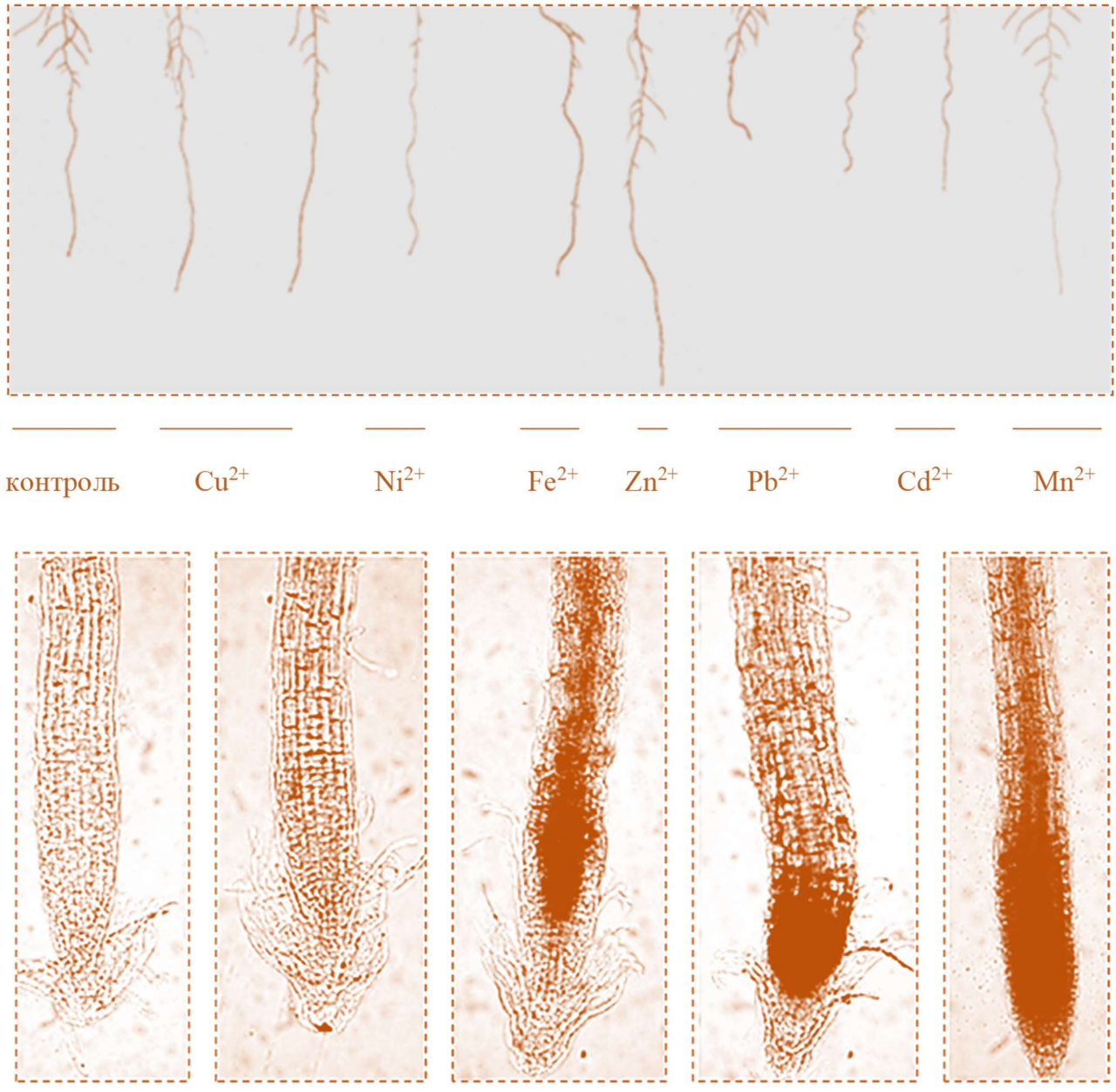


Рис. 3.19 – Фитотестирование по структурным особенностям корня (Турчанинова, Сафонов, 2022)

Установлено, что при однофакторном загрязнении для тест-вида можно установить специфику структурных трансформаций меристематической зоны корня, если уровни загрязнения превышают предельно допустимые. В большинстве случаев эксперимент имеет положительный эффект по функциональной разнице, однако нуждается в прямой количественной квантификации в дальнейшем. Технология находится в состоянии разработки.

Получены качественные структурные эквиваленты зоны строения апекальной меристематической части нижнего концевого двигателя тест-вида для почвогрунтов мониторинговой сети в Донбассе (рис. 3.20 и 3.21).

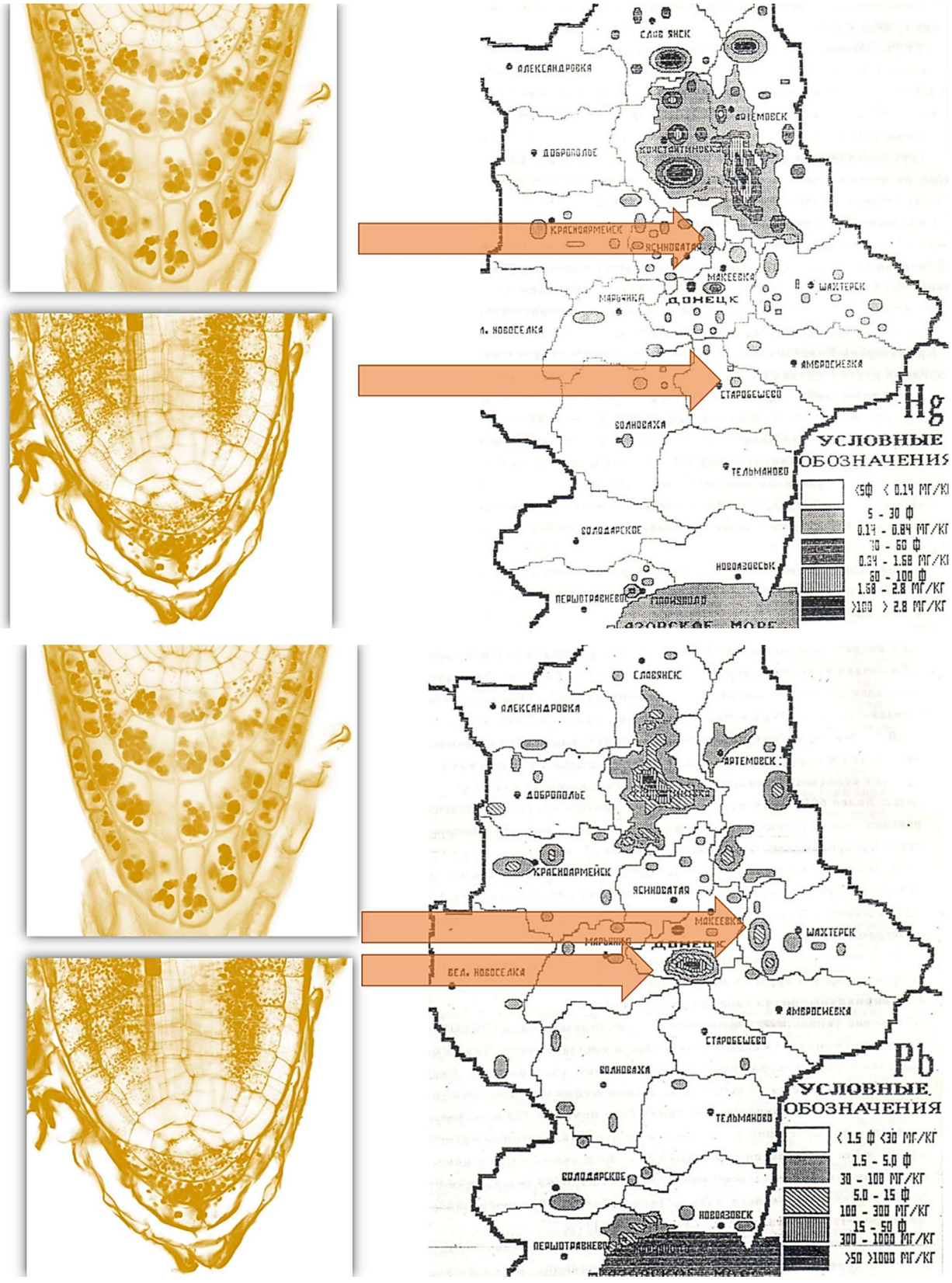


Рис. 3.20 – Типификация корневой меристемы тест-вида в условиях загрязнения почвогрунтов Hg и Pb (Турчанинова и Сафонов, 2024)

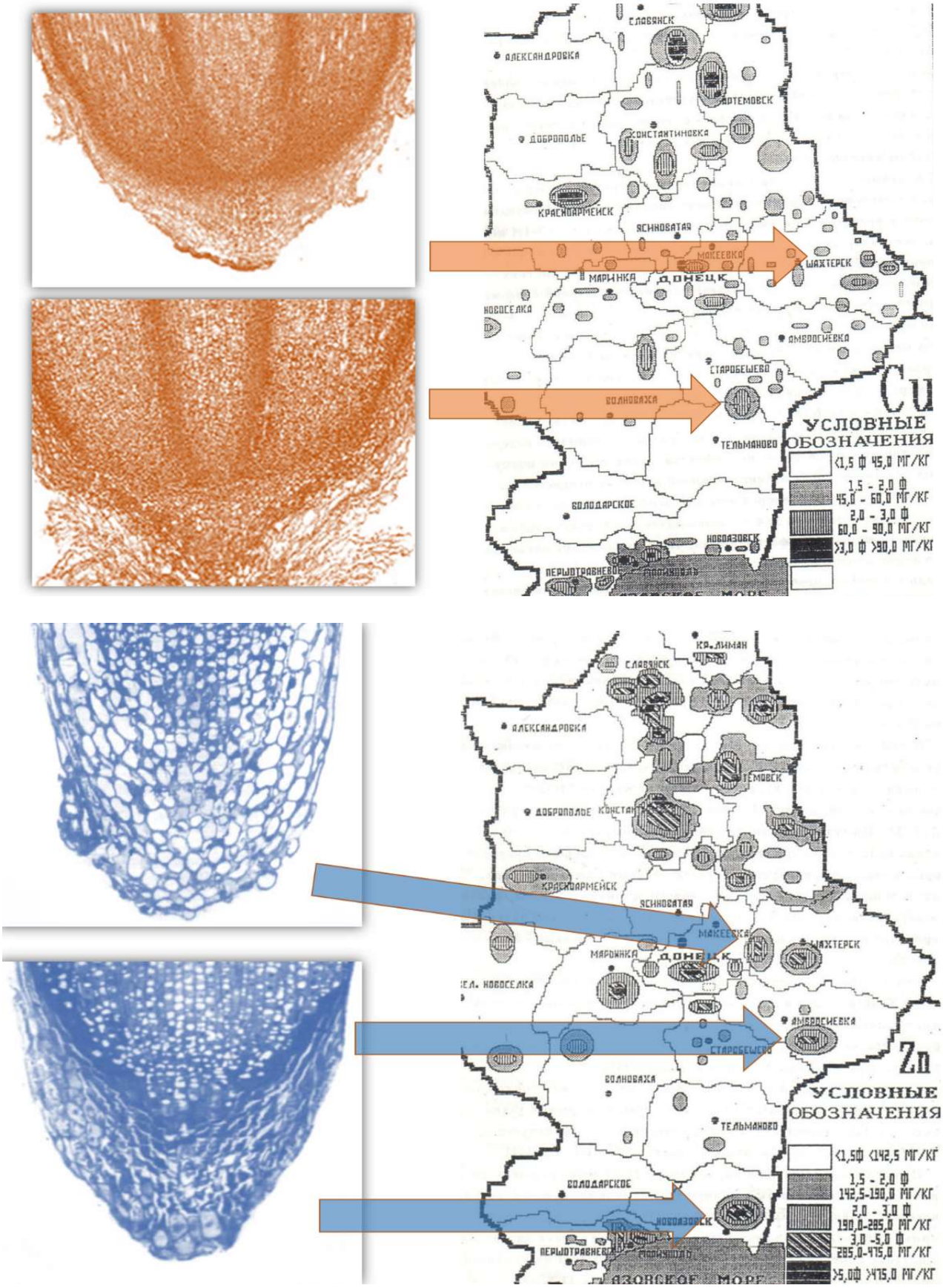


Рис. 3.21 – Типификация корневой меристемы тест-вида в условиях загрязнения почвогрунтов Cu и Zn (Турчанинова и Сафонов, 2024)

В классическом фитотестовом эксперименте применяли плоды пшеницы со статистическим учетом разницы во всхожести и энергии прорастания на разных субстратах по токсичности (рис. 3.22, 3.23), что в большинстве случаев является отработанным методом экспресс анализа и фитопригодности технозёмов.

Рис. 3.22 – Отдельные образцы результатов тестирования технозёмов по фитотоксичности

Рис. 3.23 – Детализация специфики прорастания *Triticum aestivum* L. на техноземах Донбасса: синхронное формирование корешка и колеоптиля (А), асинхрония (Б, В), недоразвитие колеоптиля (Г), гиперфункция колеоптиля (Д, Е), вынужденный ризогенез (Ж), моновекторный ризогенез (З), погруженный колеопилегенез (И), горизонтальный колеопилегенез (К), (Пчеленко и Сафонов, 2020)

При детальном рассмотрении проростков диагностируются признаки строения зародышевой организации: в первую очередь для двудольных растений визуализируется разница в строении семядолей, если фитоматериал был собран в местах разной техногенной нагрузки.

Частые случаи гетерокотилии: син- и схизоколитии, которая в плодах представителей семейства астровых может обусловливать матрикальность

гетерокарпии в зависимости от трофики, обеспечиваемой растением в разных участках оси соцветия. Рисунок 3.24 является результатом детального эксперимента по изучению тератологии плодов *Taraxacum officinale* (L.) Webb ex Wigg. и непосредственно эмбрионального аппарата, который диагностируется при прорастании семенного материала.

Такой эксперимент хоть и проводится в режиме фитотестирования, но в данном случае анализу подвержены признаки в строении растений, сформированных в условиях различных экотопов: как по степени токсической нагрузки, так и показателю комплексной благоприятной среды для роста и развития представителей указанного вида растений.

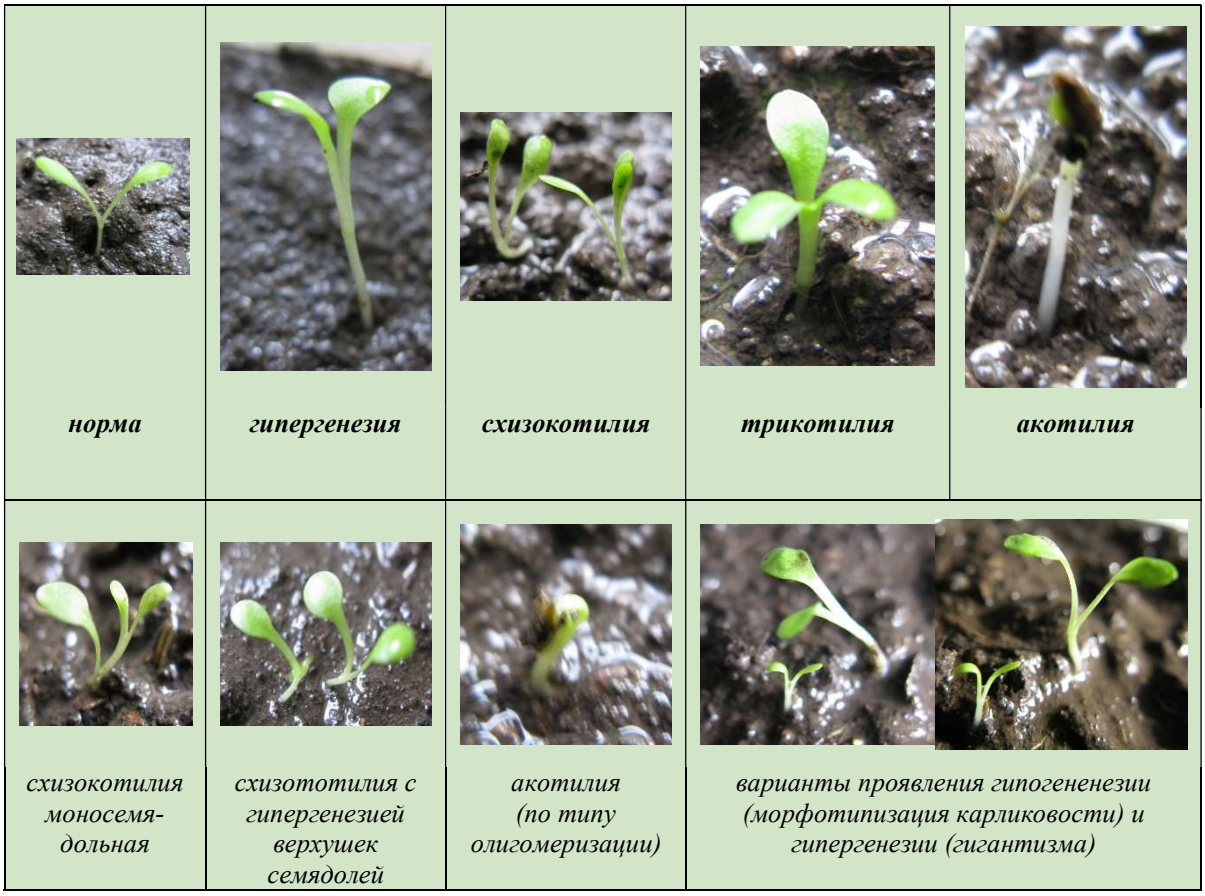


Рис. 3.24 – Тератологические варианты строения семядольного аппарата *Taraxacum officinale,* сформированного в разных условиях техногенной нагрузки (Бойко и Сафонов, 2019)

Проведен ряд работ, объединенный общей тематикой «структурный адаптациогенез» растений в условиях неспецифического стресса. Задачей такой серии экспериментов было выделить структурную разницу при формировании отдельных дискретных признаков, которые можно в дальнейшем применять для создания и использования фитоиндикационных шкал. В таком случае экологическая валентность рассматривается как структурная поливариантность соответствия разным типам и уровням техногенного загрязнения при реализации исследований в открытых ландшафтных системах (рис. 3.24-3.29).

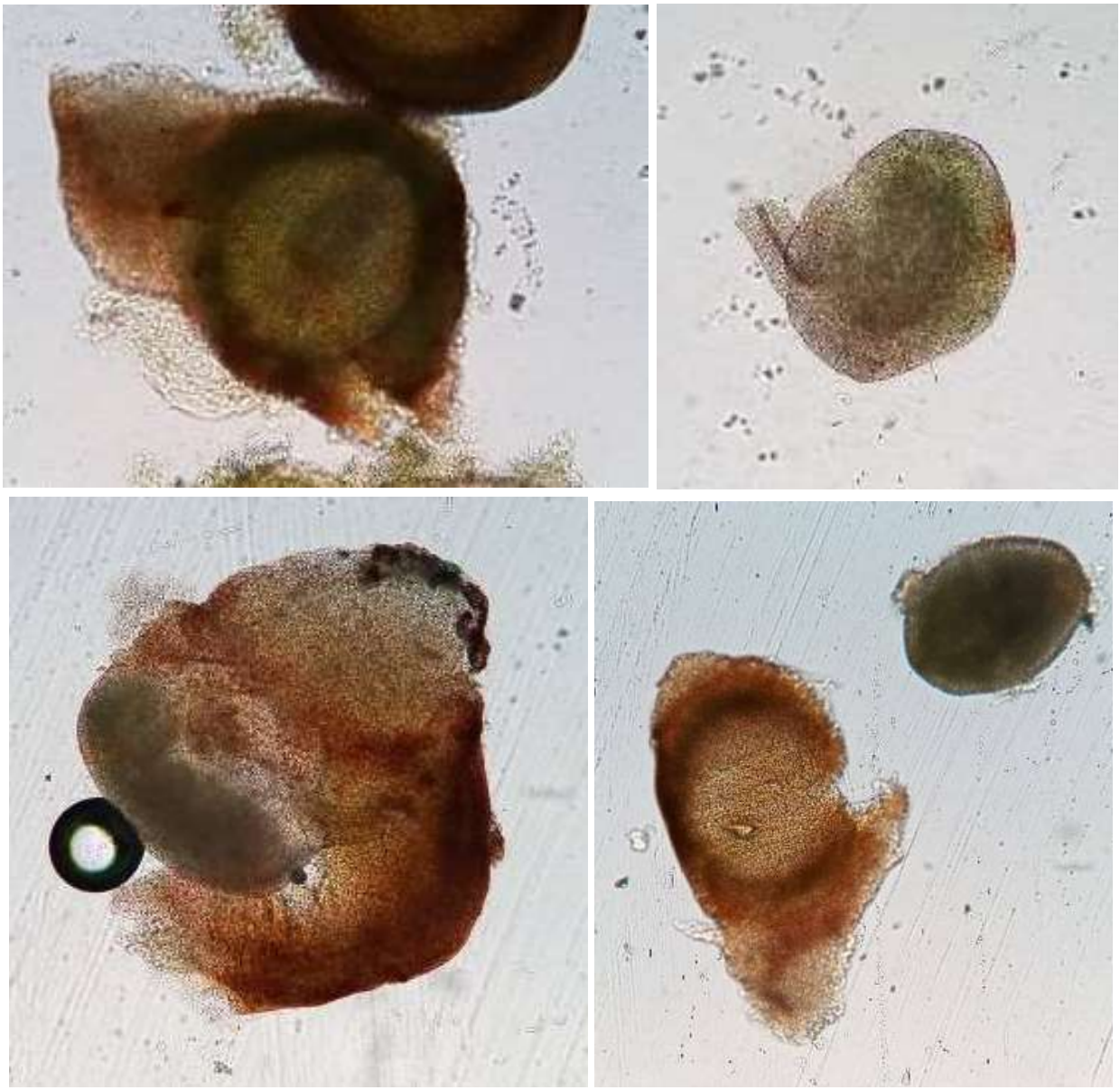


Рис. 3.25 – Фрагменты эмбриональных структур *Echium vulgare* L.

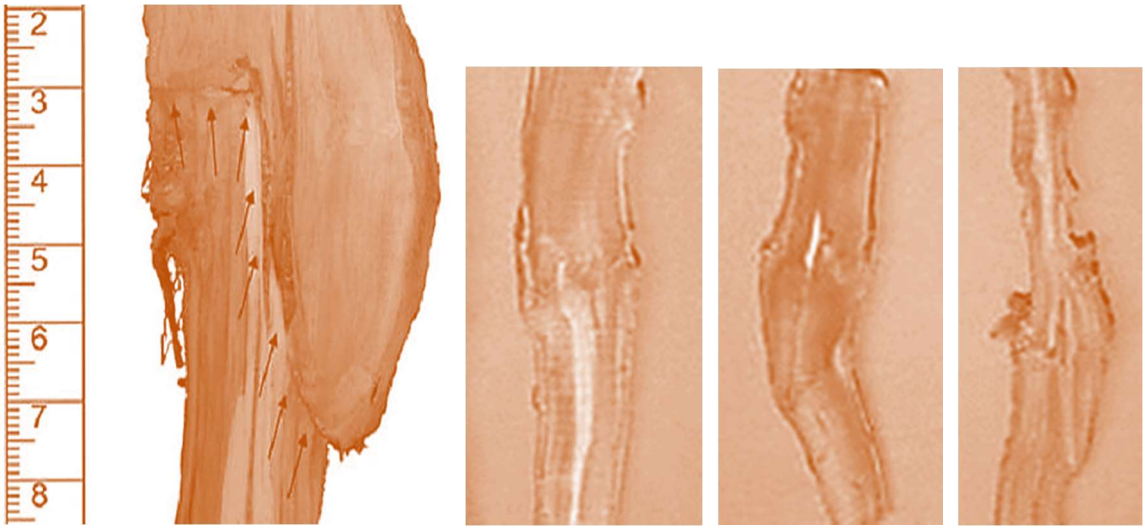


Рис. 2.26 – Поливариантность строения корневой шейки *Echium vulgare* L. (Пчеленко и Сафонов, 2021)

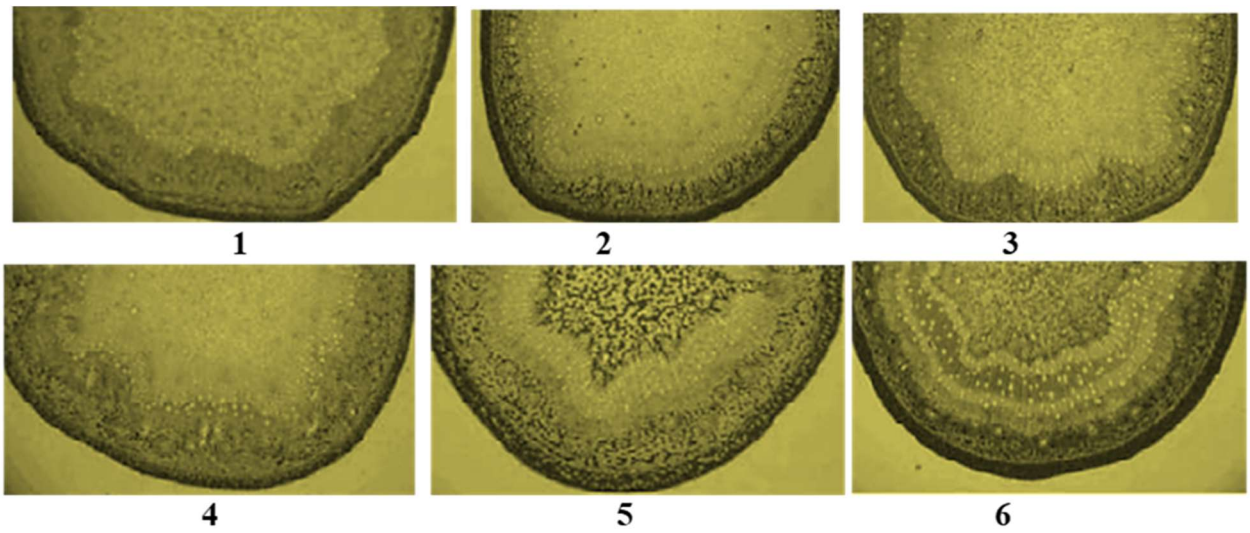


Рис. 3.27 – Травматический каллюс *Echium vulgare* L. при механических трансформациях; для разных уровней дифференциации сформирована успешность адаптациогенеза (1-6)

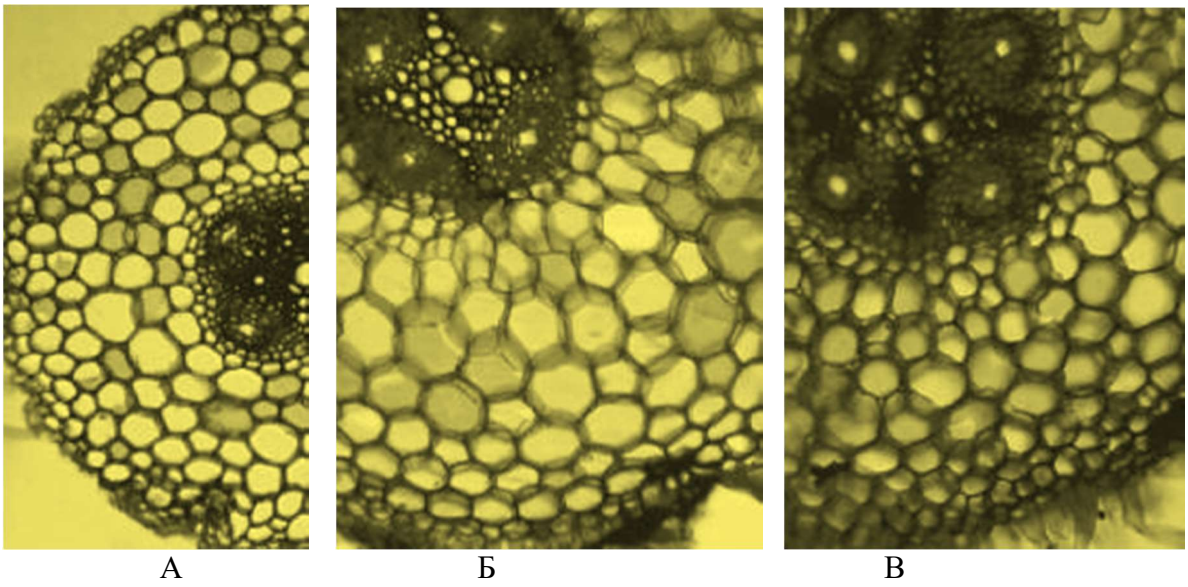


Рис. 3.28 – Поперечные разрезы корня *Echium vulgare* L. в условиях структурного адаптациогенеза (Пчеленко и Сафонов, 2021)

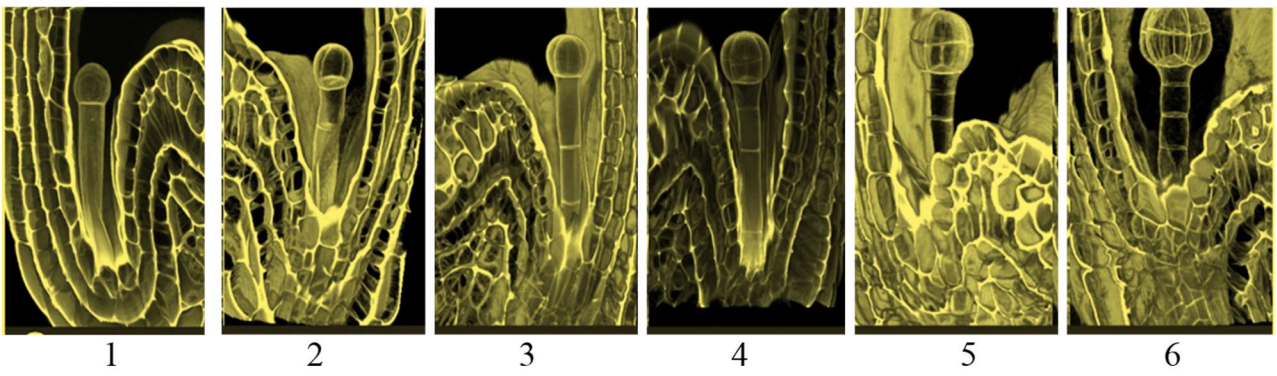


Рис. 2.29 – Тренд структурного адаптациогенеза для цветков представителей астровых (Абрамян и Сафонов, 2021, 2022)

Отдельным примером индикационного шкалообразования по структурным показателям рассмотрена скульптура и морфология семени *Glaucium corniculatum* (L.) Rudolph. (рис. 3.30, 3.31).

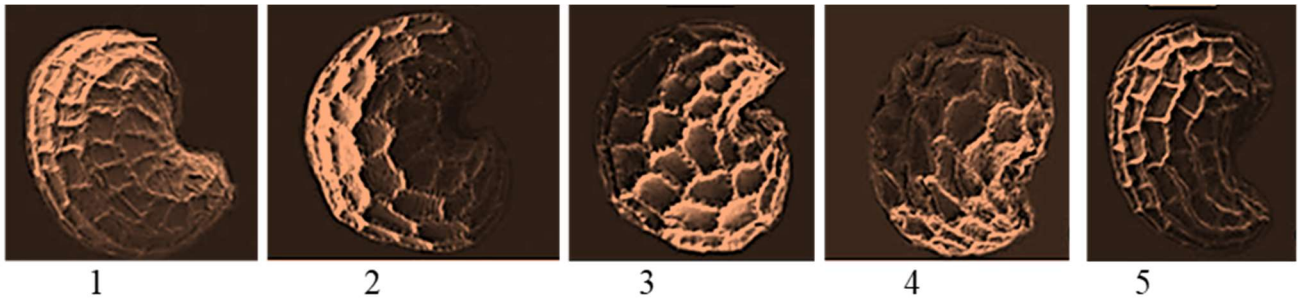


Рис. 3.30 – Морфологическая разница семени в тренде техногенной нагрузки (Абрамян и Сафонов, 2021, 2022)

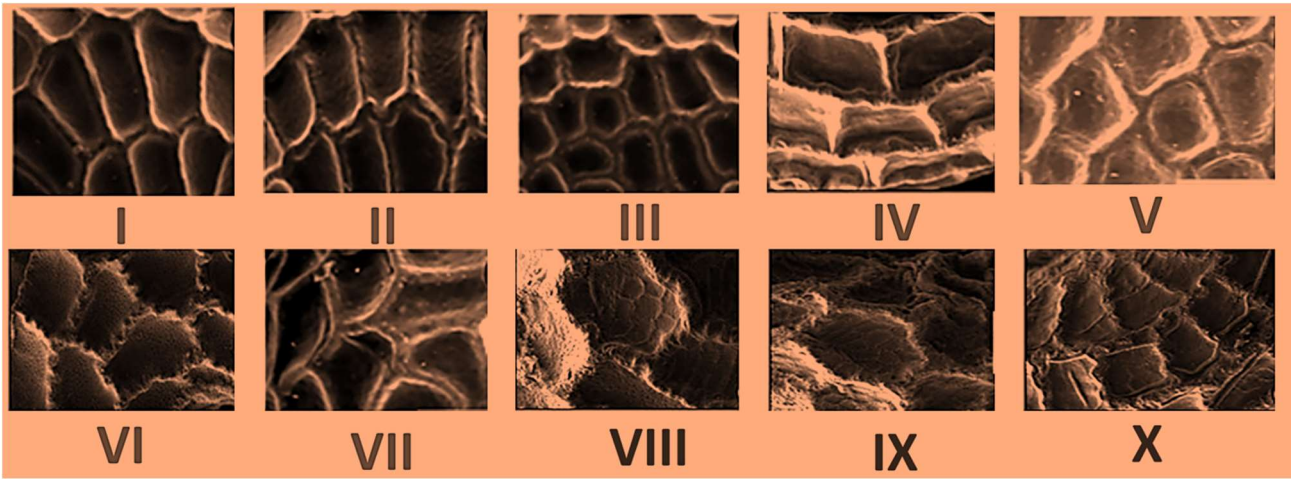


Рис. 3.31 – Разница в скульптуре поверхности семени в тренде техногенной нагрузки (Абрамян и Сафонов, 2021, 2022)

Формирование индикационной шкалы – многоступенчатый процесс расположения свойств признака по его преобразованию в зависимости от уровня действующего фактора (преимущественно – неблагоприятного характера воздействия). Например, в строении соцветий отдельных видов получить 10 дискретных значений в градировочном ряду не представляется возможным (рис. 3.32).

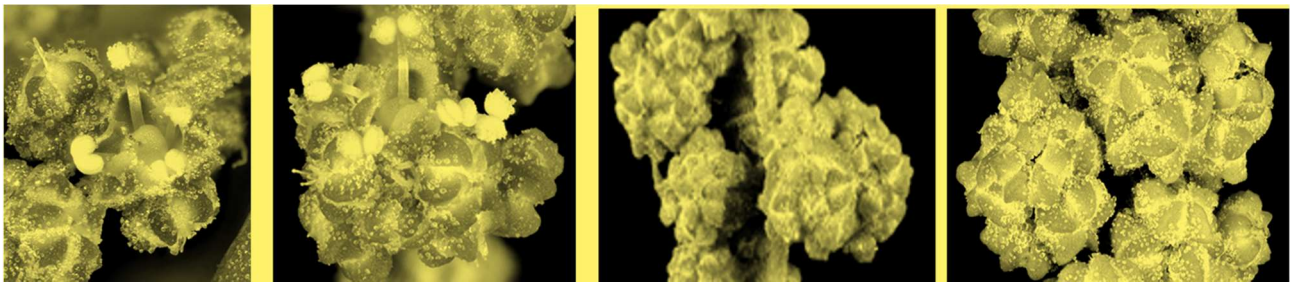


Рис. 3.32 – Разница в строении соцветий *Atriplex patula* L. в тренде техногенной нагрузки (Абуснайна и Сафонов, 2022)

Экологическая пластичность, отражающаяся в морфоструктурных градациях признака у индикаторных видов растений, является критерием антропотолерантности и обоснованием для использования в мониторинговых экспериментах (рис. 3.33), что рассмотрено также на признаках в строении плодов растений – рис. 3.34, 3.35.

Рис. 3.33 – Варианты организации опыта активного способа экологического мониторинга и при шкалообразовании (Абрусник и Сафонов, 2022, 2023)

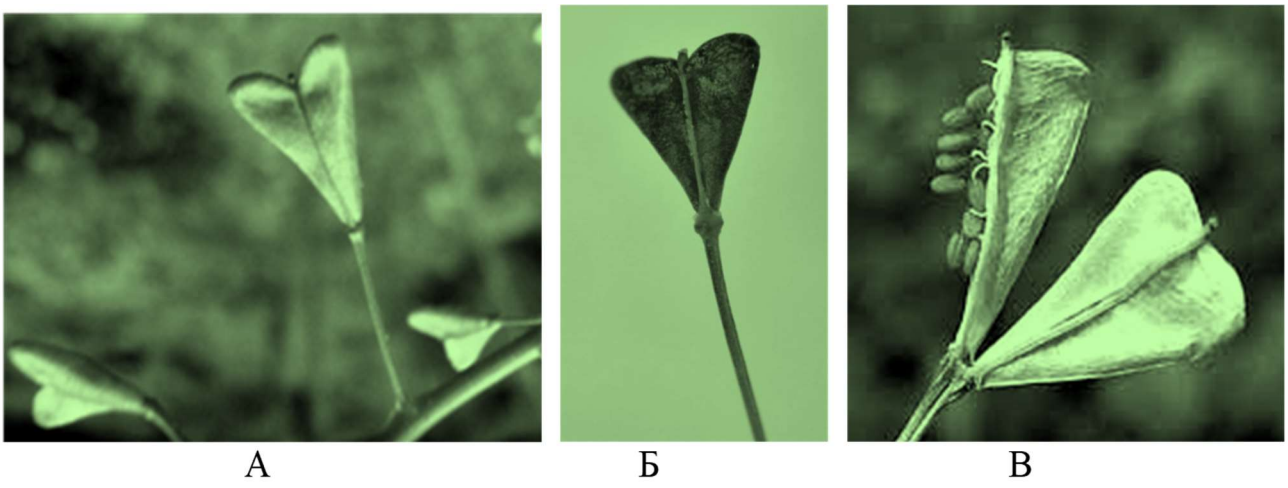


Рис. 3.34 – Примеры структурной полиморфности плодов индикаторного вида *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik. (Коротенко и Сафонов, 2021)

Орнаментация в большинстве случаев формирует специфический узор поверхности индикаторного органа и функционально представлена на контактной границе между непосредственно растительным организмом и окружающей средой. Такие признаки для вегетативных и генеративных органов можно рассматривать как степень ксерофитизации, или пайноморфности в отношении фактора химического стресса.

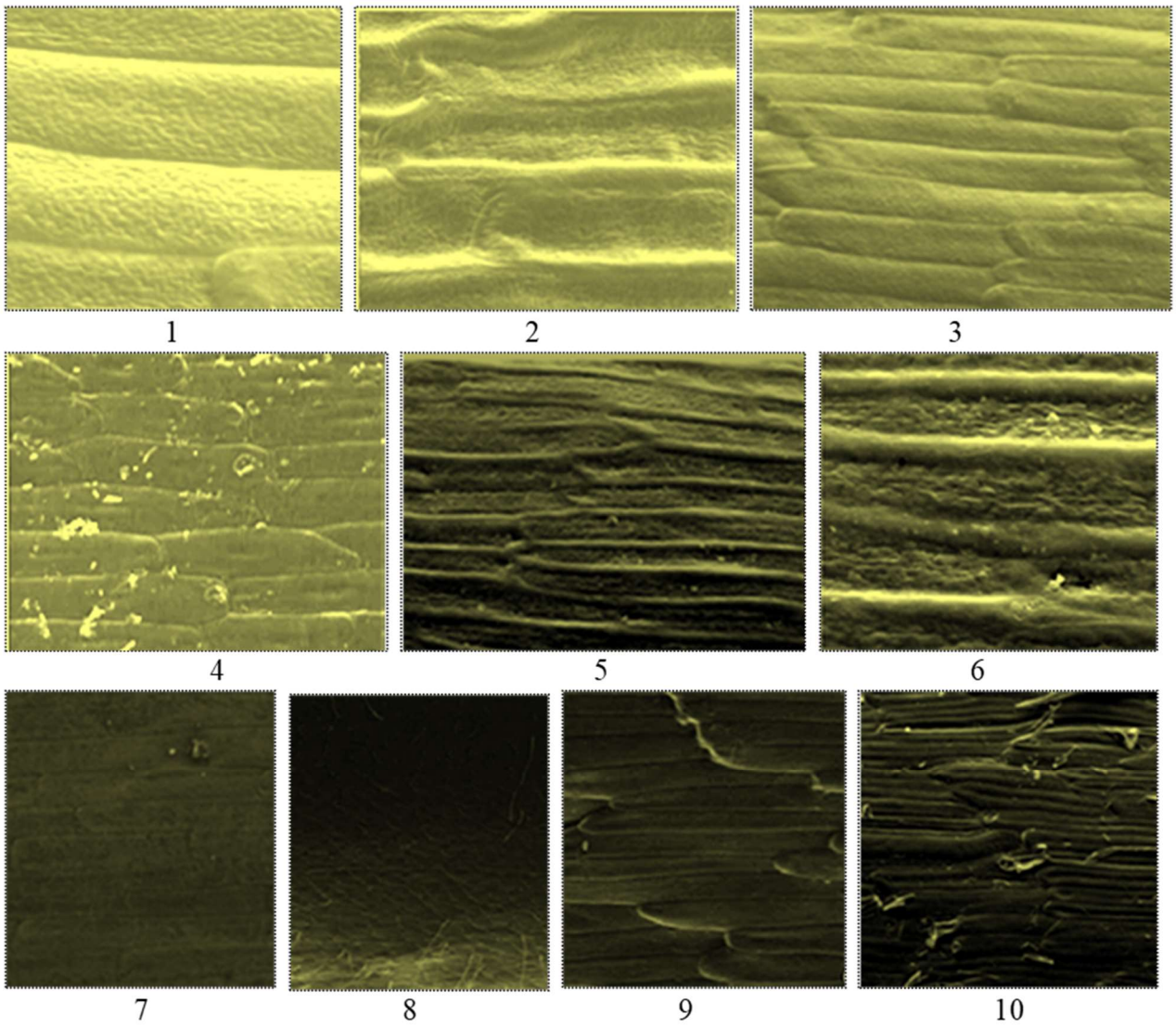


Рис. 3.35 – Особенности орнаментации плода *Centaurea diffusa* Lam. в градиенте (1-10) техногенной нагрузки (Абуснайна и Сафонов, 2022)

Изучение растительного покрова в сверхтрансформированных средах также является задачей мониторинговых исследований. В неспецифических условиях сорно-рудеральная фракция флоры в культурфитоценозах также может является фрагментарной возможностью сбора и получения информации диагностического типа, если известны признаки индикаторной значимости для отдельных видов растений. Таким образом, реализуется аутфитоиндикационный эксперимент в синфитоиндикационных условиях локального характера (рис. 3.36) воздействия комплекса трансформирующих признаков.

1

2

3

4

5

6

7

8

Рис.3.36 – Примеры локальных учетных площадок (Ткаченко и Сафонов, 2021, 2022)

В условиях многолетней работы студенческого научного общества на кафедре ботаники и экологии были предприняты успешные попытки по разработке маршрутов для сбора целевой информации для максимального захвата местности при анализе ареолов загрязнения отдельными токсическими элементами эдафической среды (рис. 3.37 и 3.38).

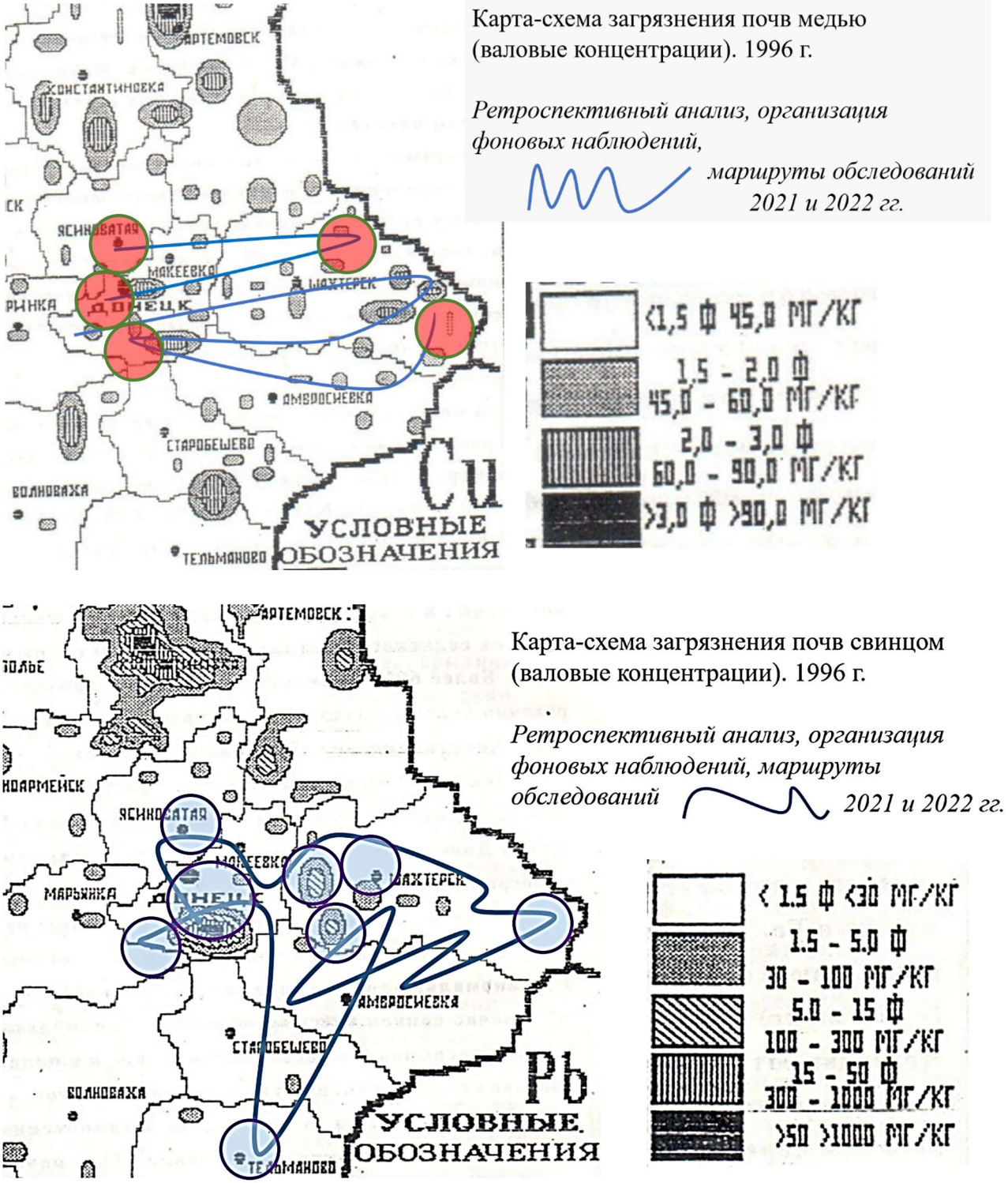


Рис. 3.37 – Маршрутные схемы для сбора информации монофакторного загрязнения Cu и Pb (Суецкая, Иванова, Сафонов, 2023)

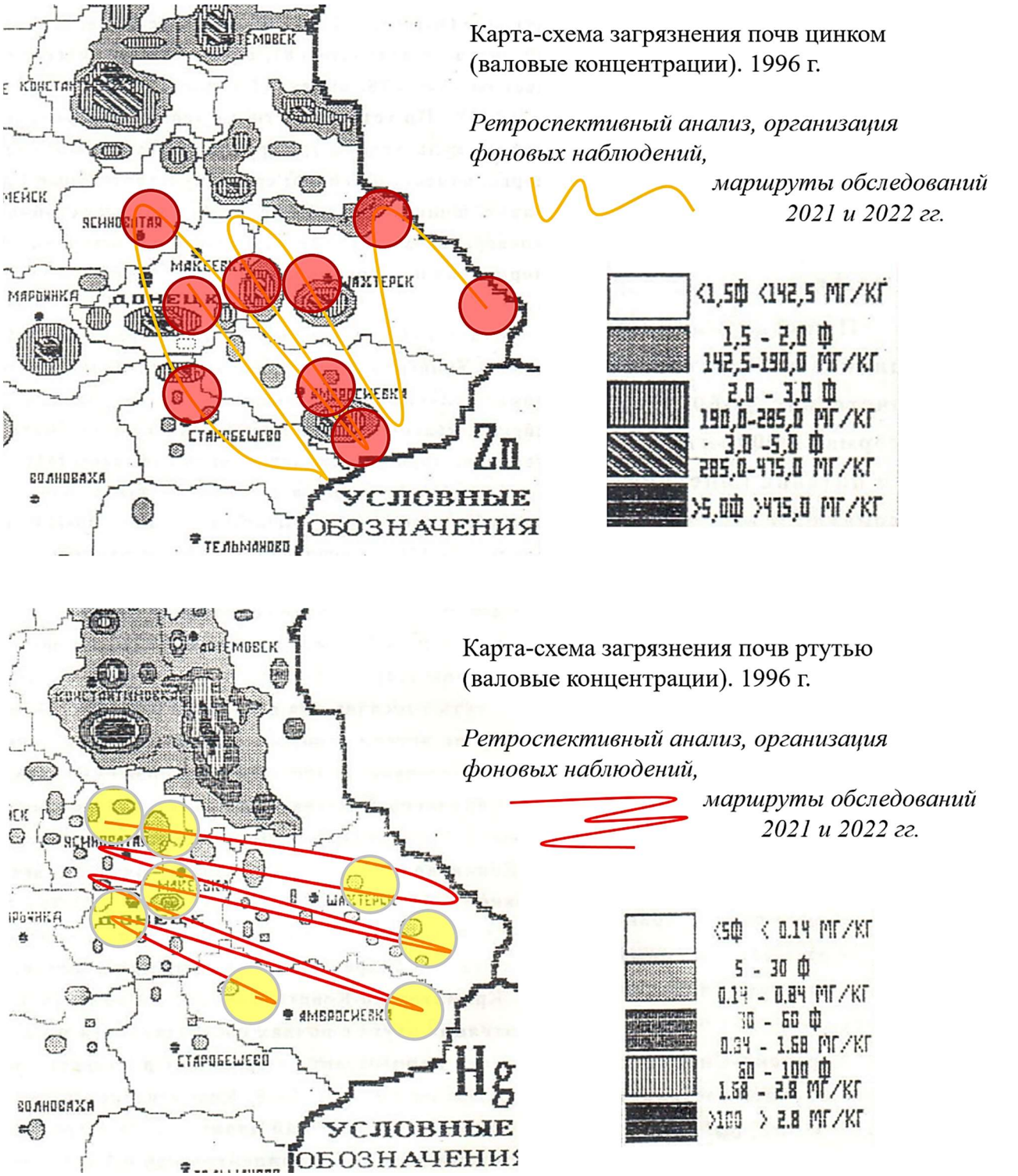


Рис. 3.38 – Маршрутные схемы для сбора информации монофакторного загрязнения Zn и Hg (Суецкая, Иванова, Сафонов, 2023)

Варианты рабочих маршрутных схем в целевом поиске наиболее геохимически контрастных переходов имеют разный узор установленных стационаров – локалитетов для сбора информации на доступном маршруте.

Экологическая экспертиза на основе ботанических данных может быть основана на анализе структурных модификаций тератологии на уровне архитектоники вида и гомологической вариабельности семенного материала, что рассмотрено на примере *Amaranthus retroflexus* L. (рис. 3.39).

Рис.3.39 – *Amaranthus retroflexus* L. – габитуаьная норма и вариант тератного соцветия, семена нормального (А–Г) и атипичного (Д–И) строения (Коротенко и Сафонов, 2021)

Изучение мохообразных реализовано как с таксономической, так и биомониторинговой позиции. На кафедре ботаники и экологии ДонГУ была создана бриотека, систематизированы отдельные её составляющие (рис. 3.40).

Рис. 3.40 – Фрагменты полевых сборов и этапов формирования бриотеки:
А – материал для высушивания, Б – систематические коробки для хранения образцов
(Бондарь и Сафонов, 2021; Сафонов и Морозова, 2017, 2018)

Чеклист бриотеки по состоянию на 2022 г. содержал 340 образцов. На некоторых рисунках представлен алфавитный фрагмент фотоматериалов бриотеки (рис. 3.41–3.43).

Рис. 3.41 – *Amblystegium serpens* (Hedw.) Schimp., *Amblystegium subtile* (Hedw.) Schimp., *Aulacomnium palustre* (Hedw.) Schwägr., *Brachythecium campestre* (Müll.Hal.) Bruch et al., *Brachythecium mildeanum* (Schimp.) Schimp, *Brachythecium salebrosum* (F.Weber & D.Mohr) Bruch et al. (Морозова и Сафонов, 2016; Сафонов и Морозова, 2017, 2018, 2021; Бондарь, Ночвина, Цеплая, Сафонов, 2020)

Рис. 3.42 *Bryum argenteum* Hedw., *Bryum caespiticium* Hedw., *Bryum capillare* Hedw. (Морозова и Сафонов, 2016; Сафонов и Морозова, 2017, 2018, 2021; Бондарь, Ночвина, Цеплая, Сафонов, 2020)

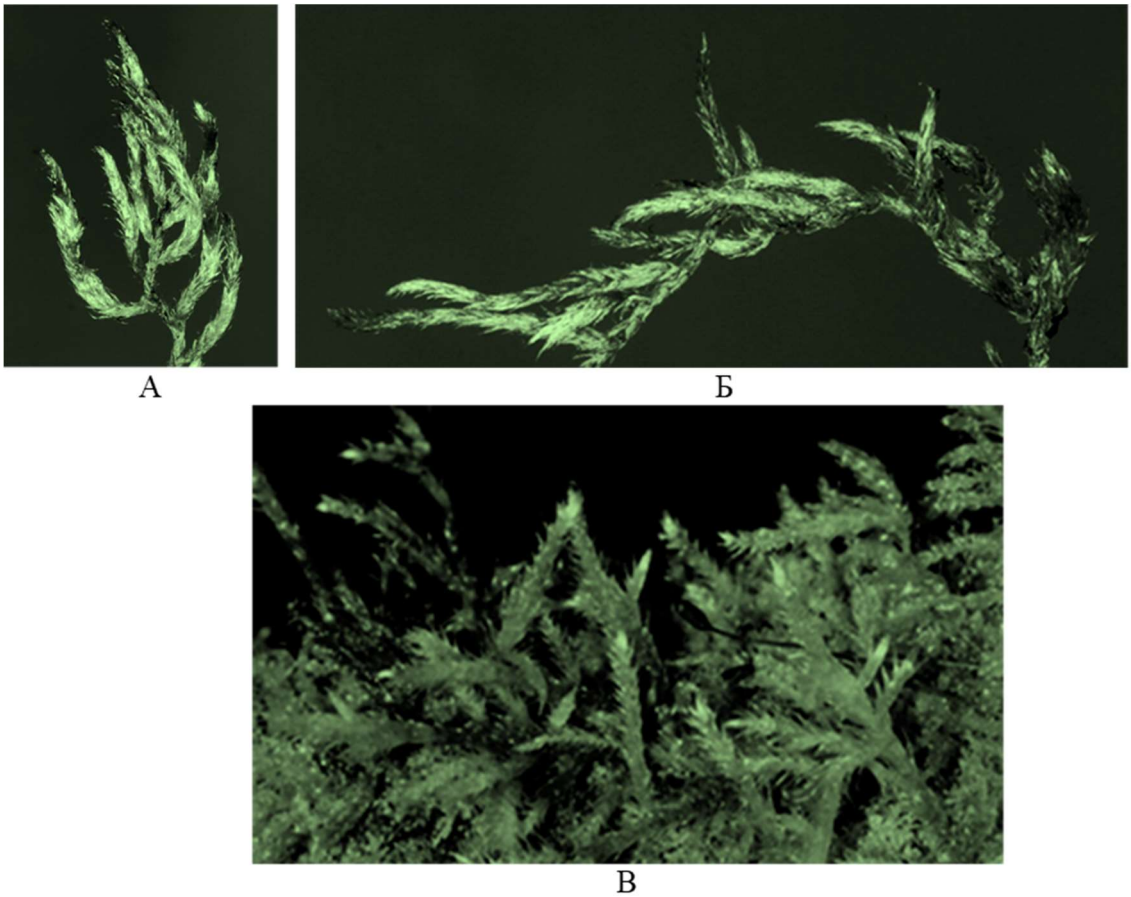


Рис. 3.43 – Морфологическая вариабельность *Brachythecium campestre* (Müll.Hal.) Bruch et al. (Дорофеева и Сафонов, 2022; Бондарь, Ночвина, Цеплая, Сафонов, 2020)

При формировании прототипов экологических шкал были установлены наглядные диапазоны по варьированию отдельных признаков в строении растений и морфологическом эквиваленте разницы по отношению к типичному состоянию (3.44–3.46).

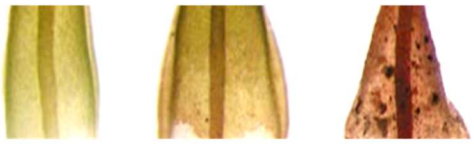
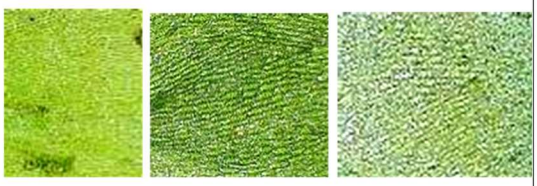
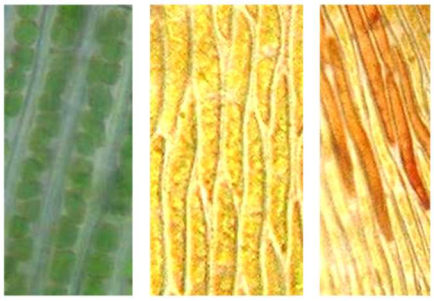
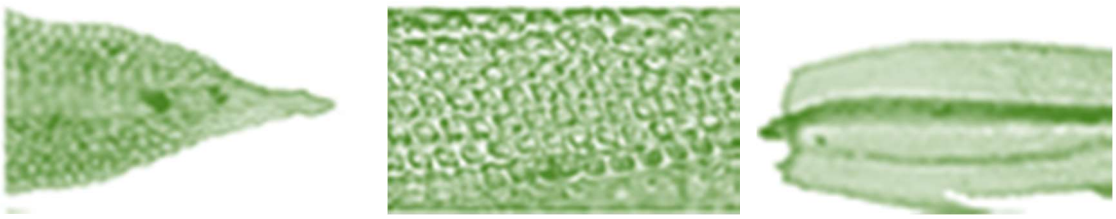
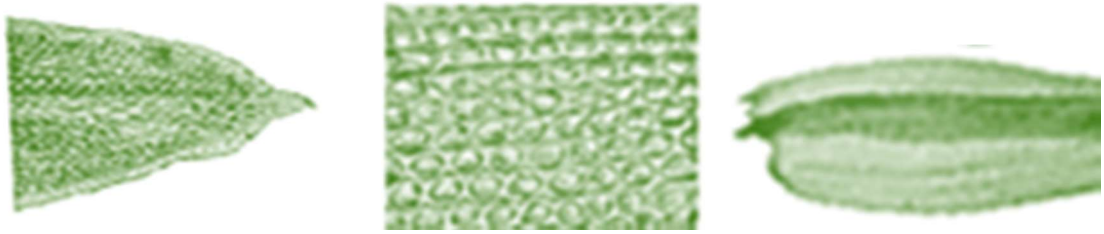
Вид	Наглядно-сравнительный диапазон структур (от контроля к опыту)	Функционально-экологические характеристики
Syntrichia ruralis (Hedw.) F. Weber & Mohr		изменение пигментации, сокращение жизненного цикла
Bryum caespiticium Hedw.		трансформация скульптуры адоксиальной поверхности листа
Ceratodon purpureus (Hedw.) Brid		прозенхимизация клеток вдоль центральной жилки
Orthotrichum speciosum Nees		изменение пигментации, сокращение жизненного цикла, прозенхимизация клеток вдоль центральной жилки

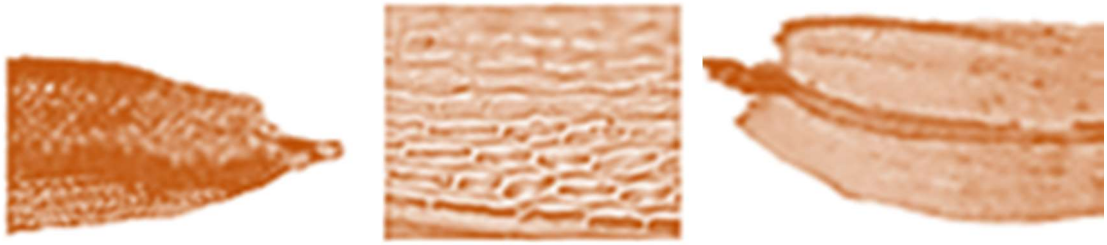
Рис. 3.44 – Рабочая версия диагностической шкалы крайних состояний бриофитов в условиях трансформации среды; *Syntrichia ruralis* (Hedw.) F. Weber & Mohr в тренде загрязнения окружающей среды Zn (Дорофеева и Сафонов, 2022; Бондарь, Ночвина, Цеплая, Сафонов, 2020 с дополнениями)



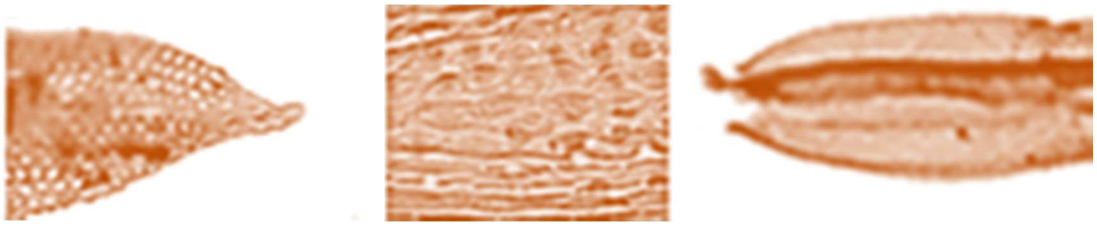
Норма (контроль) – пробная площадь н.п. Верхняя Крынка (июнь, 2021 г.)



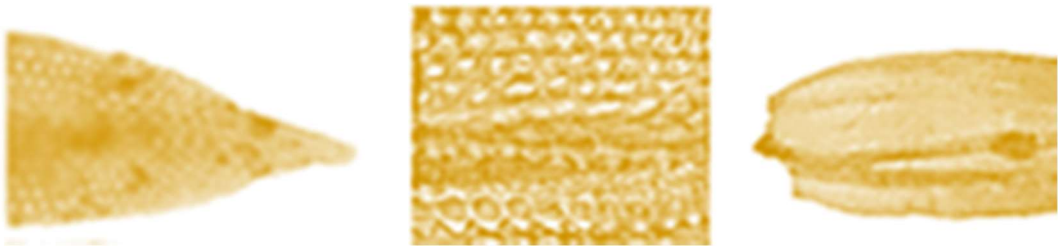
Опытная пробная площадь г. Харцызск (июнь, 2021 г.)



Опытная пробная площадь г. Макеевка, ЯМЗ (июнь, 2021 г.)

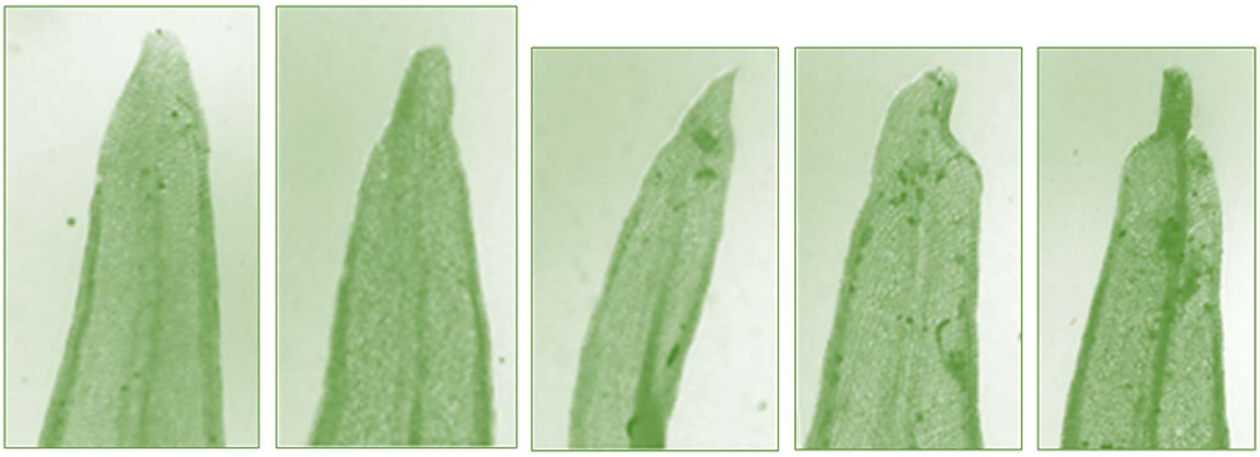


Опытная пробная площадь г. Донецк, Д(Ю)МЗ (июнь, 2021 г.)

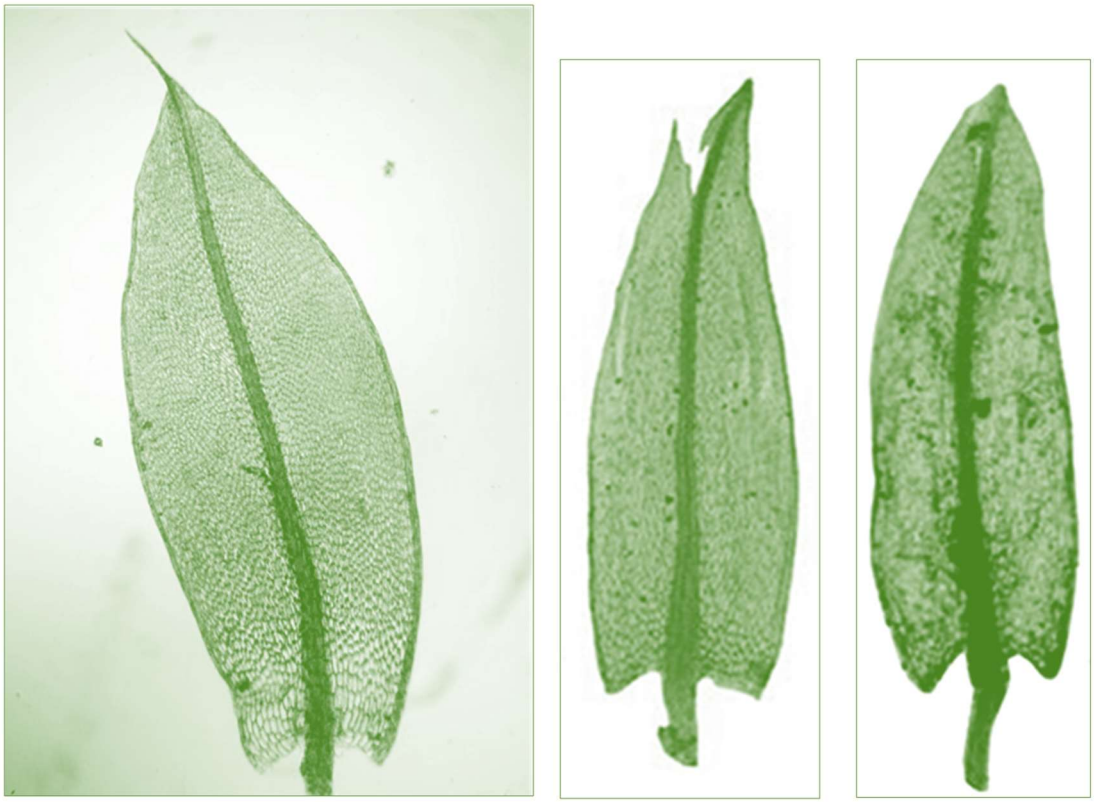


Опытная пробная площадь г. Енакиево, ЕМЗ (июнь, 2021 г.)

Рис. 3.45 – Рабочая визуализация диагностических шкал *Mnium purpureum* (Hedw.) With (Дорофеева, Сафонов, 2022)



Orthotrichum speciosum Nees



Bryum caespiticium Hedw.

Рис. 3.46 – Варианты морфологической разницы в строении мохообразных в тренде загрязнения среды Zn (Дорофеева, Сафонов, 2022)

Для того, чтобы сформировать 10-ступенчатую гомологическую шкалу возможных структурных преобразований для отдельных морфологических признаков требуется более подробное изучение и целесообразность в конкретной целевой программе. На практике крайние диапазоны в условиях полевой диагностики устанавливаются в 3-5 балльном эквиваленте как пробные и ранжируются в статистическом учете с имеющимися данными о факторах среды. Если обнаруживается тесная положительная связь с конкретным признаком, тогда имеет смысл формировать аддитивные шкалы 10-балльного диапазона в фитоиндикационном использовании.

Маркером структурно-функциональной разницы или признаков экологического неблагополучия во многих случаях при полевой диагностике являются частые тераты соцветий (рис. 3.47), что в последующем требует изучения признаков в камеральных обработках при более подробном микроскопическом анализе, например, эмбриональных структур (рис. 3.48).

Рис. 3.47 – Тератные соцветия *Artemisia absinthium* L. на территории промзон Донбасса (Стреблянская и Сафонов, 2020, 2021)

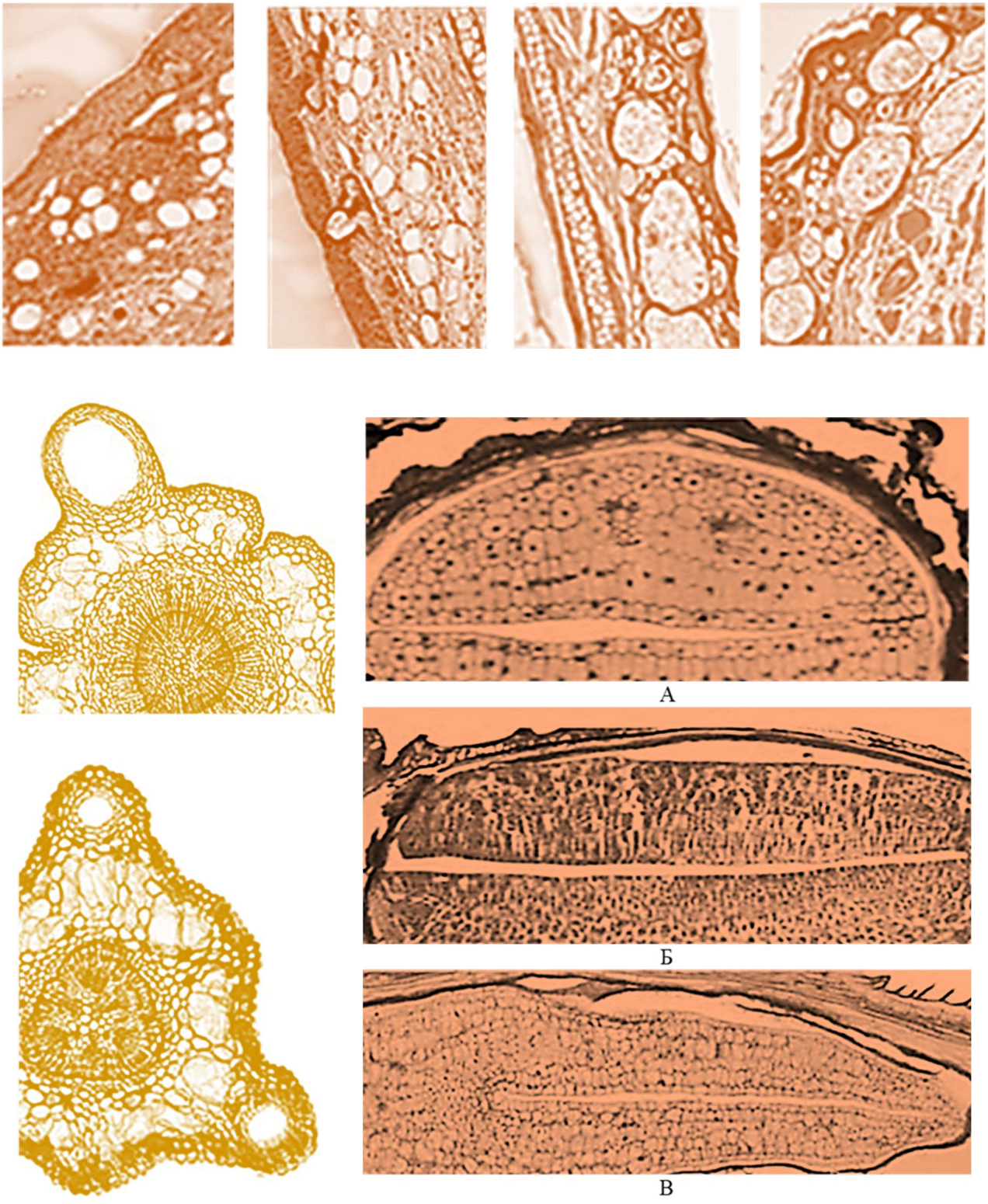


Рис. 3.48 – *Artemisia absinthium* L: контрастные строения перикарпия, формирования первичной проводящей системы зародыша (идентификация в первые дни прорастания семени), строения семядольного аппарата в градиенте токсической нагрузки (А-В) (Стреблянская и Сафонов, 2020, 2021 с дополнениями)

На территории общей мониторинговой сети проведены частные исследования, например, палинологического содержания (рис. 3.49-3.50).

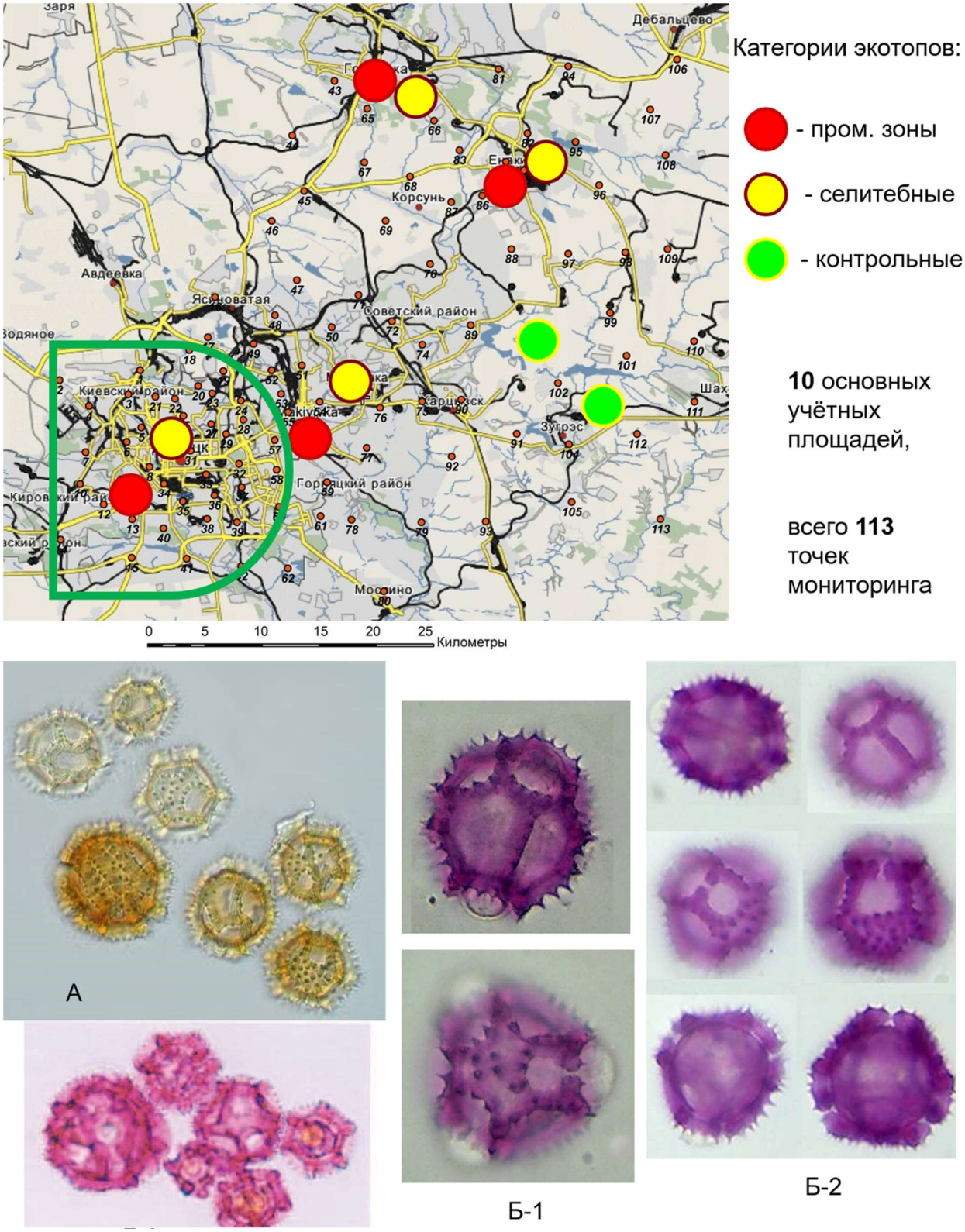


Рис. 3.49 – Пример организации частичного обследования территории Донбасса по палинологическим характеристикам *Taraxacum officinale*: локализация мест сбора пыльцы и результаты окрашивания разными красителями (Бойко, Фесенко, Медяник, Сафонов, 2020)

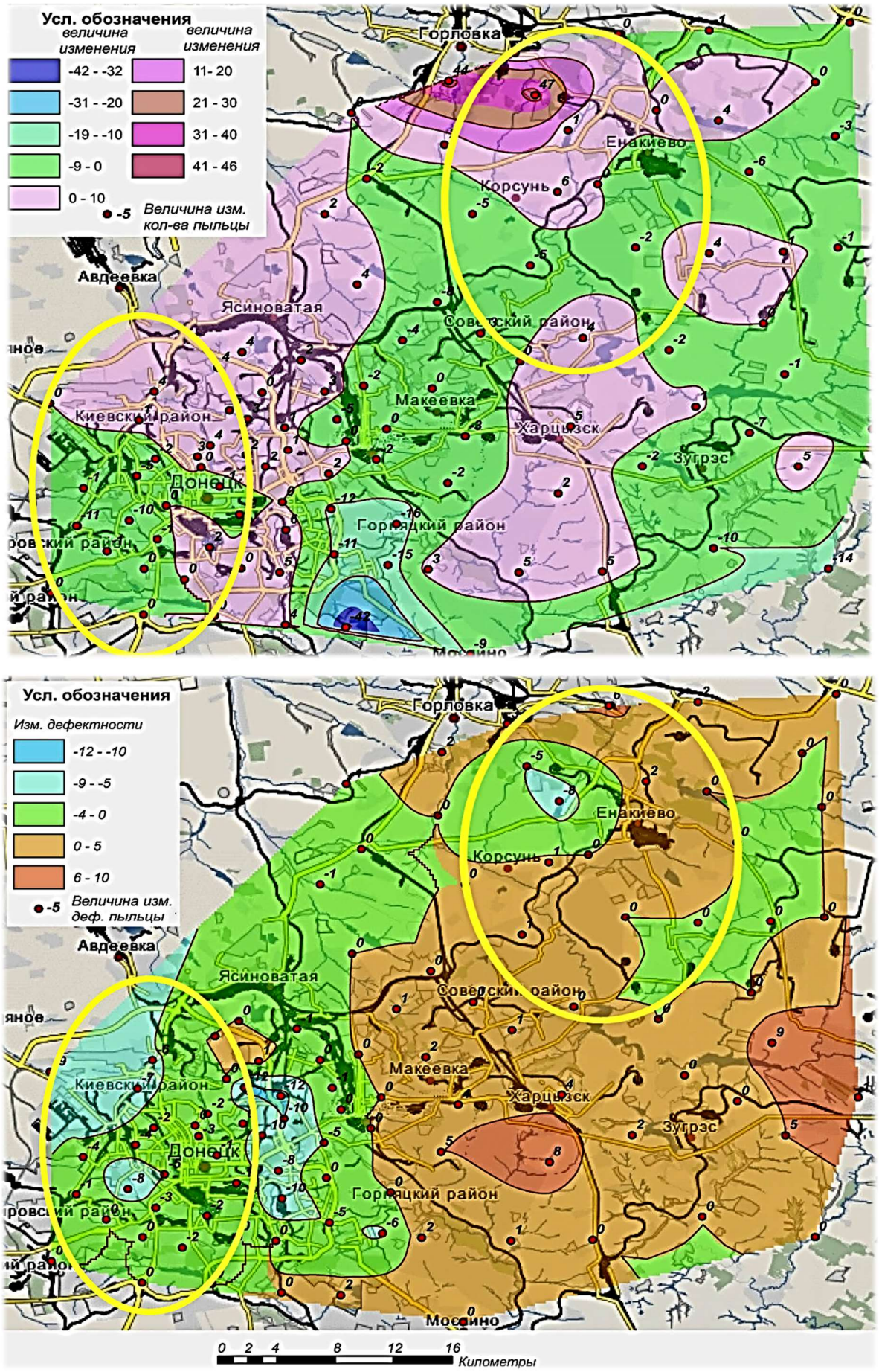


Рис. 3.49 – Пример организации частичного обследования территории Донбасса в отдельных экотопах, сравнение данных за несколько лет (Бойко, Фесенко, Медяник, Сафонов, 2020)

4 КОЛЛЕГИАЛЬНАЯ ИНТЕГРАЦИЯ ФИТОМОНИТОРИНГОВЫХ РАБОТ

Кафедра ***ботаники*** Донецкого государственного университета была основана в **1965** г. одной из первых кафедр биологического факультета. С **1995** г. – ***кафедра ботаники и экологии***. За годы функционирования этой структурной единицы большого научного процесса в Донбассе было накоплено, адаптировано и внедрено в практику фитоэкологических исследований много методических разработок по изучению растений. В широком смысле ***фитоиндикация*** и соответствующий ей ***мониторинг***, – это любое ботаническое исследование, содержащее информацию о состоянии окружающей среды. А растения существуют в неразрывной связи с природными средами, поэтому целевых программ индикационного назначения всегда много.

Сформировавшиеся специфические условия развития промышленного региона, высокий уровень урбанизации и геохимического контраста, а также отсутствие собственных учебных хозяйств и территорий для возможного проведения агротехнических или селекционных, биотехнологических работ в открытых ландшафтных системах, обусловили занятость сотрудников кафедры именно теми научными направлениями, которые было возможно реализовать, сохраняя высокий уровень знаний о растениях в различных сферах их применений. До 2014 г. многие усилия были потрачены на развитие натурных исследований в компетенции работы биологической станции Донецкого университета, расположенной в северной части Артёмовского района, в посёлке Дроновка.

Безусловно, все достижения ученых кафедры (от школьников и студентов до академиков) являются результатом коллегиальной работы и социальных коммуникаций учителей и учеников на основе той материально-технической базы, которая была сформирована и предоставлена в распоряжение всем задействованным в научном процессе.

Несмотря на высокий уровень научных разработок по искусственному мутагенезу, промышленной ботанике и пр., основным приоритетом на кафедре оставалась образовательная деятельность.

Местом сосредоточения большинства исторических сведений о развитии кафедры является специально созданный ботанический музей (рис. 4.1, 4.2), открытый для экскурсионных посещений в рабочее время.

Экспонаты музея ежегодно проходят процедуру инвентаризации, пополняются новыми находками и коллекционными образцами, в том числе и сведениями по ботаническому экомониторингу в разных местах Донбасса, что является частью целевой программы представленной рукописи.

Фрагменты музея кафедры ботаники и экологии Донецкого государственного университета

Рис. 4.1 – Экспозиционные материалы ботанического музея ДонГУ (Петкогло и Сафонов, 2016; Абуснайна и Сафонов, 2024)

Часть обзорного материала о коллекционных фондах музея опубликованы (Петкогло и Сафонов, 2022; Сафонов, 2022к; Сафонов, 2023а).

Учебная деятельность во многом была и остается сопряженной с научными достижениями и спецификой проведения исследовательской работы фитоиндикационного и фитомониторингового направлений на кафедре. Опубликованные учебные и методические пособия по ботанике и экологии с 2014 г. по настоящее время содержат как теоретические сведения, так и практические наработки по фитомониторингу и экспертизе.

На рисунке 4.2 представлены эскизы некоторых учебных пособий и коллажи общественной публичной деятельности ученых кафедры ботаники и экологии ДонГУ на радио и телепередачах, при проведении олимпиад, конкурсов, научных семинаров на биологическом факультете.

Рис 4.2 – Экспозиционная учебная работа на биологическом факультете, сопряженная с исследовательской работой студентов (2014-2024 гг.)

Использование результатов научных разработок регионального значения осуществляется в рамках учебных дисциплин Экологический мониторинг (Мониторинг окружающей среды), Охрана природы, Репродуктивные стратегии растений, Функциональная ботаника. Фитоэргономика, Нормирование антропогенной нагрузки и снижение загрязнения окружающей среды, Технологии фитоиндикации, Методология и методы научных исследований.

Особенности подготовки методической и учебно-теоретической продукции отражены в нескольких публикациях (Авраимова и Сафонов, 2023; Палагута и Сафонов, 2024; Сафонов, 2016б; Сафонов, 2021г; Сафонов, 2023; Сафонов и Глухов, 2017 и др.).

С позиций современных запросов научного сообщества на проведение диагностических работ по изучению трансформации климата или локальных изменений метрологических факторов важным представляется вопрос использования музейных и коллекционных образцов в аспекте межгодового

сравнения видов, например, по структурно-функциональным параметрам (микростроение поверхности отдельных органов, жилкование листа, метрические особенности расположения устьиц, трихом, система скульптурированности при подробном изучении сохранившихся семян и плодов). Поэтому как выставочный материал, например, редких и охраняемых видов региональной флоры (рис. 4.3), так и сохранившиеся гербарные образцы с указанием геолокации и времени сбора рассматриваются как возможность ретроспективного анализа климатообразующих факторов (Чунаева и Сафонов, 2024).

Рис. 4.3 – Центральная экспозиция раритетной фракции флоры в музее кафедры ботаники и экологии ДонГУ (Петкогло и Сафонов, 2022; Сафонов, 2023к)

Сохранившиеся гербарные образцы и фрагменты выставочных работ в музее характеризуют экотопическое разнообразие и особенности развития растительных организмов в специфических условиях, на специфических субстратах. Такие образцы являются эталонными для сравнения с современными, перспективными для микроэволюционных процессов, которые, по-видимому, ускоряются в условиях геохимического контраста в Донбассе, спровоцированного интенсификацией индустриального фактора. Однако, большинство наблюдений в рамках 10-летнего периода их осуществлений не могут дать какой-либо естественно сформированный или искусственно созданный эффект в рамках структурной пластичности растительного организма, поэтому в большинстве случаев регистрируемую модификационную изменчивость корректнее будет сравнивать с вариациями в пределах нормы реакции, имеющей диагностическое значение при проведении фитоиндикационной экспертизы или фрагментов экологического мониторинга в рамках существующей сети наблюдений. Нужно обязательно отметить отдельные авторские сборы растений, которые хранятся в гербарных образцах, сформированных учеными кафедры (рис. 4.4–4.8).

Большинство гербарных коллекций и выставочных образцов являются частью образовательной программы по Большому практикуму студентов.

Рис. 4.4 – Коллекционные сборы и экспозиции из фонда Д.Я. Зацепиной (Сафонов, 2023 к. с дополнениями)

Рис. 4.5 – Из коллекций Ф.Л. Щепотьева и М.Л. Ревы
(редкие и охраняемые виды)

Рис. 4.6 – Из коллекций Д.Я Зацепиной и Л.Н. Хоботковой
(экология и география растений)

Рис. 4.7 – Из коллекций Э.И. Дацун и Н.А. Хижняк
(летняя полевая практика, экология и морфология растений)

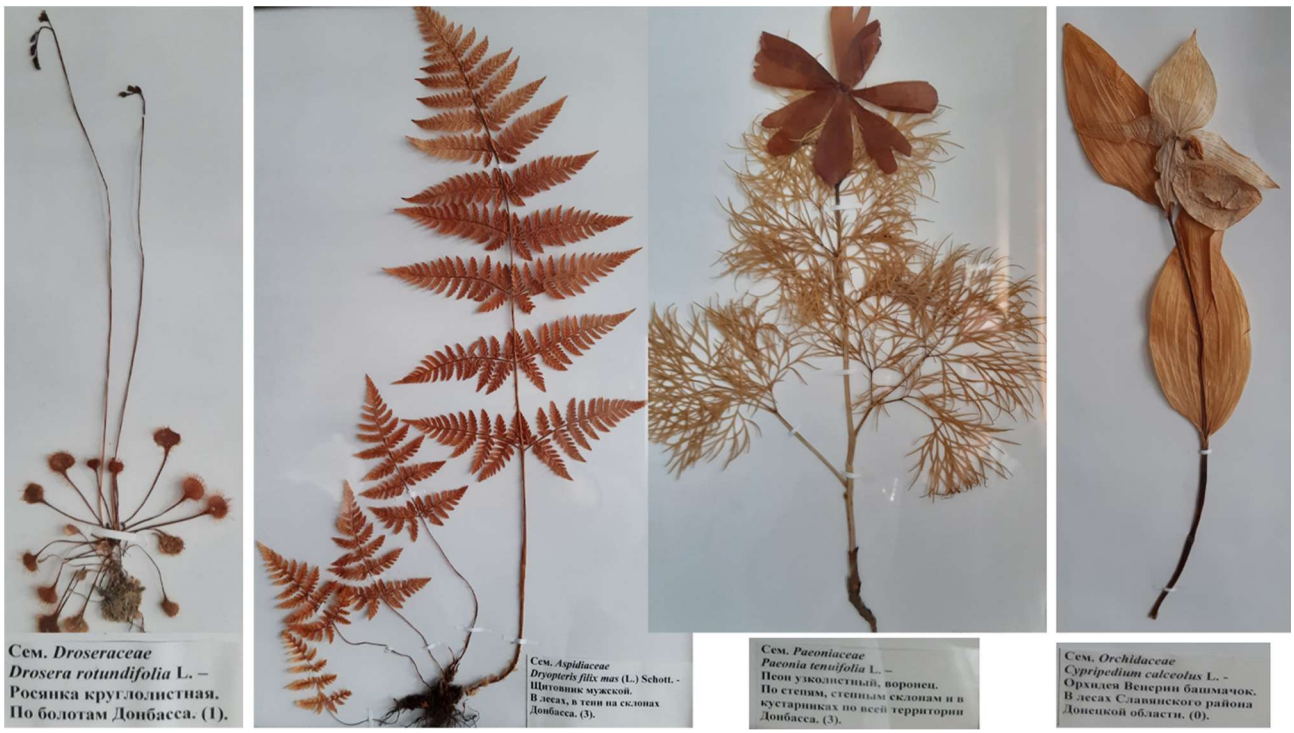


Рис. 4.8 – Экспозиционный материал, собранный заведующей ботаническим музеем О.В. Петкогло (охраняемые виды и палеонтологические находки) (цит. по Сафонов, 2023 к)

Отдельным аспектом рассматривается экспозиция искусственного мутагенеза растений в рамках научной школы Ф.Л. Щепотьева (рис. 4.9).

Рис. 4.9 – Коллекционные экземпляры результатов работы научной школы по искусственному мутагенезу (описание в тексте, Сафонов, 2023к)

По специальному запросу Правительства РФ в ноябре 2023 г., распоряжению проректора по научной и инновационной работе ДонГУ сотрудниками кафедры ботаники и экологии были подготовлены пять демонстрационных слайдов для представления результатов научной работы на Выставке достижений народного хозяйства (г. Москва), в комплексе РОССИЯ (декабрь 2023 г. – апрель 2024 г.). Таким образом, были собраны некоторые материалы разных тематических направлений кафедры (рис. 4.10–4.14) в едином выставочном аспекте, отражающем особенности природного разнообразия Донецкой Народной Республики. В последующем информация об этом была размещена в специализированном журнале, входящем в перечень журналов ВАК, «Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона» в 2024 г.

Все обозначенные иллюстративные слайды объединены общей программой ботанических исследований в Донбассе. В качестве одного из практического применения результатов рассматривается фитоиндикационный аспект.

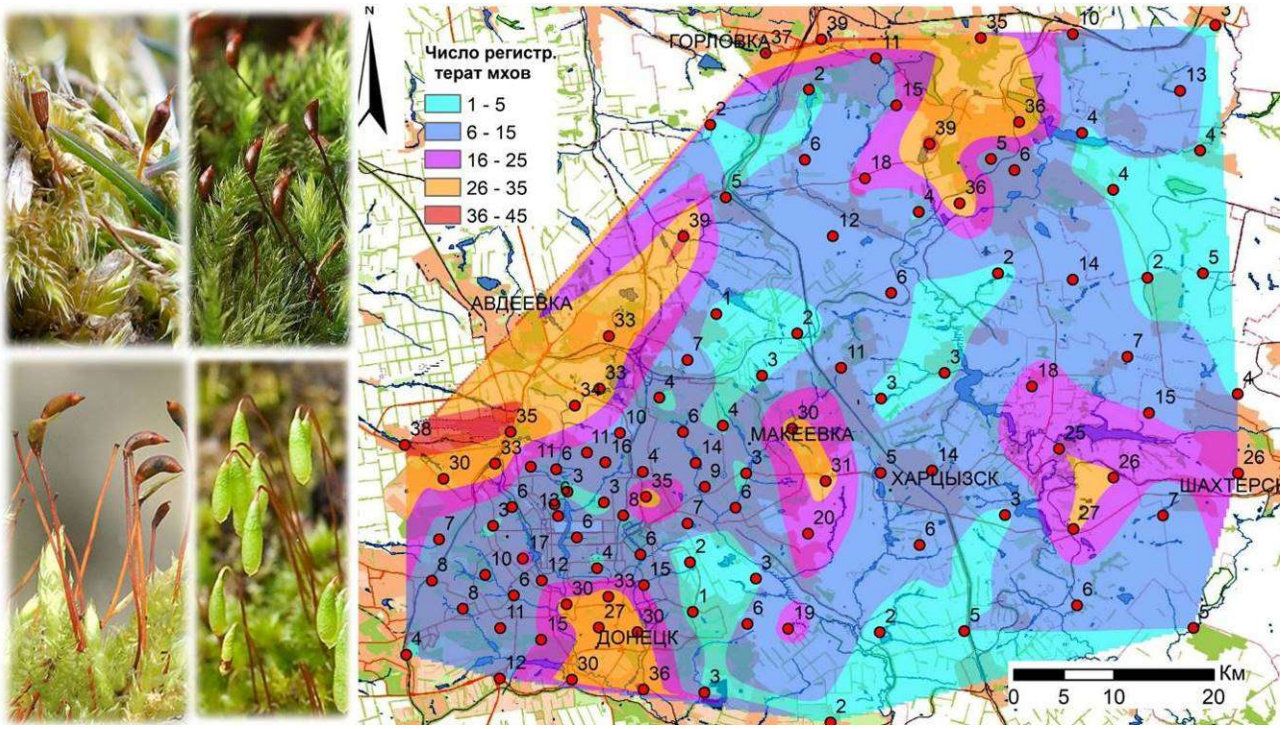


Рис. 4.10 – Бриоиндикация и мониторинг природных сред по таксономическим и тератологическим характеристикам мохообразных Донбасса *(Сафонов А.И., Мирненко Э.И., Мирненко Н.С., Калинина А.В., Калинина Ю.С., Палагута А.П., 2024 и др.)*

Тематика фиторазнообразия была представлена блоком бриологических исследований, которые в последние годы активно разрабатывались на кафедре как в таксономическом (Сафонов и Морозова, 2017, 2018, 2021, Бондарь и др., 2020; Сафонов, 2023б), так и прикладном токсиколого-индикационном отношении (Морозова и Сафонов, 2016; Бондарь и Сафонов, 2020, 2021).

В тематике индикационного эксперимента особое внимание уделяли геохимическим особенностям в диагностике местности (Nespirnyi & Safonov, 2024; Зиньковская, Вергель, Кравцова, Сафонов, 2022; Зиньковская, Сафонов, Юшин, Неспирный, Гермонова, 2024) и структурно-функциональным

особенностям мохообразных в контрастных геохимических средах (Zinicovscaia, Safonov, Kravtsova, Chaligava, Germonova, 2024; Зиньковская, Вергель, Сафонов, Юшин, Чалигава, Кравцова, 2023; Сафонов, Алемасова, Зиньковская, Вергель, Юшин, Кравцова, Чалигава, 2023а,б).

В спектре изучения классических вопросов морфологии и ценопопуляционных характеристик мохообразных особое место было выделено вопросам способности к пионерному зарастанию мохообразными мест после взрывов, глубоких нарушений почвенного покрова в результате военных действий, поскольку факт эффективного задернения резко уменьшает эрозионные процессы и минимизирует негативное воздействие на воздушную среду в периоды интенсификации эоловых процессов. При определении видового состава и жизненных форм мохообразных (рис. 4.11) условно выделен ряд переходных стадий сукцессионного процесса первого-третьего года самозарастания в последовательности «*подушка – сплетение – ковер*», отмечены нетипичные жизненные формы растений в контрастной геохимической среде и в пионерных сообществах «*нуль-момента*» или ***эцезиса*** полемострессового характера, что важно как в индикационном, так и в оптимизационном вопросах (Сафонов, 2023ж), поскольку доказано, что большая часть поллютантов неспецифического антропогенного происхождения в таких случаях вовлекаются в биогеохимические циклы и тем самым существенно уменьшается их концентрация в приземном слое атмосферы, что принципиально важно в санитарно-гигиенической оценке территории.

Рис. 4.11 – Видовое разнообразие мохообразных как заповедных объектов так и при анализе пионерных сукцессий после военных трансформаций *(Сафонов А.И., Мирненко Э.И., Мирненко Н.С., Калинина А.В., Калинина Ю.С., Палагута А.П., 2024 и др.)*

Тематика гидробиологического направления является критически необходимой для степного региона Европы, имеющего высокий уровень техногенного загрязнения и урбанизации. Все годы военных событий в Донбассе это направление курирует Э.И. Мирненко. Поэтому альгологическое направление и иллюстративная часть выставки в Москве неотъемлемым образом должны были представлены оригинальными результатами и эксклюзивными фотографиями донецкого ученого (рис. 4.12).

Рис. 4.12 – Альгологический аспект деятельности кафедры ботаники и экологии: экологический мониторинг водных объектов Донбасса *(Сафонов А.И., Мирненко Э.И., Мирненко Н.С., Калинина А.В., Калинина Ю.С., Палагута А.П., 2024 и др.)*

Проведены комплексные исследования фитопланкотона (Мирненко, 2017б, 2019а, 2023; Мирненко и Макуха, 2018; Mirnenko, 2024); поверхностных слоёв открытых водоёмов (Касько, Комарова, Мирненко, 2021, Мирненко, 2019в, 2021); установлены гидрохимические показатели (Мирненко, 2018; 2019б, Мирненко, 2021), уровни органического загрязнения (Мирненко, 2017а; Мирненко и Касько, 2020; Мирненко и Макуха, 2021). Отдельные публикации посвящены индикационным характеристикам элементов фитопланктона (Мирненко, 2020; Мирненко, 2022). Во многих случаях результаты диагностики показывают неудовлетворительное состояние водных систем и ограничивают возможности эксплуатации водных ресурсов.

Ценность и перспектива исследований в фитоиндикационном направлении очевидна, поскольку при грамотной организации мониторинга можно не только предупреждать вредные характеристики, но и крайне опасные для здоровья человека, например, вызванные, массовым размножением отдельных групп водорослей и микроорганизмов, резко меняющие токсичный фон водного ресурса. На современном этапе Э.И. Мирненко активно работает в рамках

дорожной карты по сотрудничеству с ведущими учеными-гидробиологами и экологами Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова.

Тематика палинологических исследований имеет традиционный аспект изучения в рамках классического ботанического представления о пыльце (Сафонов и Беломеря, 2007; Сафонов и Захаренкова, 2016; Мирненко, 2020а; Сафонов, 2021а), а также возможности использования данных о её состоянии в диагностическом вопросе состояния локальных экосистем (Фесенко и Сафонов, 2020; Сафонов, 2019в, 2021д; Бойко, Фесенко, Медяник, Сафонов, 2021 и др.).

На рисунке 4.13 содержатся иллюстрации к фрагментам исследований по микроскопированию пыльцевых зёрен, учету процесса пыления, а также картографические визуализации отдельных характеристик пыльцы растений-индикаторов Северного Приазовья.

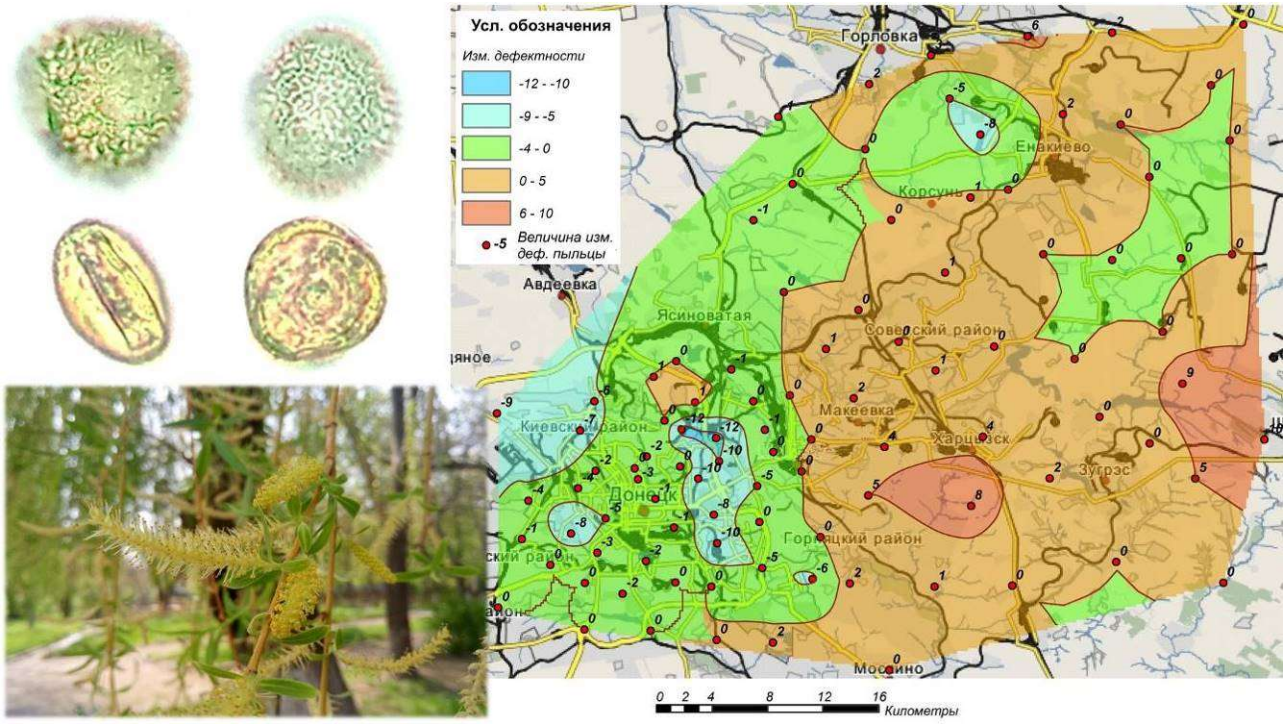


Рис. 4.13 – Палинологический аспект деятельности кафедры ботаники и экологии: экологический мониторинг воздушной среды Донбасса *(Сафонов А.И., Мирненко Э.И., Мирненко Н.С., Калинина А.В., Калинина Ю.С., Палагута А.П., 2024 и др.)*

Ведущим специалистом в области палинологических исследований Донбасса является Н.С. Мирненко, чьи публикации охватывают широкий спектр тематических направлений по систематике (Мирненко, 2022б, 2022в), морфологии и тератологии пыльцевых зерен (Мирненко, 2017б, 2018б, 2019), экологическому мониторингу в урбанизированных экосистемах (Мирненко, 2018а, 2020б, 2021, 2022а, 2023а, Мирненко и Сафонов, 2017, 2023), а также вопросам первопричин аллергизации населения (Мирненко, 2017а, 2018в, 2023б).

Сведения о состоянии пыльцы в Донбассе в частных вопросах и обобщении успешно собраны в подготовленную диссертационную работу Н.С. Мирненко.

Оценка технозёмов методом фитотестирования для комплексного представления об уровне токсической нагрузки в ландшафтных системах является функционально обязательной. Начиная именно с доступных тестов о фитопригодности про-почвенного горизонта на нео-техногенных объектах, были реализованы многие эксперименты по промышленной ботанике в регионе.

Брендовые позиции по изучению терриконов и терриконików в Донбассе не остаются без внимания ученых кафедры ботаники и экологии на современном этапе (Сафонов, Догадкин, Неспирный, 2024; Dogadkin, Safonov, Danilova, Degtyarev, 2024).

На рисунке 4.14 подготовлен иллюстративный материал по геостратегическому анализу некоторых терриконов на основе фитоценотических данных, жизненного состояния индикаторных видов и фрагменты эксперимента по фитотестированию, проводимые А.В. Калининой в рамках диссертационной работы на кафедре ботаники и экологии.

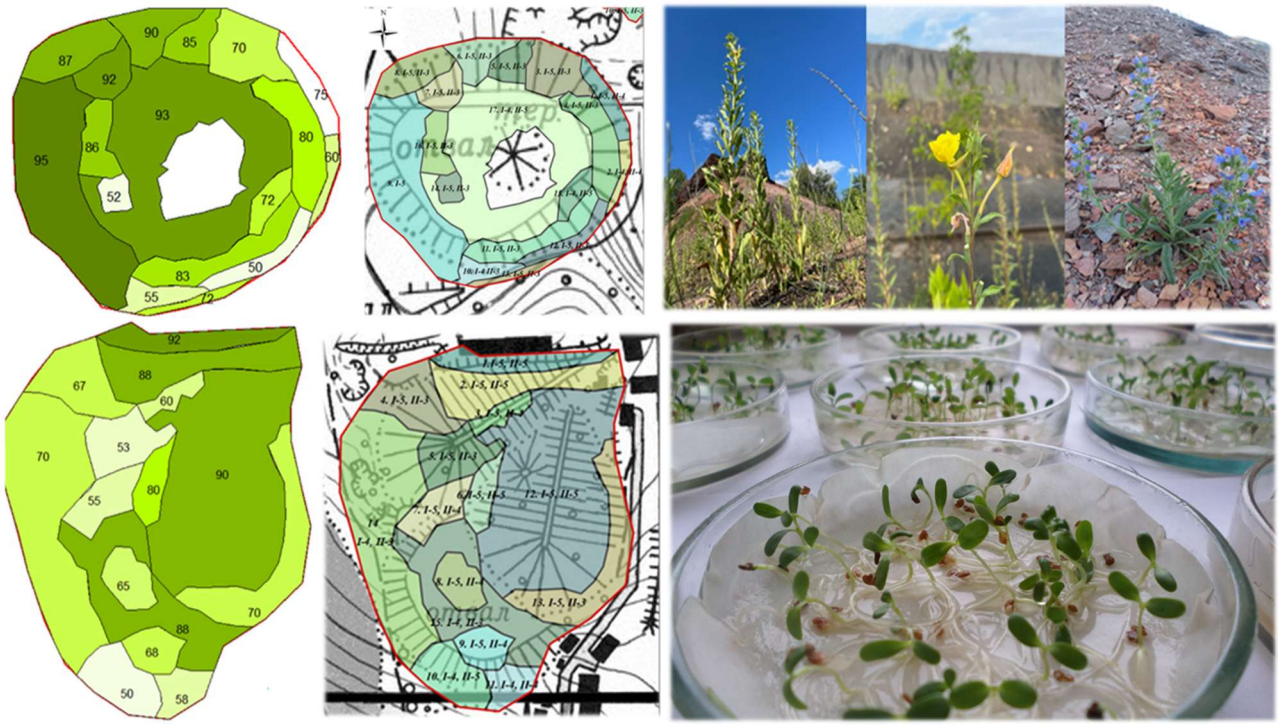


Рис. 4.14 – Результаты фитотоксикологического и фитоценотического экспериментов на отвалах угольных шахт Донбасса *(Сафонов А.И., Мирненко Э.И., Мирненко Н.С., Калинина А.В., Калинина Ю.С., Палагута А.П., 2024 и др.)*

Фитоиндикационная составляющая экологического мониторинга в рамках ценопопуляционных (Калинина, 2019б, 2021, 2022а,б, 2023а,б,г), структурно-ботанических (Калинина, 2020, 2019в, 2023в), лабораторно-диагностических экспертиз (Калинина, 2019а) активно развивается в донецком регионе.

На современном этапе к выполнению этой и предыдущих указанных тем подключены студенческие инициативы, продуктивно работает сектор аспирантуры, формируются молодежные лаборатории федерального

подчинения для выполнения государственных запросов по тематике оценки нарушенных природных сред.

С 2024 г. в перспективу деятельности кафедры добавился новый элемент по ландшафтному дизайну и зеленой архитектуре на примере урбаносистем Донбасса, готовится к публикации иллюстративный материал (рис. 4.15).

Рис. 4.15 – Сезонная аспектная динамика экспозиции парковой зоны пр. Гурова (г. Донецк) (Калинина и Сафонов, 2024 с изменениями)

Таким образом, фитоиндикационная тематика является ключевой в экспериментальной работе на кафедре ботаники и экологии, объединяя многие прикладные аспекты экологических разработок в Донбассе.

5 ЛОКАЛЬНАЯ ФИТОКВАНТИФИКАЦИЯ ОБЪЕКТОВ ТЕХНОГЕНЕЗА

Система создания терриконов (и терриконików – в зависимости от морфологии ландшафтного новообразования) в Донбассе является неизбежным следствием индустриального развития региона. Более 150 лет в этой местности занимаются подземной добычей угля. Существует более 20 объектов металлургического и 60 предприятий химического производства разного назначения. С одной стороны, происходит механическая трансформация ландшафта при формировании более 800 терриконов как продуктов горнодобывающей деятельности. С другой стороны, сами по себе терриконы являются источником загрязнения воздуха и подземных вод в результате процессов горения и эмиссии большого количества продуктов разложения, имеющих сложную техногенную природу. При этом вся индустриализация является причиной загрязнения природных сред в результате коксохимической, металлургической и многих вариантов реализации химических технологий. Поэтому всестороннее изучение современного состояния техногенных объектов, встроенных в ландшафтную систему крупных городов и селитебные комплексы, является актуальной.

Перед ботаниками донецкого региона с 1960-х годов (при формировании Донецкого научного центра Академии наук и переориентации педагогического университета в классический Донецкий государственный университет) всегда остро стояла задача фитооптимизации природных экосистем, нарушенных и загрязненных в результате антропотехногенеза, поэтому активно развивалось в период СССР работа по озеленению и ландшафтной архитектуре. Первые этапы рекультивации терриконов были особо сложными и токсичными – это ландшафтное преобразование отвалов угольных шахт таким образом, чтобы были созданы условия для выживания растений-пионеров, которые в дальнейшем формируют среду для более продуктивных растительных сообществ. До середины 1980-х годов программа по озеленению была успешной, многое было сделано. Но отсутствие государственной поддержки в дальнейшем дало резкий спад результативности таких озеленительных работ в широком масштабе. Последние 40 лет характер формирования растительности на терриконах можно назвать самозарастанием – очень медленный сукцессионный процесс задернения открытых участков в ландшафтах техногенной природы.

Только на территории Донецка и Макеевки находится на сегодня более 300 терриконов, которые по сути являются отходами угольной промышленности, но некоторыми учеными рассматриваются как ресурс будущего, имеющий богатые залежи ценных руд, редкоземельных элементов и пр. Однако на сегодня эти программы не развиваются из-за военных действий.

Современная зеленая революция и эволюция нового поколения также нуждаются в экспертной оценке ресурсного потенциала территории. При этом должны быть подключены специалисты в области геосистемного моделирования, химики-аналитики, геохимики, технологи, почвоведы, биологи широкого профиля подготовки, специалисты-экологии в сфере нормирования

антропогенных нагрузок. В актуальном аспекте развитие высокоточных технологий в Донбассе определенным образом законсервировано из-за активных военных событий. Реализация любого эксперимента в открытых ландшафтных системах не только вредна, но и опасна по указанной причине. Возникают проблемы организовать экологическую экспедицию диагностического назначения, существует запрет на организацию фотосъемки в любых местах: в населенных пунктах, заповедных объектах и особенно в местах техногенеза, поскольку любая такого рода информация может быть использована для целенаправленного уничтожения инфраструктуры региона. Запрещен отбор образцов почв, в том числе и в целях безопасности научных сотрудников. Поэтому с 2014 г. по настоящее время программы детального экологического мониторинга на государственном уровне с доступными публикациями не осуществляются. Исключением является только система фитомониторинга в Центральном Донбассе, объединяющая 113 стационаров и постов наблюдений переходного значения. Система основана на использовании данных о состоянии растений-индикаторов. Надо сказать, что, не смотря на сложности и опасности, научный коллектив кафедры ботаники и экологии Донецкого государственного университета, аспиранты и студенты все эти годы беззаветно вовлечены в осуществление фитомониторинга на основании индикации, что отражено в некоторых актуальных публикациях в разных аспектах.

С 2023 г. по инициативе главного научного сотрудника Института геохимии и аналитической химии РАН, доктора биологических наук, профессора Вадима Викторовича Ермакова была начата работа по биогеохимическому анализу природных сред Центрального Донбасса. Учитывая возможности аналитических исследований в современных лабораториях, донецкими ботаниками и экологами были подготовлены образцы растительного материала для детального элементного анализа с возможностью последующего совмещения в рамках имеющихся данных по фитоиндикации и экологическому мониторингу с помощью растений.

Целевая программа этой части работы – представить результаты первичного скрининга по детальному элементному составу растений из устойчивых популяций на терриконах Донбасса для их геохимической оценки и в перспективе использования в целях восстановления нарушенных и загрязненных экосистем.

Система мониторинга опирается на сведения сетевых показателей и целевых сведений, которые территориально могут иметь разные геолокалитеты. Поскольку импакт загрязнения (преимущественно в результате индустриализации) формирует перекрывающие градиенты своего уровня, если объекты находятся близко друг к другу. Специфика строительства большинства крупных городов Донбасса заключалась в том, что предприятие-загрязнитель является градообразующим и находится в центре населенного пункта. К тому же селитебные зоны были организованы в непосредственной близости к предприятию: металлургические, коксохимические, химические заводы.

Свалки промышленных отходов в горнодобывающей промышленности традиционно представлены терриконами и(или) террикониками, отличающимися по морфологии и архитектуре их возведения – как отвалы угольных шахт (Осинцева, Дюкова, Бурова, Осинцев, 2024; Осинцева, Крюк, Дюкова, Бурова, 2024; Zádrapová, Titěra, Száková, Najmanová, Tlustoš, Čadková, Cudlín, 2019 и др. авторы).

Угольные предприятия являются объектами техногенного импакта (Просеков, Тимощук, Горелкина, Михайлова, Голубева, Иванова, 2023; Тимощук, Асякина, Горелкина, Осинцева, Голубцова, Милентьева, 2024; Boahen, Száková, Kališová, Najmanová, Tlustoš, 2023; Rouhani, Skousen, Tack, 2023; Yadav, Shirin, Jamal, Emmanouil, 2022 и др. авторы).

Ботанико-токсикологические исследования доказывают высокий уровень загрязнения в зонах импакта объектов техногенеза, а также важную роль растительного компонента в оптимизации природных сред (Глухов, Агурова, Прохорова, Хархота, 2010; Калинина, Сыщиков, 2020; Сафонов, Догадкин, Неспирный, 2024; Kumari, Kumar, Bhattacharya, 2023; Veselkin, Kupriynanov, Manakov, Betekhtina, Prasad, 2015).

В основу реализованного эксперимента положены принципы организации мониторинговых исследований в урбанизированных или высоко индустриализированных регионах (Ермаков, 2021; Уразгильдин и Кулагин, 2021). При выборе объектов (терриконов) для отбора проб руководствовались имеющимися историческими справками об их создании и геостратегической репрезентативностью в их расположении (Ковальский, Ермаков, Градова, 2020).

Негласной задачей было также расширить мониторинговую сеть и определить возможность влияния военных событий на показатели биогеохимического контраста в черте городов Донецка и Макеевки как наиболее густонаселённых пунктах донецкого экономического региона. Поэтому использованная идеология выбора объектов и территориальных предпочтений обусловлена проведением дополнительной экспертизы в поисках возможных геохимических аномалий (Дегтярёв, Тютиков, Гуляева, Данилова, Ермаков, 2020), по-видимому имеющих негативные последствия для состояния здоровья местных жителей.

Ботанико-экологический аспект эксперимента основывается на поиске адекватной запросу растительной ассоциации, унифицированной для всех точек сбора биоматериала и получении репрезентативной выборки с последующим химическим анализом образцов. На практике установлено, что наиболее устойчивыми являются северо-восточные экспозиции отвалов угольных шахт, поскольку в летнее время высокая инсоляция на южных и западных частях склона нивелирует возможность продуктивного развития биоты естественным способом. Ценными рекомендациями в отборе проб для биогеохимического эксперимента являются публикации ведущих специалистов в этой области (Ермаков, 2021; Голубев, Ермаков, Тютиков, 2021; Башкин, Евстафьева и др., 1993; Горелова, Волкова, Фронтасьева, 2015; Безель, Жуйкова, Гордеева, Голоушкина, 2020; Ермаков, Мойсеенок и др., 2019; Ермаков, Тютиков,

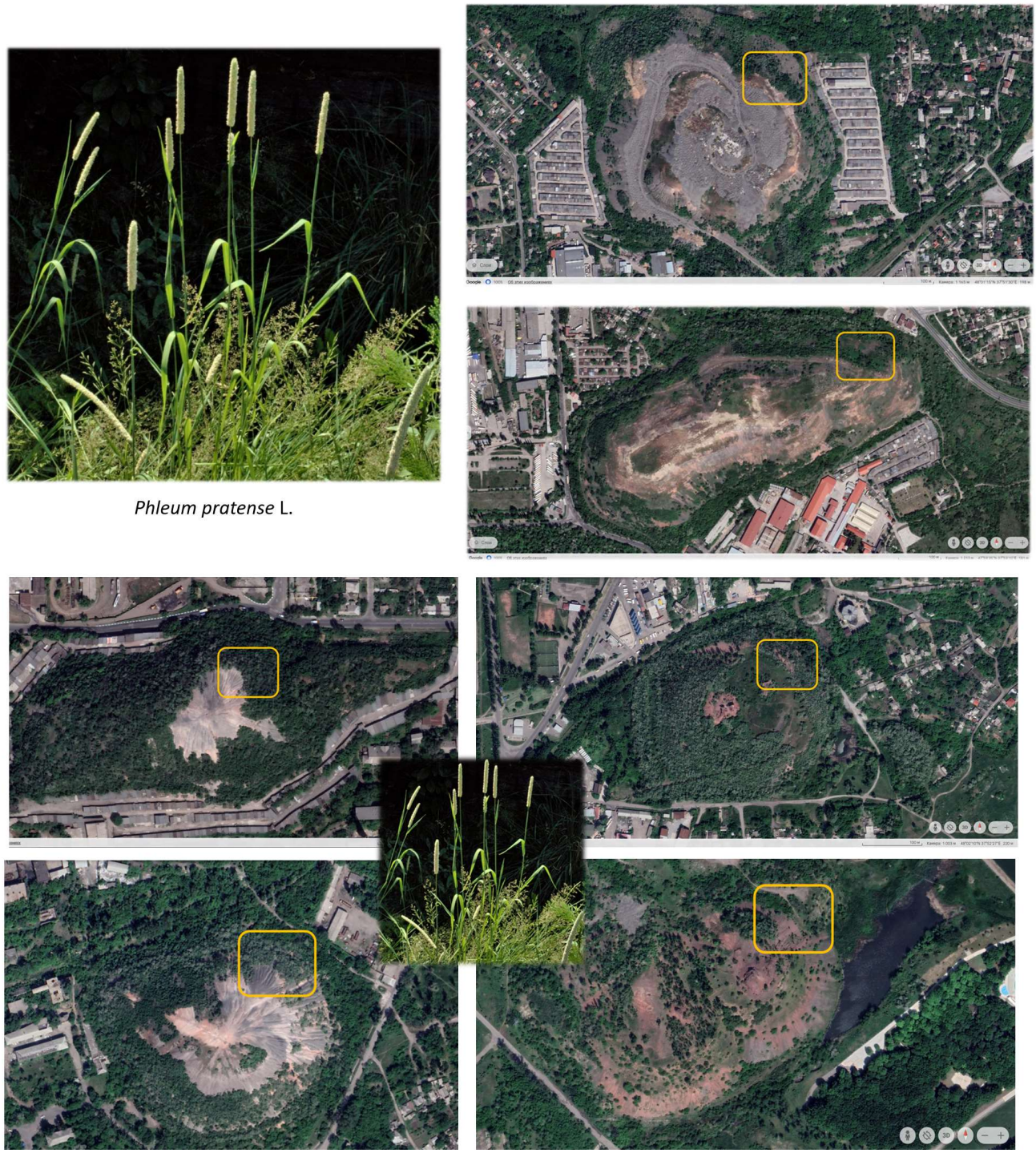
Дегтярев, Данилова, Гуляева, Догадкин, 2019; Опекунова, Никулина, Опекунов, Кукушкин, Федькина, 2024 и др.).

Геостратегическую часть эксперимента осуществили по имеющимся актуальным скринам ботанико-экологической ГИС-съемки (рис. 5.1). Выбраны были объекты семейства мятликовых (рис. 5.2) и астровых для сбора материала.

Рис. 5.1 – Места отбора проб на терриконах Донецка и Макеевки (Сафонов, Догадкин, Неспирный, 2024 с изменениями)

Для геохимической оценки среды использовали фитомассу *Phleum pratense* L., поскольку вид формирует локальные монодоминантные заросли и плотный растительный покров. Сопутствующие доминантному виду: *Plantago lanceolata* L., *Elytrigia stipifolia* (Czern.) Nevski на отвале угольной шахты имени Калинина (48001'23"N; 37050'53"E), *Astragalus cicer* L., *Trifolium campestre*

Schreb. – шахты Заперевальная (47059'45"N; 37052'49"E), *Echium vulgare* L., *Picris hieracioides* L. – шахты Берестовская No. 6/14, Ганзовка, Рогатый терикон (48002'13" N; 37052'09"E), *Verbascum lychnitis* L., *Trifolium pratense* L. – терикон шахты No. 1-1 бис (48001'42"N; 37050'28"E), *Oenothera biennis* f. stenopetala (E.P.Bicknell) B.Boivin – терикон шахты Центрально-Заводская (47059'16"N; 37048'52"E), *Cirsium vulgare* (Savi) Ten. – шахты Горького (47059'47"N; 37047'03"E), *Setaria verticillata* (L.) P.Beauv – шахты Св. Серафимовская (48002'14"N; 37050'37"E).



Phleum pratense L.

Рис. 5.2 – Геолокалитеты сборов растительного материала
на терриконах Донецка и Макеевки

Важно было определиться с процедурой отбора проб в конкретных участках по морфологии террикона. Этими пробными площадями стали участки северо-восточных экспозиций (рис. 5.3 на примере участков 3 и 7), наиболее эффективных в процедуре озеленения и самозарастания (автохтонной сукцессии последних 10-15 лет).

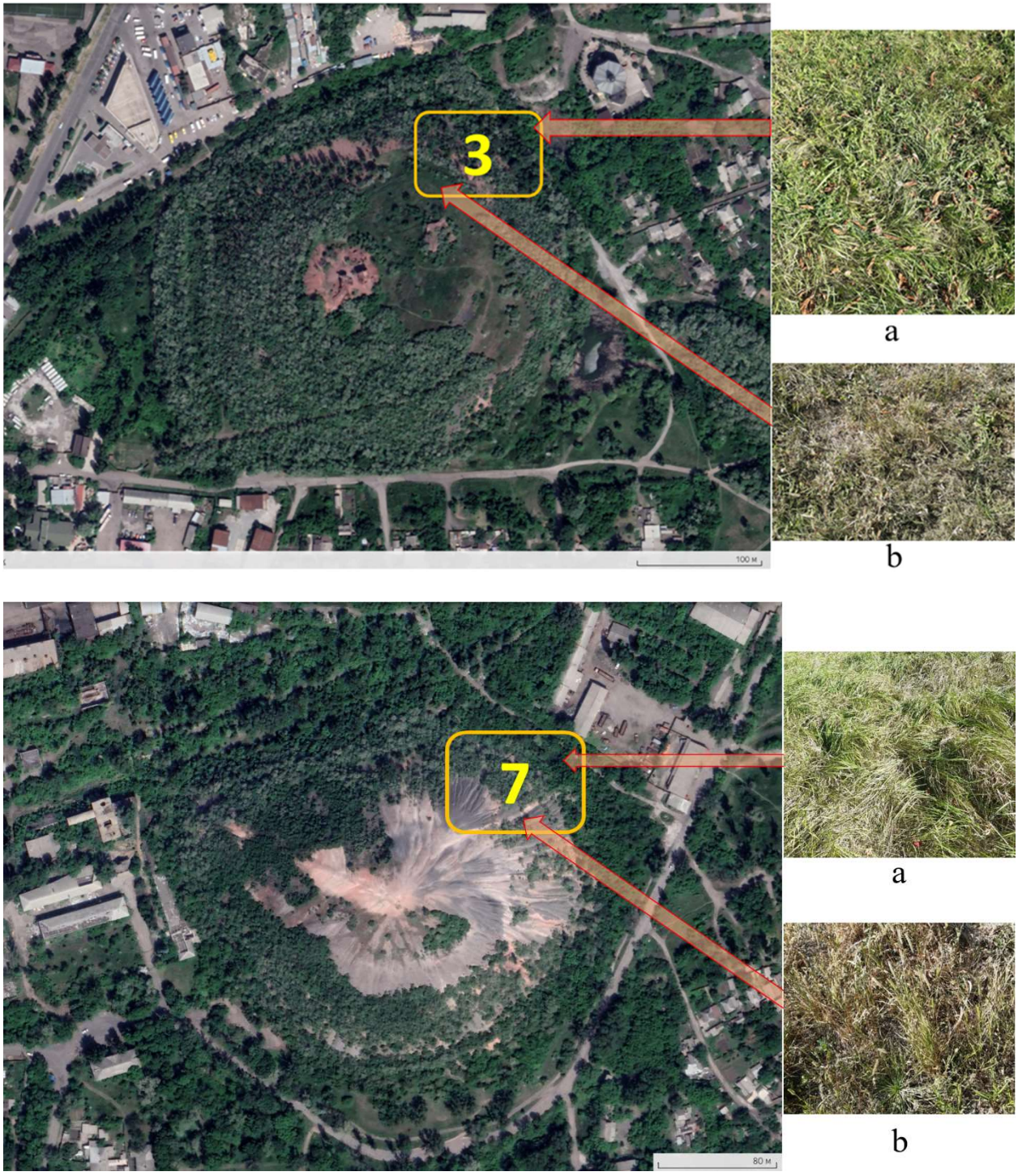


Рис. 5.3 – Детализация фрагментов отбора проб растительного материала для элементного анализа (Сафонов, Неспирный, Догадкин, 2024)

Фитогеохимический профиль терриконов отражен в полном объеме на рис. 5.4 (при расположении элементов на горизонтальной оси в алфавитном порядке (сверху) и с использованием логарифмической шкалы в порядке возрастания средних (медианных) показателей (рисунок 5.4 снизу). Такие два подхода дают возможность обобщить все статистические данные по элементному составу индикаторного вида растения.

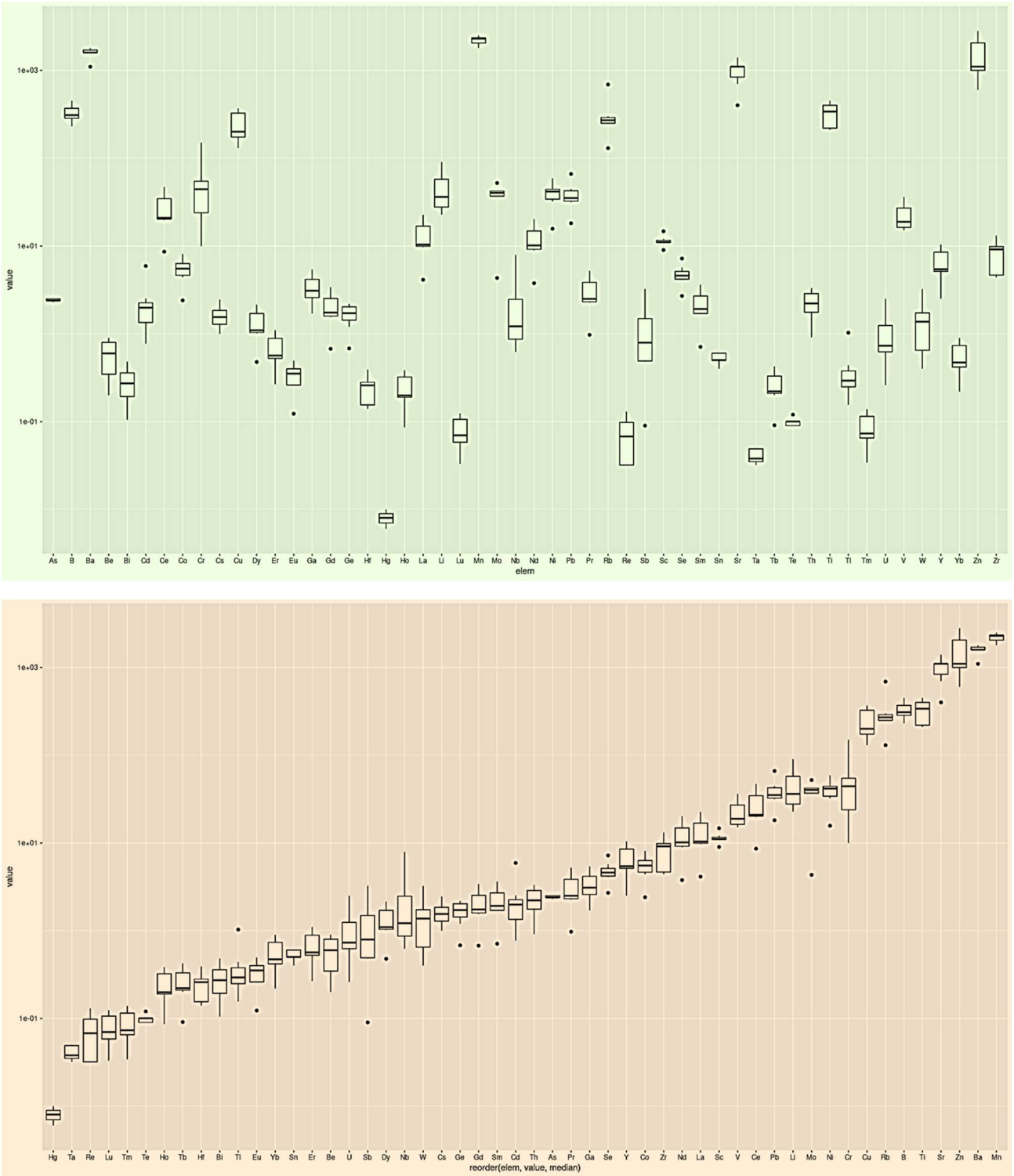


Рис. 5.4 – Фитогеохимический профиль терриконов (описание в тексте)
(Сафонов, Догадкин, Неспирный, 2024 с дополнениями)

При оценке вклада каждого из анализируемых элементов в общий процесс минерализации тканей наземных вегетативных органов тест-вида была составлена последовательность концентраций в порядке их убывания: Zn (2800) > Mn (2300) > Ba (1600) > Sr (1100) > Ti (420) > B (350) > Cu (330) > Rb (300) > Li (60,9) > Mo (52,1) > Cr (51,8) > Ce (47,1) > Pb (44,4) > Ni (41,8) > V (36,2) > La (22,7) > Nd (20,2) > Sc (14,7) > Y (10,4) > Zr (9,6) > Co (8,1) > Nb (7,9) > Se (5,7) > Ga (5,4) > Pr (5,22) > Sm (3,62) > Gd (3,39) > Th (3) > As (2,4) > Ge (2,2) > Cs (2,17) > Dy (2,14) > Cd (2) > Sb (1,76) > W (1,68) > U (1,6) > Er (1,1) > Be (0,9) > Yb (0,89) > Sn (0,5) > Eu (0,49) > Tl (0,44) > Tb (0,43) > Ho (0,38) = Bi (0,38) > Hf (0,27) > Tm (0,14) > Lu (0,12) > Re (0,11) > Te (0,09) > Ta (0,05) > Hg (0,01).

Принимая во внимание тот факт, что масштабы значений несоизмеримы (от порядка 0,01 для Hg до порядка 1000 для Mn, Zn, Sr, Ba), на вертикальной оси используется логарифмическая шкала. По горизонтали элементы расположены в алфавитном порядке (рис. 5.4).

Для каждого химического элемента рассматривали значения его концентрации для каждого террикона. Для каждого образца рассчитывали наиболее важные статистические данные по порядку (минимальный, максимальный и все квартили, включая медианное значение) и некоторые другие показатели. Для некоторых элементов приведены рисунки. Выбор для детальной визуализации этих данных обусловлен различными диапазонами изменения концентрации. Результаты представлены в виде графиков (рис. 5.5).

С целью установления особенностей миграционных потоков и совместного поступления отдельных элементов и (или) групп элементов в растительный организм, обусловленных характером техногенеза, был проведен расчет коэффициентов парной корреляции между концентрациями различных химических элементов в биомассе *P. pratense*. Результаты расчета представлены в виде тепловой карты (рис. 5.6), где положительные значения показаны красным цветом, отрицательные – синим, а насыщенность цвета соответствует абсолютному значению коэффициента корреляции. На диаграмме видно, что более 30% пар элементов имеют довольно тесную взаимосвязь между их концентрациями (коэффициент детерминации R^2 превышает 0,6). Более того, для большинства пар эта взаимосвязь положительная. Это вполне закономерно, поскольку при увеличении загрязнения окружающей среды растения испытывают воздействия совместных миграционных потоков. Был отмечен эффект минерализации фитомассы в условиях роста и развития растений на техногенных субстратах. На тепловой карте визуально заметна большая группа элементов в правом верхнем углу. В основном это лантаноиды – редкоземельные элементы, или элементы с низким процентным содержанием. Все коэффициенты корреляции между ними практически равны 1.

Таким образом, можем предположить наличие определенной группы элементов, которые, по-видимому, поступают в растение одновременно и примерно в одинаковых пропорциях.

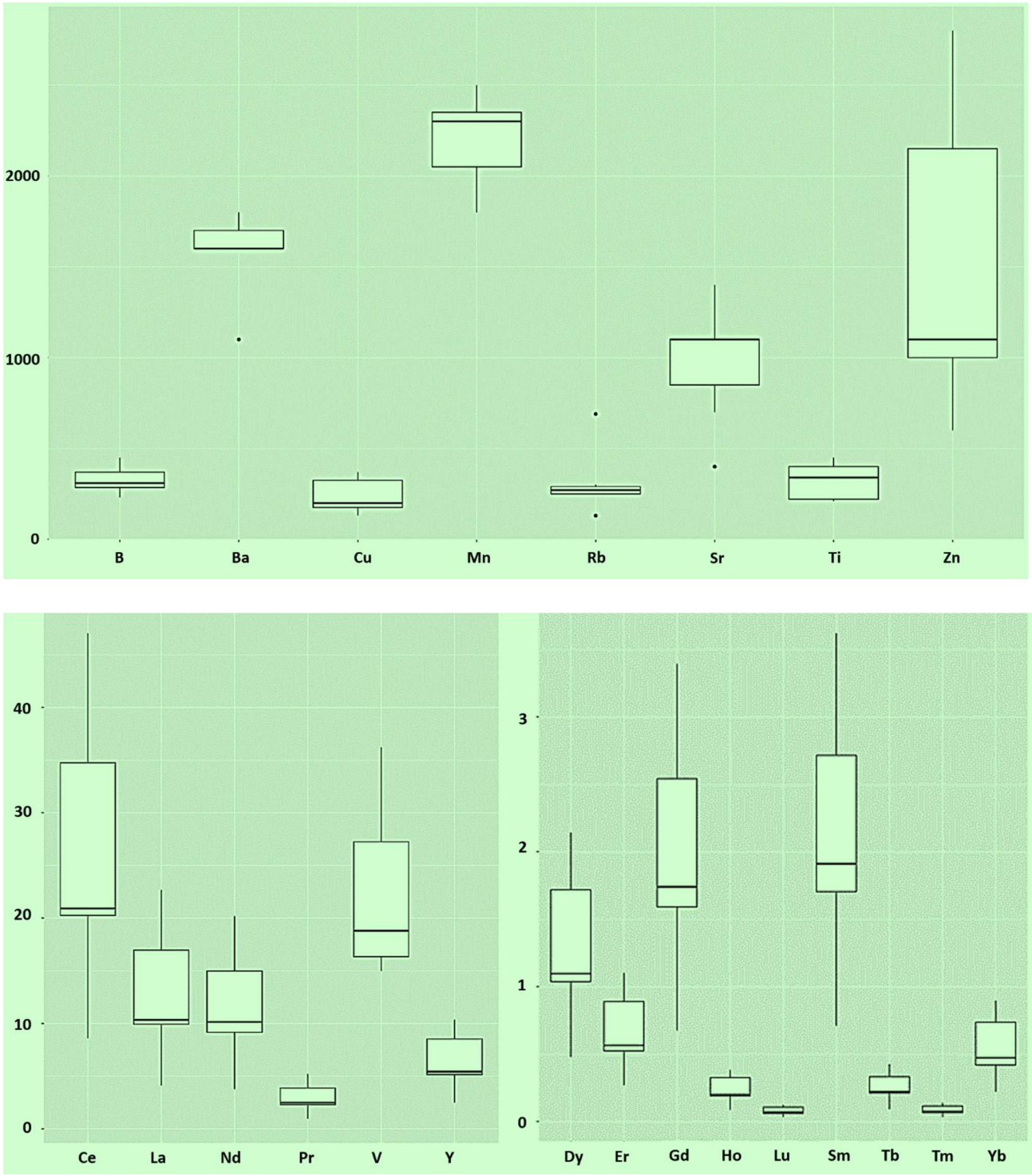


Рис. 5.5 – Диапазоны варьирования концентраций элементов для трех групп по разному их вкладу в фитогеохимический профиль терриконов Донбасса

Тепловые карты (рис. 5.6) визуализировали двумя способами: парные корреляции при получении общего треугольника при интенсификации красного цвета и парные корреляции по интенсификации положительных связей в оттенках синего цвета. Информация такого характера важна в анализе совместных миграционных потоков элементов (особенно технофильных и (или) специфического генезиса в природных средах в связи с деятельностью человека).

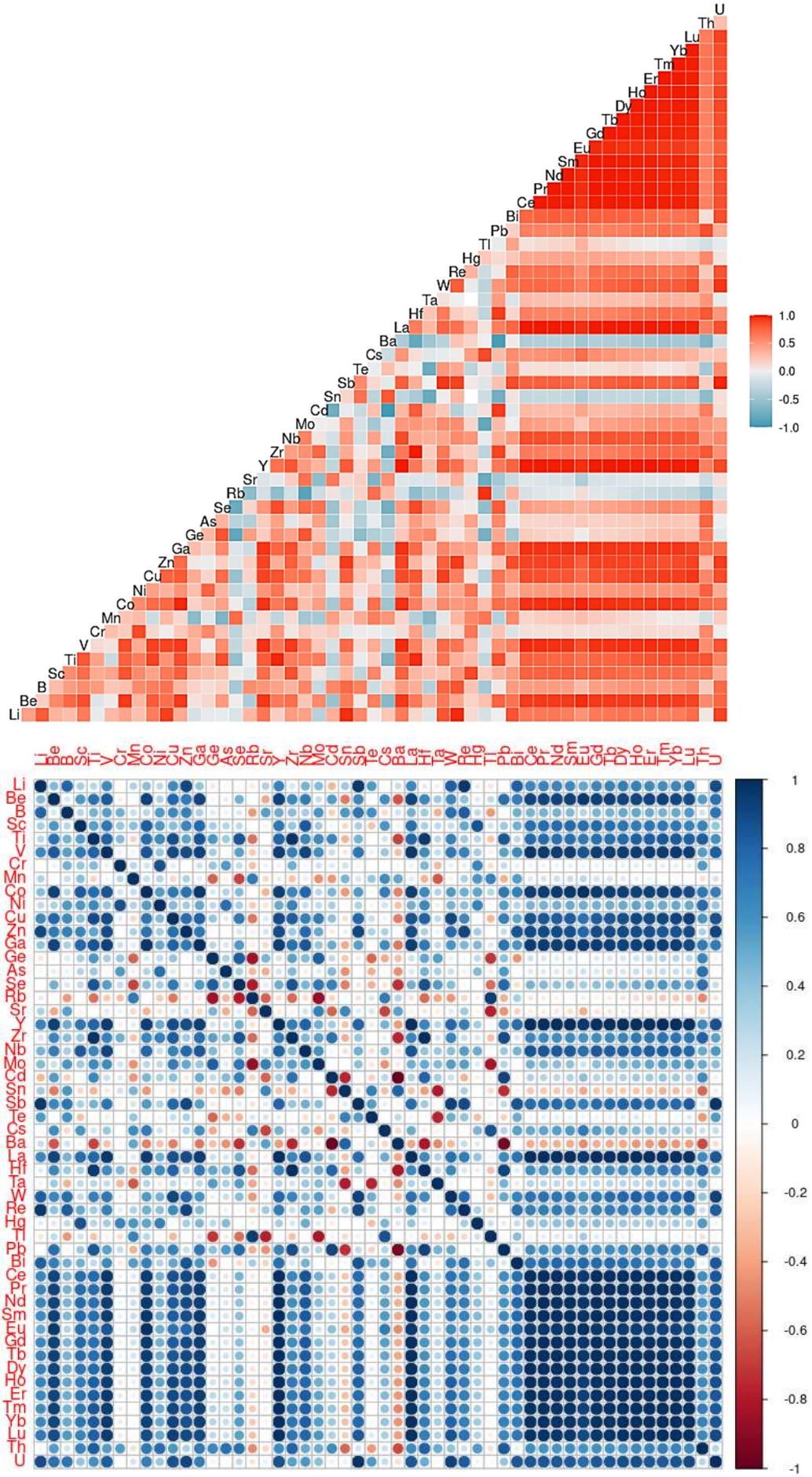


Рис. 5.6 – Варианты тепловых карт (парный корреляционный анализ, пояснения в тексте)

Кластерные дендрограммы (рис. 5.7) дают наиболее детальное визуальное представление о структуре всех связей между элементами: их совместном поступлении в растительный организм и характере накопления. Безусловно, специфика взаимодействий в миграционных потоках веществ по сравнению с фоновым загрязнением воздуха (по концентрации элементов во мхах, рис. 5.7 сверху) и почвы (по накоплению в устойчивых сообществах злаков, рис. 5.7 снизу) имеет характерные различия. Таким образом, можно дифференцированно определять геохимическую специфику объектов различного хозяйственного назначения, например, в местах повышенного техногенного воздействия и в зонах особо охраняемых природных территорий.

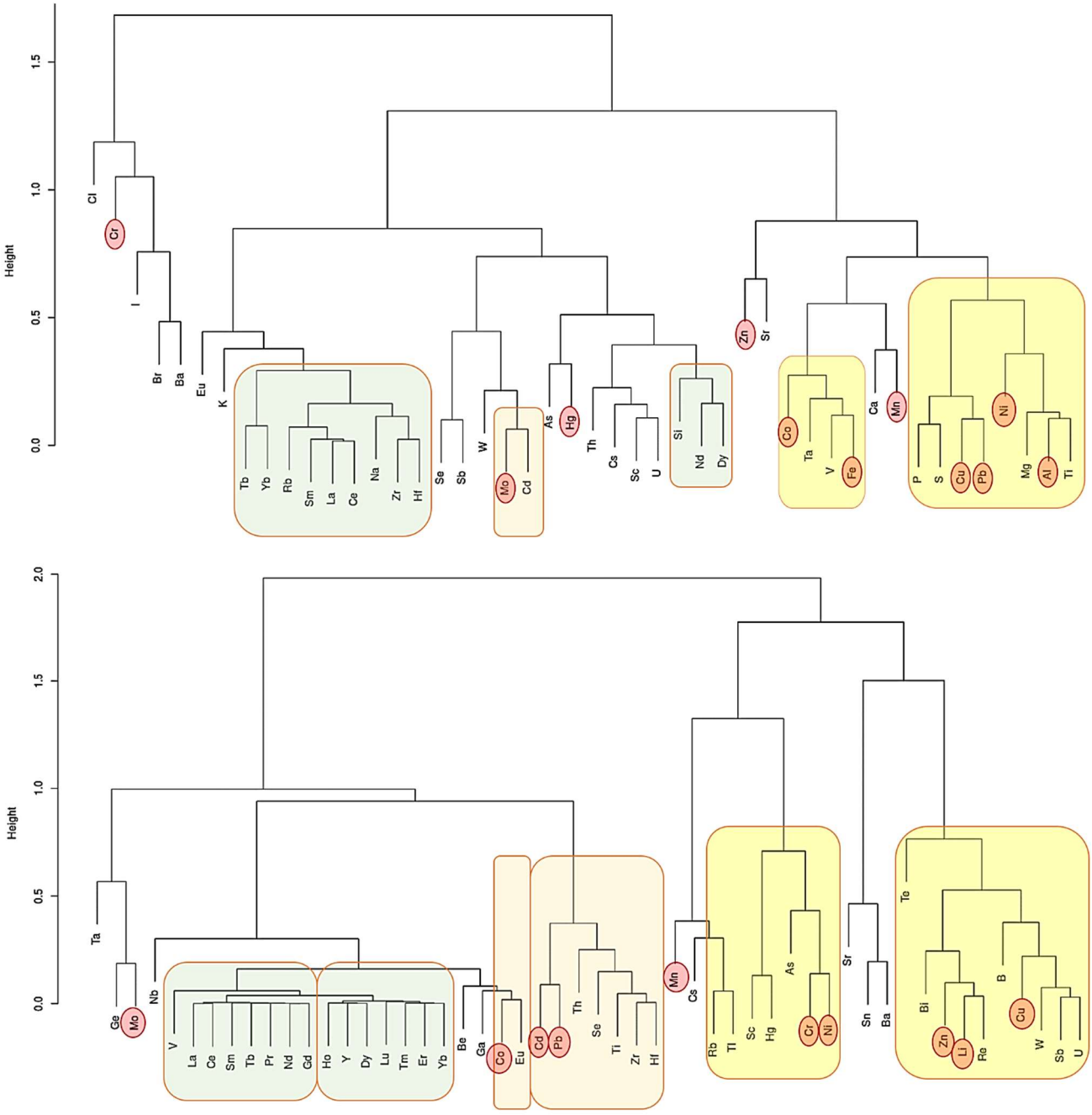


Рис. 5.7 – Геохимические корреляты по мхам (сверху) и цветковым на терриконах (снизу) (Dogadkin, Safonov, Danilova, Degtyarev, 2024 с дополнениями)

Матрицы точечных диаграмм (рис. 5.8) информативны, поскольку имеют фундаментальное значение для обнаружения нелинейных зависимостей в парах анализируемых элементов. На рисунках 5.8-5.9 показаны наиболее перспективные группы для детальной визуализации. При парном сравнении элементов отмечаются различные формы как прямой, так и косвенной тесной зависимости.

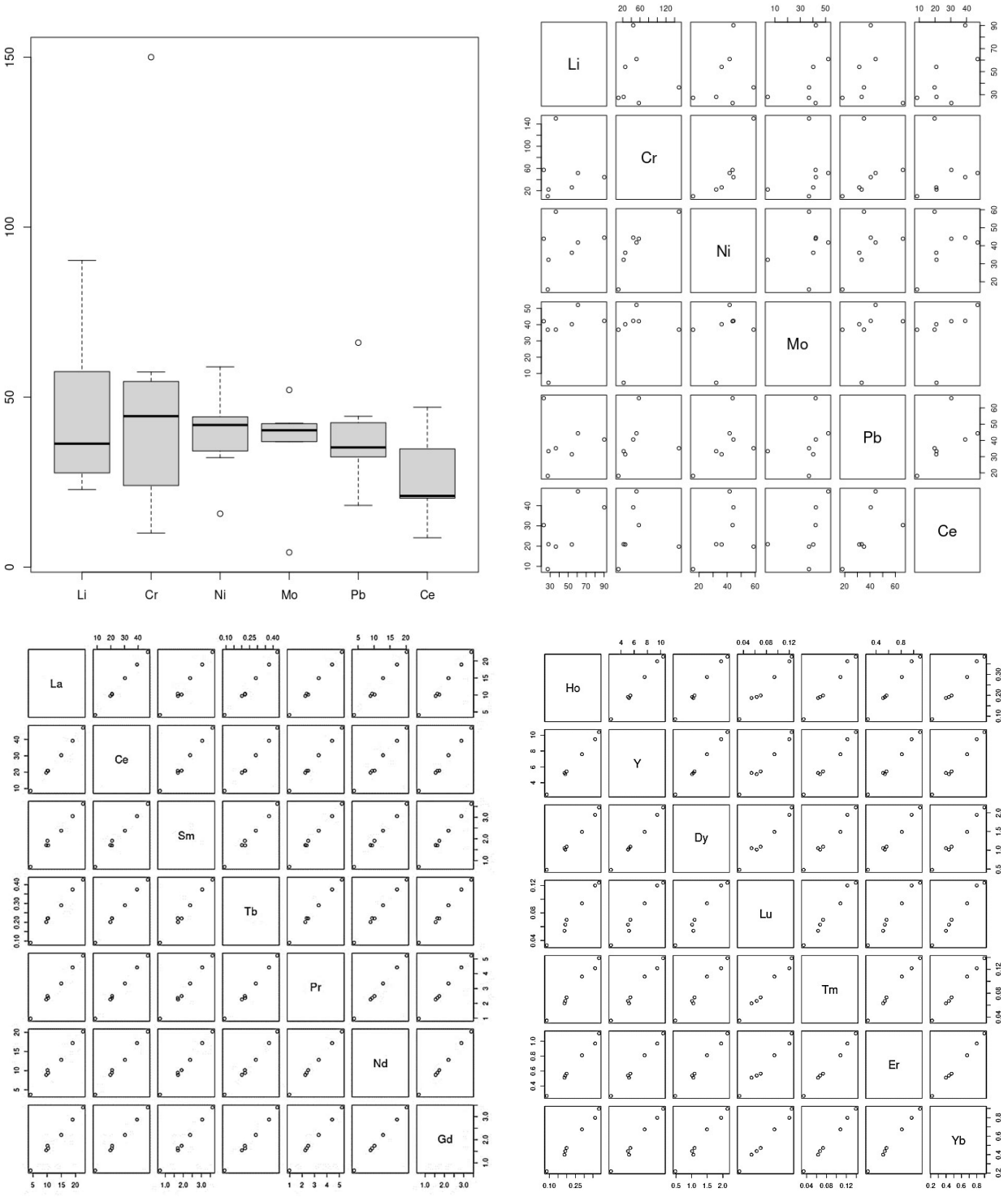


Рис. 5.8 – Примеры матриц рассеяния (часть первая) в функциональных группах по накоплению отдельных элементов в растительных организмах (Сафонов, Догадкин, Неспирный, 2024 с дополнениями)

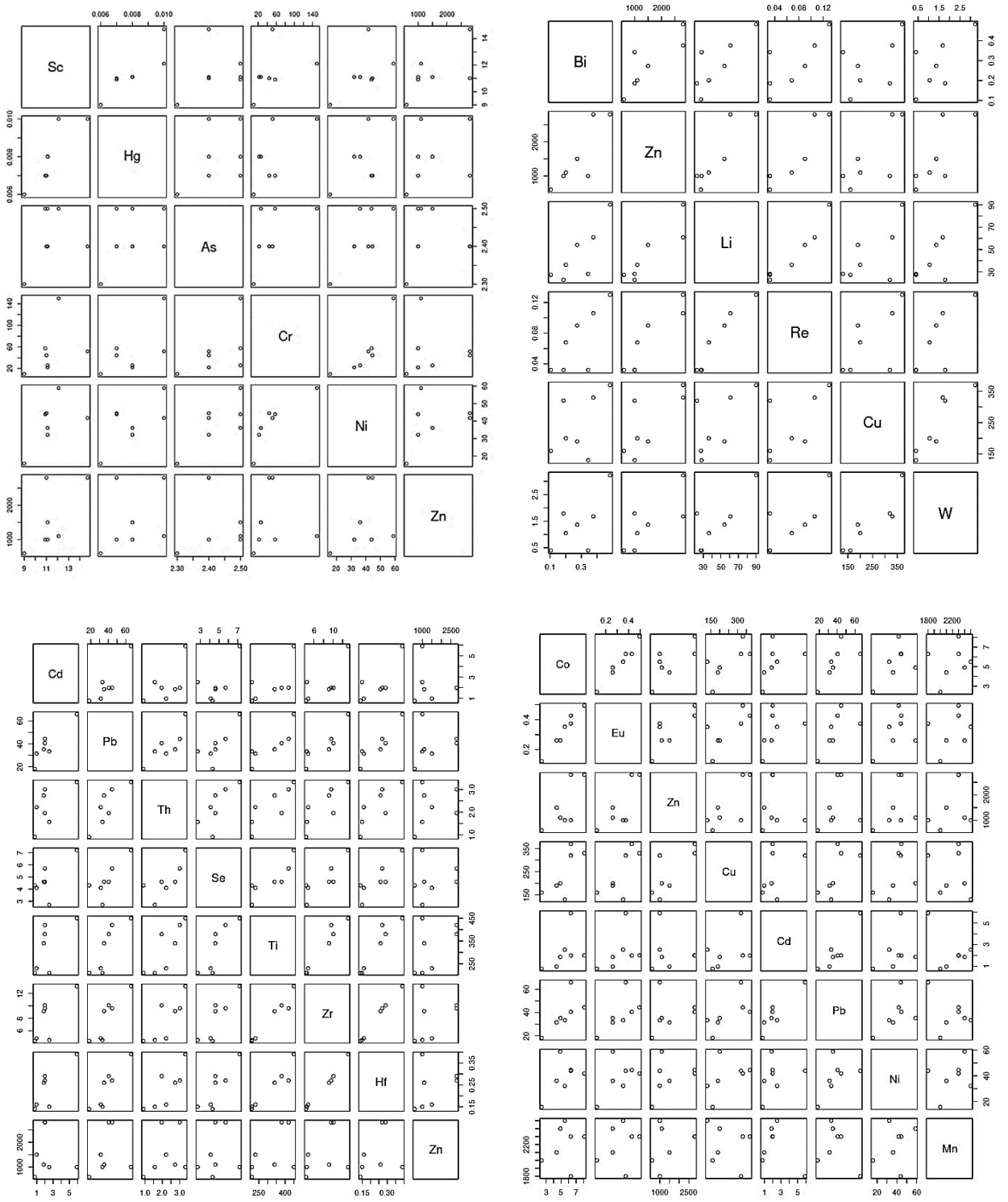


Рис. 5.9 – Примеры матриц рассеяния (часть вторая) в функциональных группах по накоплению отдельных элементов в растительных организмах (Сафонов, Догадкин, Неспирный, 2024 с дополнениями)

Наиболее тесная взаимосвязь установлена в группах совместного накопления элементов: лантаноиды, Zr-Hf, Cu, Li-Re-(Zn), Rb-Tl, Cd-Pb, Sc-Hg, Cr-Ni, Sb-U-(W-Cu). Однако, учитывая небольшой размер первоначальной выборки, такие закономерности следует дополнительно изучить в ходе повторной выборки, чтобы подтвердить или опровергнуть указанные тенденции.

Важным доказательством однонаправленной геохимической природы формирования минерального статуса растений на отвалах угольных шахт является эксперимент по сравнению геохимических профилей образцов на терриконах друг с другом (рис. 5.10).

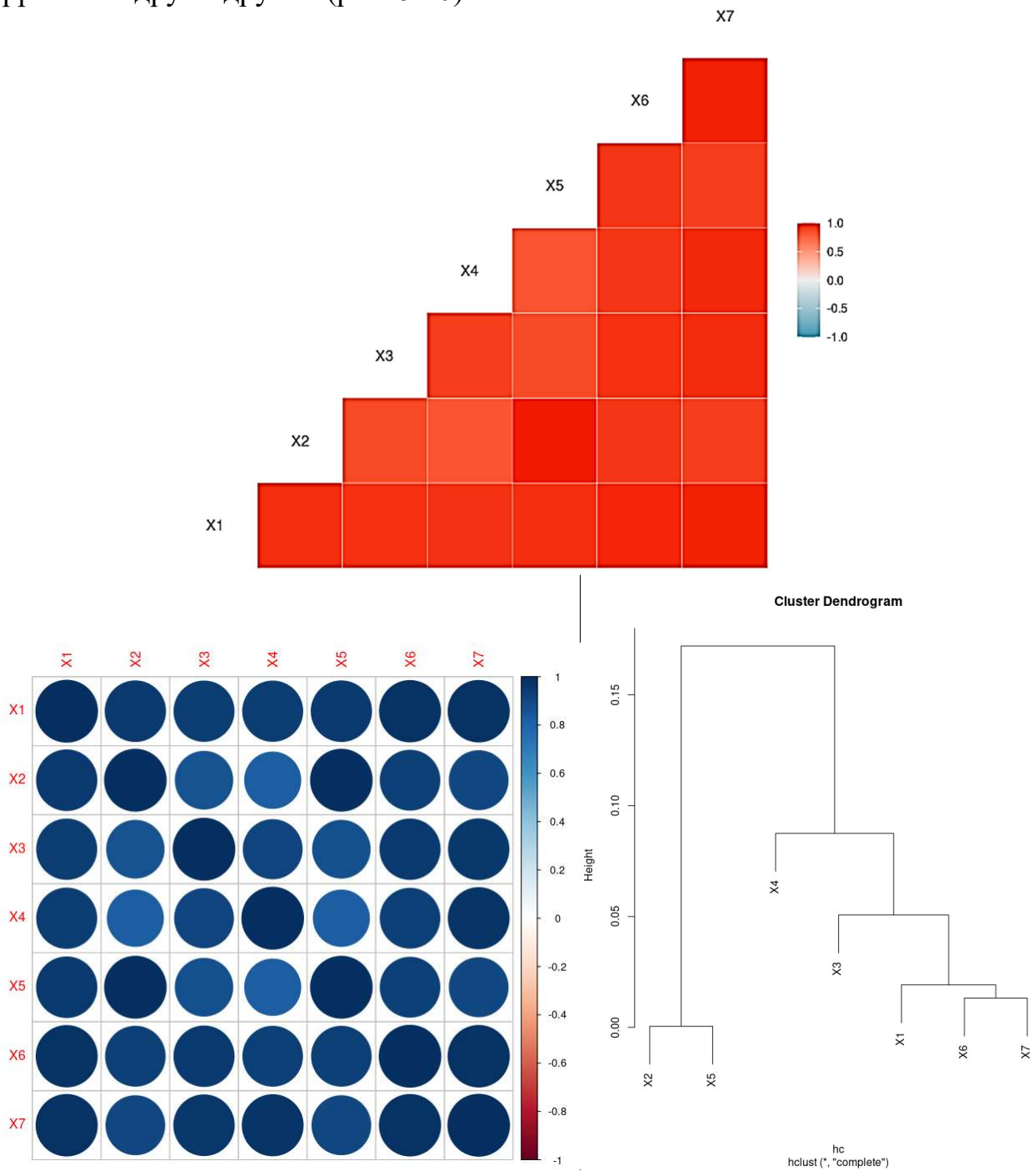


Рис. 5.10 – Парный корреляционный анализ и кластерная диаграмма сопряженности геохимических профилей отдельных экспериментальных терриконов (Сафонов, Догадкин, Неспирный, 2024 с дополнениями)

В работах (Nespirnyi & Safonov, 2024; Сафонов, Догадкин, Неспирный, 2024; Zinicovscaia, Safonov, Yushin, Nespirnyi, Germonova, 2024), метод главных

компонент был успешно использован для анализа данных об ингредиентном составе мхов и высших цветковых растений Донбасса.

В работе определены наиболее информативные линейные комбинации нормализованных концентраций различных химических элементов в отвалах угольных шахт с помощью метода главных компонент (рис. 5.11).

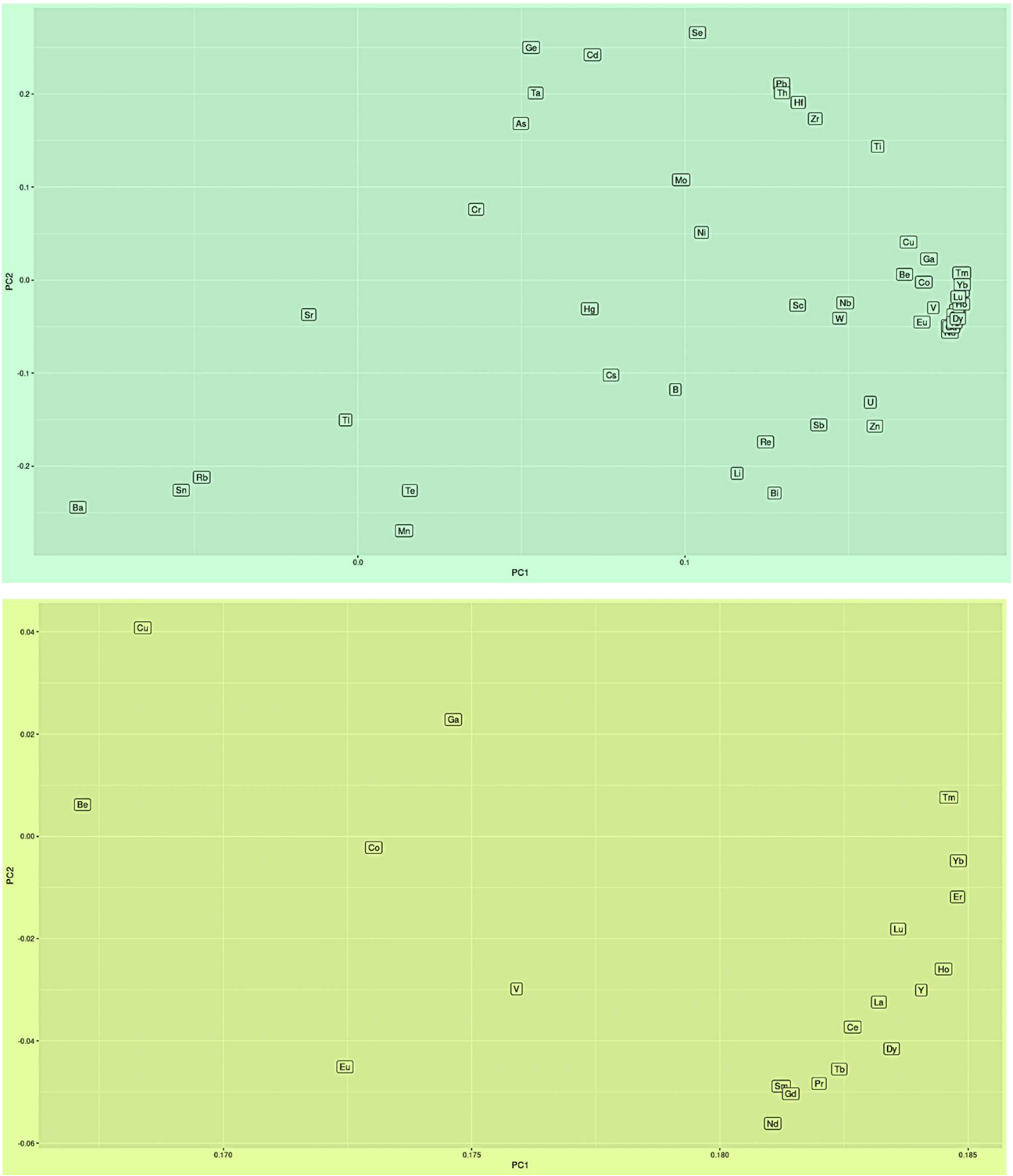


Рис. 5. 11 – Расположение элементов геохимического анализа в плоскости первых двух главных компонент в эксперименте по мониторингу на терриконах (сверху – общий профиль, снизу – детализация наиболее плотного фрагмента)

Общая закономерность наличия единого геохимического профиля для всех исследованных полигонов (рис. 5.12) подчеркивает соответствие единой системе антропотехногенеза в регионе, поскольку рассматриваются характеристики одной программы промышленного производства – горнодобывающего комплекса. Наиболее плотная корреляция была обнаружена в парах центральных заводских районов и шахт в восточных районах Донецка на границе с Макеевкой.

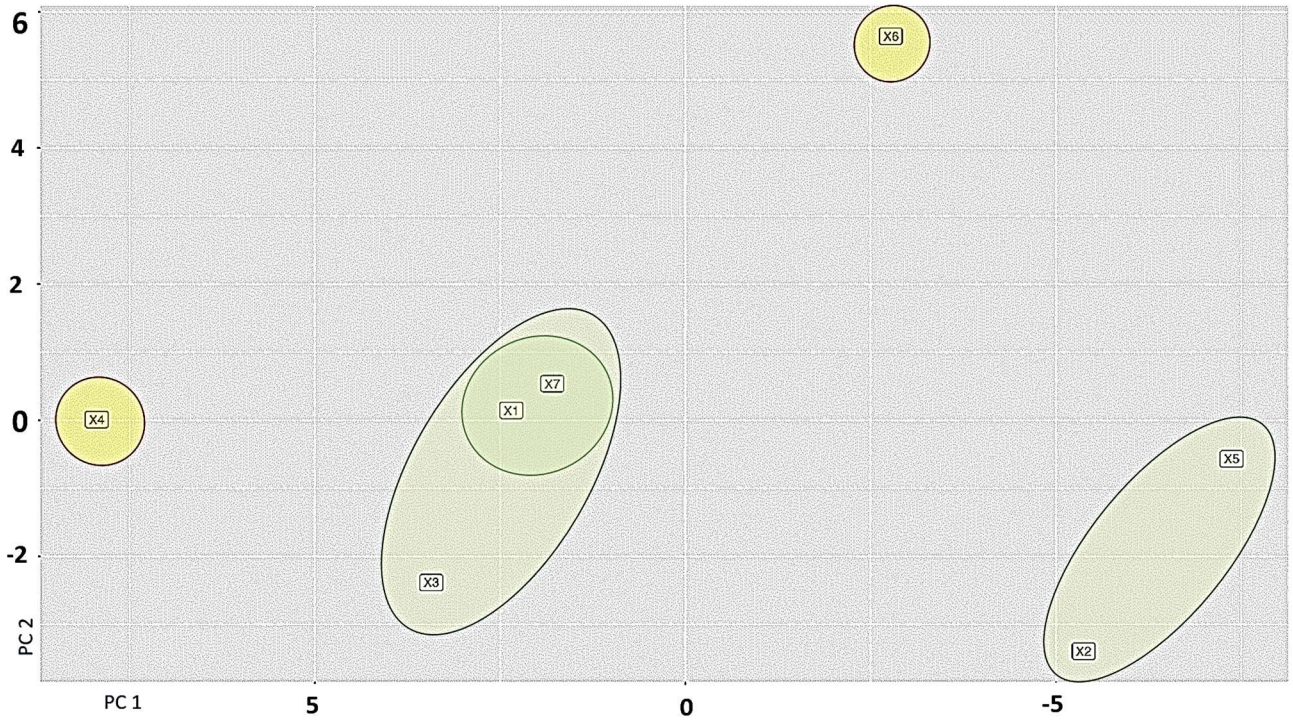


Рис. 5. 12 – Фитогеохимическое сходство в плоскости двух главных компонент между образцами растений на разных полигонах Донбасса
(Сафонов, Догадкин, Неспирный, 2024 с дополнениями)

Из теоретически ожидаемого важно было подтвердить наличие миграционных потоков элементов и рассмотреть концентрационные способности доминирующих растений, формирующих устойчивый растительный покров в зонах техногенеза.

Получить историческую информацию об источниках образования породы при формировании конкретного полигона в Донецкой Народной Республике в период боевых действий не представляется возможным, поэтому для сравнительного анализа метод фитогеохимического мониторинга на современном этапе остается единственной технологией косвенной идентификации процессов техногенеза в Донецкой Народной Республике. Поскольку изучаемые природные и антропогенные комплексы не являются частью продовольственной программы, а миграционные потоки в системе *«техноземы – растительный организм»* не вовлечены в управляемую систему агротехнологий, не представляется целесообразным рассматривать вопросы с точки зрения соответствия данных, полученных по отдельным элементам, в соответствии с предельно допустимыми концентрациями. Однако процесс вовлечения особо токсичных элементов из агрессивной окружающей среды в

растительные организмы, безусловно, важен для анализа эффективности фиторемедиационных и мелиоративных работ, которые должны быть частью текущих методов оптимизации и восстановления нарушенного баланса в экосистемах.

При полевой диагностике наиболее многочисленные тератозные проявления наблюдаются у растения *Taraxacum officinale* (L.) Webb ex F.H.Wigg. строением являются фасциации цветочной стрелки (цветоноса–соцветия) – непосредственно соцветия первого поколения цветения, 2-3-х и множественные срастания и визуальная тенденция к уплощению. Сравнение нормы и патологии строения в период плодоношения и еще незавершенного периода цветения (в норме) показано на рисунках 5.13-5.14. При этом морфологическое состояние прикорневой розетки листьев сохраняется, а генеративная часть имеет существенные отличия в строении.

Выявленная гипергенезия цветоноса, по-видимому, является причиной множественных атипизаций соцветий, что важно при оперативной диагностике в полевых условиях. В случае гипергенезии цветоноса (рис. 5.13 и 5.14), модификации на уровне цветка проявляются в дистопии и количественных различиях в частях изгиба венчика, тычинках и частях семязачатков: полимеризация и олигомеризация тычиночного ряда также связана с модификациями синкотилий и схизокотилий, что на практике было установлено у первичных проростков при анализе семенного материала через месяц после длительного периода стимулируемого покоя. В зарегистрированных случаях фасциальных прорастаний цветоноса и сопутствующих соцветий наблюдается противоположная тенденция: разрушение и элиминация многих частей цветка: часты случаи полной гибели андроцея и мономеризации гинецея. При этом качество семенного материала резко снижается – до 5-12 % плодов, способных к прорастанию, что, безусловно, резко снижает репродуктивный потенциал вида, однако, учитывая его космополитичность и эксплерентность, возможность полноценного представления семенного материала в почвенном банке сорного вида сохраняется – сохраняется рудеральная часть региональной флоры.

Отдельный корреляционный анализ сопряженности выявленных структурных аномалий выявил зависимость в накоплении некоторых элементов в растении выше нормы. Результаты представлены на рисунке 5.14.

Принимая во внимание общую высокую минерализацию, в том числе токсичных компонентов природных сред Донбасса, приоритетным выводом о причинах тератогенности является именно избыток, а не недостаток какого-либо элемента или группы элементов технофильного ряда загрязнения. Система учета асимметрии в структуре ботанических объектов также представляет особый интерес в тератологии для дальнейшего использования и более дробной идентификации образцов для токсикологического фитомониторинга. В задачи следующих наблюдений входит проверка флуктуационного характера проявления таких эффектов при установлении фенотипической природы регистрируемых показателей аномальности в структуре образцов растений.

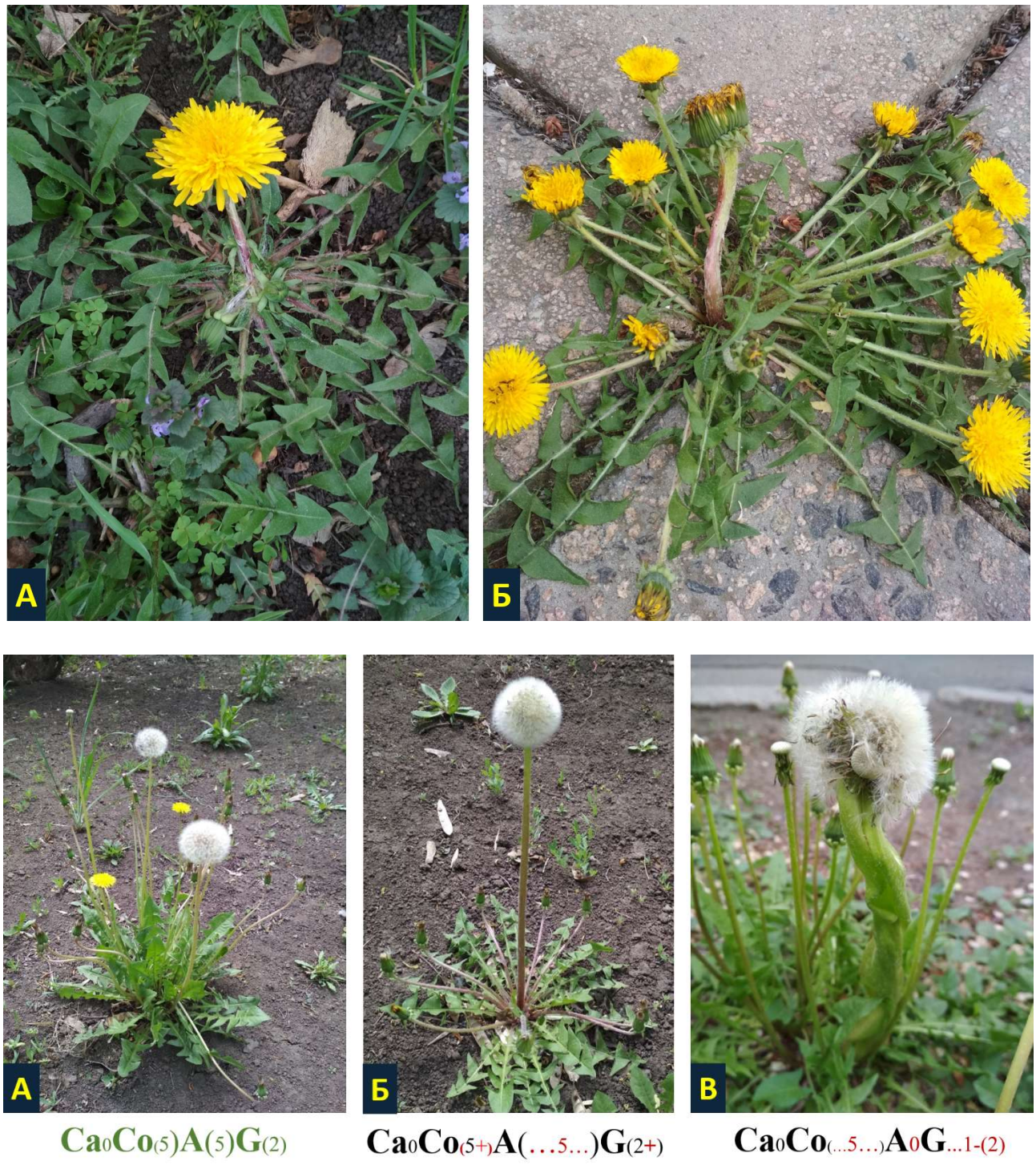


Рис. 5.13 – Варианты тератообразования модельного вида
(Сафонов, Калинина, Палагута, 2024)

Адаптивные механизмы, позволяющие виду сохранять свои природные дискретные характеристики (на примере *Taraxacum officinale*), проявляются в гетероморфной структуре, которая по характеру колебаний размерных амплитуд и территориальной приуроченности рассматривается как индикаторное свойство и позволяет использовать данные в фитоиндикаторном мониторинге и экологической оценке в большие территории, что доказано на примере нескольких районов Донбасса.

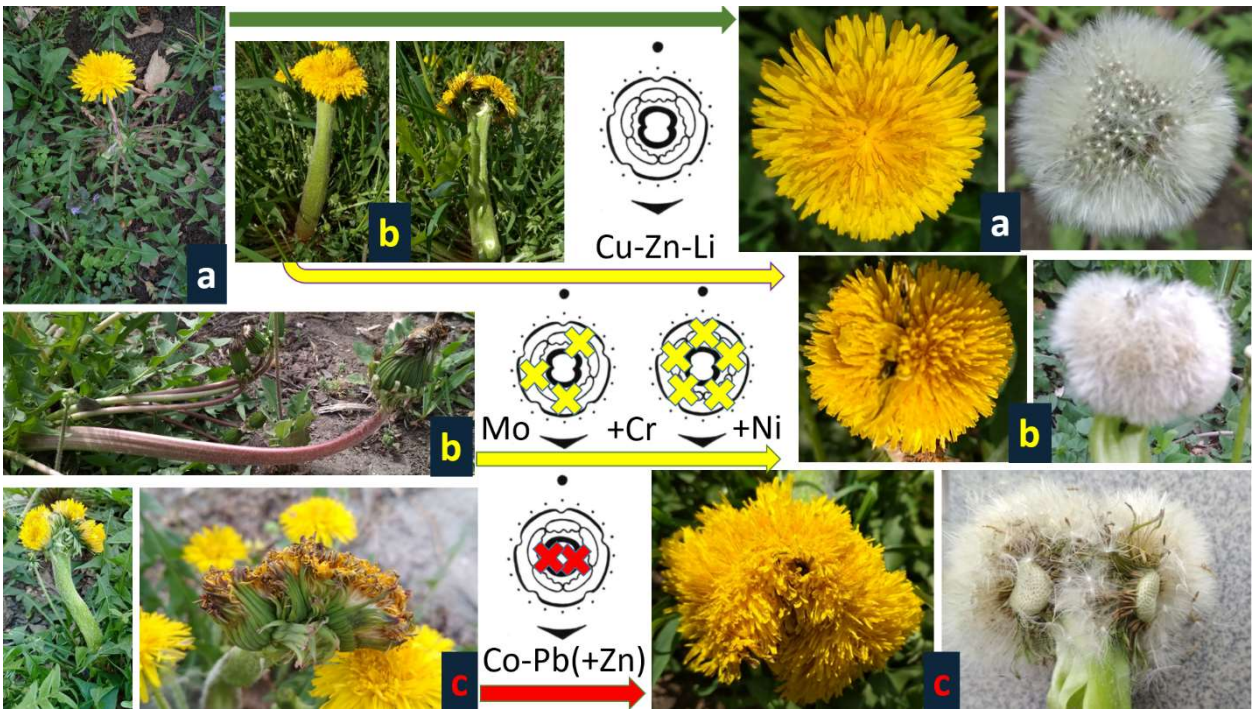


Рис. 5.14 – Тренды ароматного морфогенеза модельного вида растений в условиях техногенной нагрузки и геохимического контраста в Донбассе

Принципиально важной задачей было установить возможные изменения геохимического статуса исследованных шлаковых отвалов в связи с военными событиями в Донбассе. На рисунке 5.15 места напряженности поля и влияния военных событий отмечены дополнительной красной ареолой и ее смещением в направлении указателей. Металлом-индикатором для растений группы высших цветковых растений на воздействие токсичных факторов взрыва является цинк. С этой целью мы провели специальный сравнительный эксперимент по миграции потоков цинка в растениях-индикаторах на отвалах шлака. По-видимому, уровень содержания большинства токсичных элементов на шлаковых отвалах уже изначально был высоким (в Донецке и Макеевке), более того, пробы для химического анализа были собраны вне зон непосредственного воздействия взрывов, чтобы обеспечить чистоту эксперимента в полевых условиях.

Установлено, что по состоянию на 2013 г. геохимические особенности миграционных потоков Zn в индикаторных фитосистемах (рис. 5.15, слева) характеризуются его компактным распределением с точки зрения притяжения к промышленным объектам и местам центральной урбанизации. Тогда как в динамике за 10 лет к 2023 году (рис. 5.15, справа) в рамках общей сети скринингового мониторинга за 2018-2019 годы были выявлены как минимум две геохимические провинции в южных регионах (15-22 км^2 каждая) и одна провинция на северо-западе общей площадью более 70 км^2. Было установлено, что за 10-летний период наблюдений (с учетом данных за 11 вегетационных периодов для растительных организмов) площадь территории со снижением токсичных концентраций Zn предположительно техногенного происхождения составляет более 370 км^2. Судя по тому, что данная тенденция устойчива для городских агломераций таких крупных металлургических центров, как Донецк,

Макеевка и Енакиево, в итоговой части эксперимента делается вывод о ярко выраженных стагнационных процессах в металлургической отрасли региона за годы проведения эксперимента. Однако, учитывая, что накопление Zn в растительных объектах также связано со многими стрессовыми периодами, включая естественную климатическую индукцию и фактор войны, также предполагается, что высокие накопления этого элемента являются защитными механизмами адаптивного характера. Выявленный в эксперименте кумулятивный эффект Zn в растениях-индикаторах может носить эндогенный характер, поскольку обеспечивает комплексную геохимическую стабильность растений.

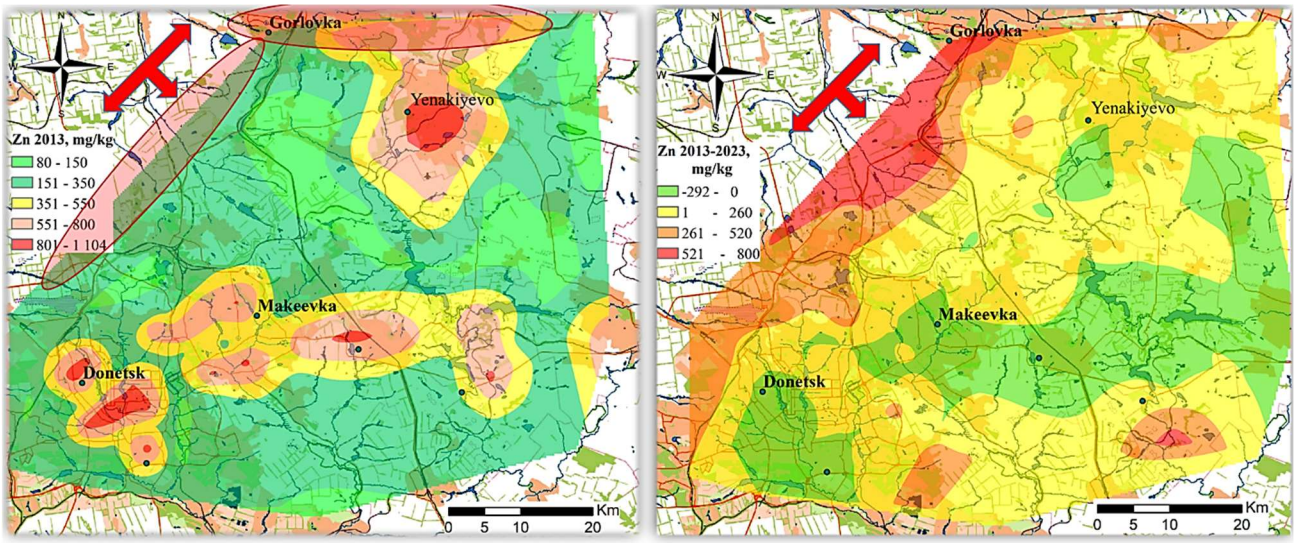


Рис. 5.15 – Картографический результат визуализации распределения индикаторного элемента (Zn) в доказательном аспекте возрастания милитаризации в Центральном Донбассе в 2013-2023 гг. (справа) (Зиньковская, Сафонов, Юшин, Гермонова, 2024 с дополнениями)

Было установлено, что отвалы угольных шахт, находящиеся в состоянии 50-60-летнего зарастания (сукцессии), представляют собой хроническую угрозу усиления геохимического контраста в регионе и непосредственно в городских жилых районах. Предположение о том, что отдаленные и косвенные последствия военных событий на Донбассе могут привести к дополнительному геохимическому загрязнению отвалов в центральных городах, достоверно не подтвердилось.

Проведенный эксперимент является уникальным мониторинговым опытом для территории Центрального Донбасса (2014-2024 гг.) по выявлению биогеохимических характеристик в открытых ландшафтных системах антропогенного происхождения.

Дальнейший интерес в рамках фитоценозных наблюдений за стабильными субпопуляциями местных видов растений может быть реализован с точки зрения установления анатомо-морфологических эффектов и физиологических процессов, которые обусловливают широкую экологическую амплитуду и высокий адаптивный потенциал растений в условиях хронического фактора техногенеза и полемострессса в регионе. Заслуживает внимания также задача установления сопряженных процессов при реализации растениями различных

типов стратегий выживания и возможных связей этого фундаментального процесса с отдельными химическими элементами или группами элементов в экологически неблагоприятных условиях реализации жизнедеятельности.

Была предпринята попытка пространственной визуализации показателей тератогенеза (рис. 5.16) для маркировки зон потенциальной генотоксичности.

Рис. 5.16 – Совокупность признаков тератогенеза как показатель гентоксичности среды в центральных районах г. Донецка (Сафонов, Калинина, Палагута, 2024)

В результате скульптурного анализа витальных препаратов поверхности оси соцветия после плодоношения установлено соотношение правозакрученных спиралей к левозакрученным в норме 1:2, а при патологиях в вариантах 2:3 и 2:1. Отмеченная закономерность по объему выборки 560 экземпляров является важной характеристикой при дальнейшем структурном моделировании синфлоресценции астровых в условиях антропогенных трансформаций или специфических геопатогенных проявлениях в природных средах.

Использование размерных параметров на фото доказывает наличие эффекта гипергенезии тератоморфных соцветий как реакции на действие факторов стресса, что с точки зрения приспособительных реакций рассматривается как часть механизма адаптации растительных организмов к условиям трансформации и антропогенным факторам дизруптивной природы. Являются ли такие проявления частью направленного эволюционного процесса – возможно установить только при длительном проведении эксперимента и использовании молекулярных тестов генетической идентификации растительных образцов контрастных морфологических экземпляров.

Проведенный эксперимент рассматривается как первичный анализ данных о фитогеохимических особенностях отвалов угольных шахт Донбасса. Благодаря этим данным были выявлены группы химических элементов, объединенных совместными процессами миграции и накопления в растительном организме, отличающиеся высоким уровнем толерантности к существующим условиям произрастания и образующие моноспецифические заросли, что было важно для проведения достоверных экспериментов.

Рассмотренные на модельных примерах отвалы шахт Донбасса по биогеохимическим (как начальное звено – миграционно-фитохимическим) характеристикам являются неотъемлемой частью антропогенно преобразованного ландшафта. Отвалы угольных шахт имеют специфический ингредиентный состав (установленный для 52 химических элементов), создающий предпосылки для токсического воздействия на природную среду. Установить фитогеохимический профиль каждого шлакового отвала и провести сравнительный анализ между ними становится возможным в соответствии с принципами ботанического и экологического мониторинга, использованием современного метода химико-аналитического контроля (масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой, атомно-абсорбционный анализ, нейтронно-активационный анализ и др.) и различных способов статистической обработки данных, позволяющих визуализировать.

Рассмотрена специфика взаимодействий как совместного накопления отдельных элементов в целом по горнодобывающей отрасли, так и различные методы обработки статистических данных, позволяющие визуализировать разницу и закономерности взаимодействий как совместного накопления отдельных элементов в целом по горнодобывающей промышленности, так и территориальные различия при анализе этого процесса.

С точки зрения ботанической и токсикологической экспертизы наибольший интерес для последующих геохимических исследований в местах воздействия

шахтных отходов на окружающую среду представляют следующие группы элементов: La-Ce-Sm-Tb-Pr-Nd-Gd и Ho-Y-Dy-Lu-Tm-Er-Yb, Li-Re-(Zn), Sb-U-(W-Cu), Cd-Pb, Co-Eu, Zr-Hf, Rb-Tl, Zr-Hf, Sc-Hg, Cr-Ni. При детальном изучении это указывает на наличие потенциальных геохимических аномалий в антропогенных ландшафтах и требует многократного аналитического контроля.

В условиях антропогенных трансформаций и урбанизации территории возникают дополнительные факторы, стимулирующие гетерогенные реакции растительных организмов в ответ на полистрессовую ситуацию.

Адаптационные механизмы, позволяющие виду сохранить свои естественные дискретные характеристики (на примере *Taraxacum officinale*), проявляются в гетероморфном строении, которое по характеру колебаний размерных амплитуд и территориальной приуроченности рассматривается в качестве индикаторного свойства и позволяет использовать данные в фитоиндикационном мониторинге и при проведении экологической экспертизы на больших территориях, что доказано на примере нескольких районов г. Донецка.

Структурные аномалии в растении с широкой экологической амплитудой реализуются по сопряженной схеме, затрагивая одновременно модификации в нескольких органах и системах органов. Визуальным маркером такой индикации являются фасциации цветоноса и соцветий *T. officinale*, остальные признаки проходят идентификацию в камеральных условиях при микроскопировании и статистическом учете всех регистрируемых структурных отклонений от нормы.

Растительный покров и особенности его успешного развития являются мощным барьером для проникновения и свободной миграции в окружающую среду новых токсичных соединений, образующихся в результате антропотехногенеза. Сами по себе эти элементы во многих случаях не считаются вредными для развития живых организмов, но их высокие концентрации являются причиной токсических эффектов. Это подтверждается аккумулятивной способностью растений, которые на практике обладают свойствами образовывать плотный растительный покров в местах высокой минерализации и механической трансформации. Виды растений, используемые в данной работе, рекомендуются к широкому внедрению для восстановительных работ в нарушенных экосистемах как в результате урбанизации, индустриализации, так и в условиях ведения боевых действий. В данном случае важны как пионерные сообщества почвенных водорослей, мхов, так и цветковых растений с почвопокровной архитектоникой.

6 ФИТОИНДИКАЦИОННЫЙ ПОЛЕМОСТРЕСС

В накопленном опыте индикации антропогенных нарушений (Глухов, Сафонов, Хижняк, 2006; Glukhov & Safonov, 2024) преимущественно в результате индустриализации и урбанизации Донбасса (Глухов и Сафонов, 2002, 2017) были выделены многие структурно-функциональные характеристики состояния растений-индикаторов в ответ на высокие концентрации токсичных элементов в природных средах (Сафонов и Глухов, 2021б,в).

С 2014 года территория Центрального Донбасса подверглась воздействию дополнительного фактора беспокойства – ***военным событиям***, которые, по-видимому, на протяжении 10 лет только накапливали совокупность негативных эффектов, а по состоянию с 2022 г. и на текущий 2024 г. проявились с определённой точностью территориальной идентификации в картографическом массиве данных.

Первая замеченная полемострессовая трансекта была определена по результатам ежегодных инвентаризаций видового разнообразия мохообразных в динамике сравнений за 5 лет (с 2016-2017 гг. – рис. 6.1. по 2021-2022 гг. – рис. 6.2).

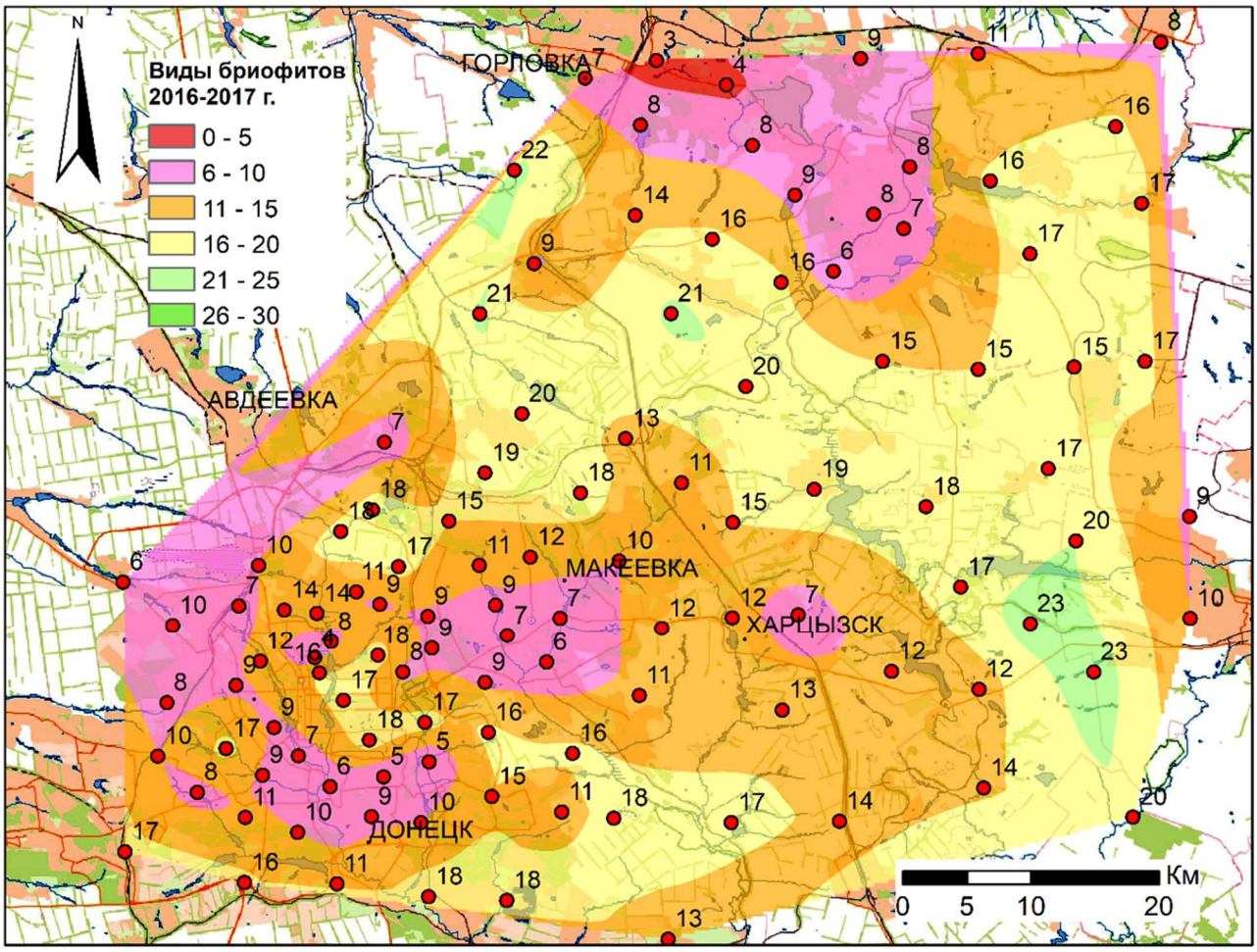


Рис. 6.1 – Численное разнообразие мохообразных на территории мониторинговой сети Центрального Донбасса (первый этап инвентаризации)

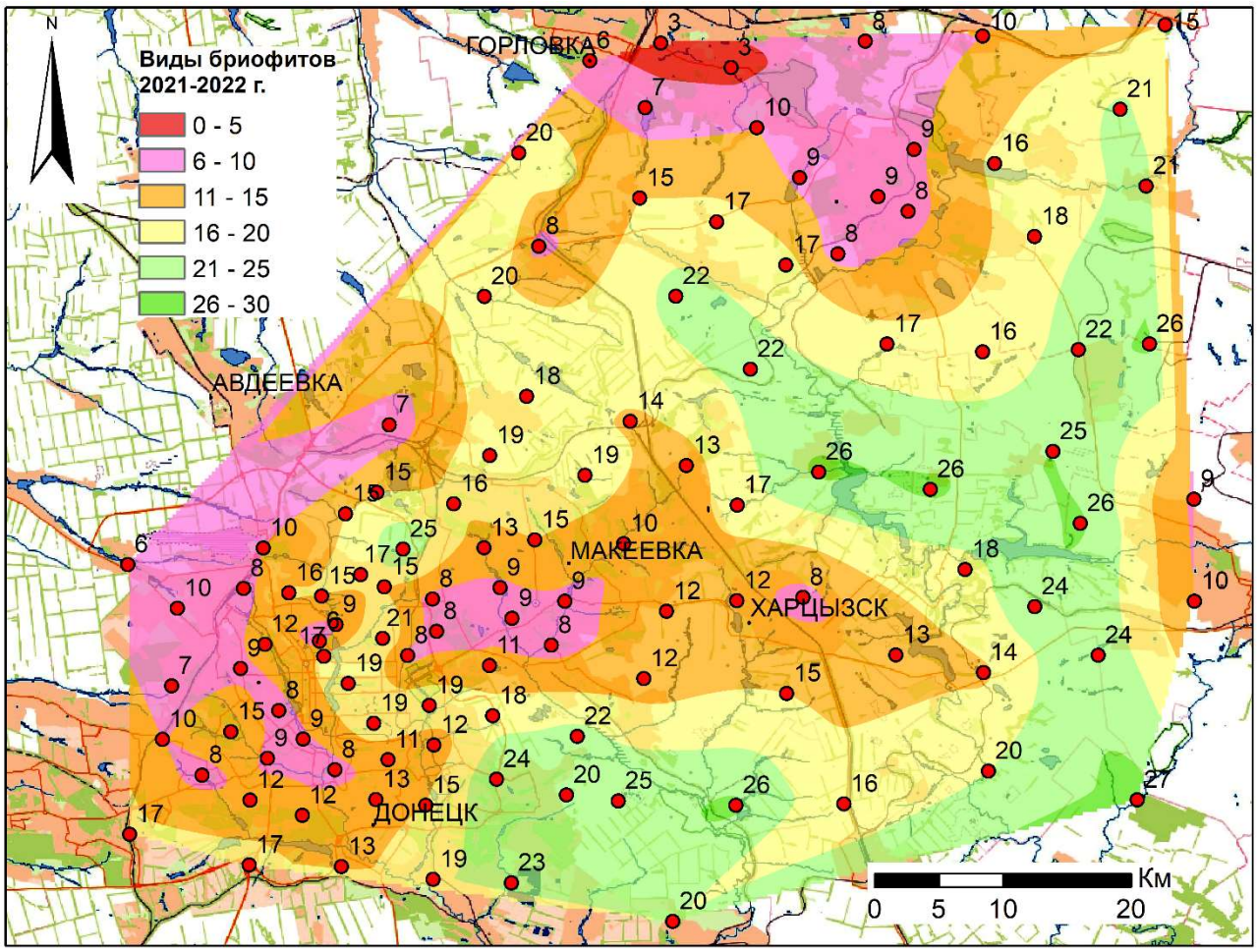


Рис. 6.2 – Численное разнообразие мохообразных на территории мониторинговой сети Центрального Донбасса (второй этап инвентаризации)

На рис. 2.23 содержится информация по бриоразнобразию за обозримый этап первых двух периодов инвентаризации. И в этом отношении можно констатировать увеличение видовой численности в каждой точке, что логично на основании накопленных суммационных инвентаризаций в разные сезоны и разные годы. Выделено ядро бриофлоры, отдельно рассмотрены единичные примеры редких видов, претендующих на категорию раритетных.

Но первый убедительный картографический эффект был получен не с использованием абсолютных показателей численности в конкретные годы, а при расчете динамики этих показателей по факту вегетационного периода 2022 г. Нужно отметить, что повторное сравнение в 2023 г. для всей мониторинговой сети и в 2024 г. для территории Донецко-Макеевской агломерации подтвердило установленные тенденции: уровень промышленного загрязнения, который возможно лимитировал распространение (или проявление для всех фаз развития) некоторых видов мхов в центральной и юго-восточной части мониторинговой сети – созданы благоприятные условия для повышения видового разнообразия, тогда как на линии военного соприкосновения такие эффекты имеют отрицательный эффект, что и позволило картографировать эту тенденцию с устоявшейся полосой полемострессса – зоной угнетения в результате территориальной близости к местам активных военных событий (рис. 6.3).

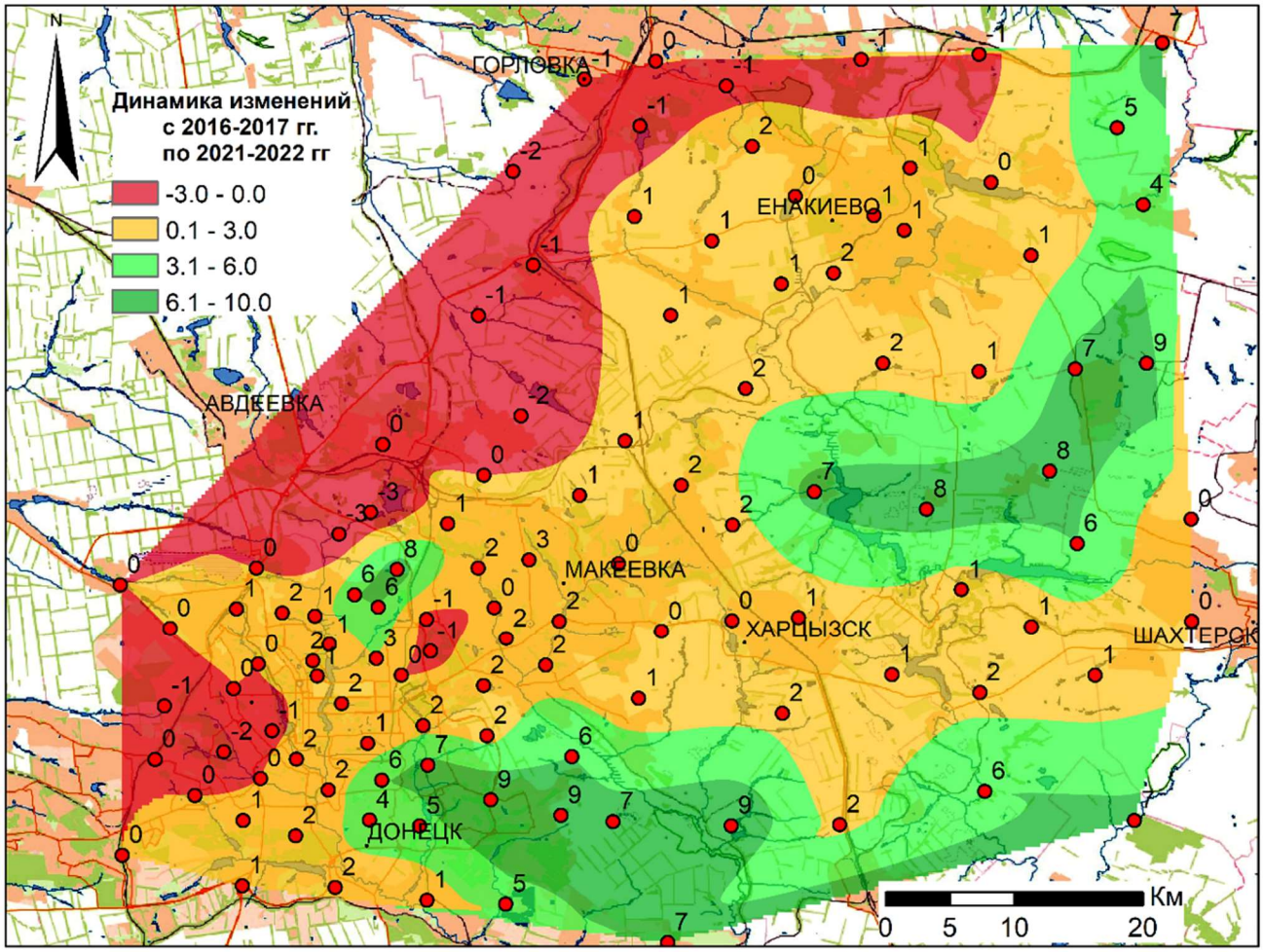


Рис. 6.3 – Первая идентифицируемая карта полемостресса по численной разнице бриофитов (Сафонов, 2023)

Поэтому, вопреки ожидаемому эффекту в результате увеличения опыта поиска и сборов мохообразных, в 15-22% точек такой показатель был уменьшен до таких уровней, что динамика проявилась при картографической визуализации. В тыльных участках (по отношению к линии соприкосновения) мониторинговой сети рекомендованы выделять некоторые зоны для формирования экологического каркаса местности или экологических коридоров в сети природоохранной деятельности.

В связи с полученными результатами по идентифицируемой линии стрессового состояния в непосредственной близости от зоны активных военных событий было решение об использовании дополнительного метода – ландшафтных профилей. Соединение крайних точек мониторинговой сети в меняющихся градиентах факторов (преимущественного лимитирующих) на основании уже построенной карты по 113 точкам и перерасчетной в информационном поле в несколько миллионов значений является авторским предложением, адаптированным на этом и последующих примерах в демонстрации динамики за несколько лет и в пошаговой непрерывной линии перехода значений. Такой метод разработан и внедрён на территории Центрального Донбасса впервые.

Примеры апробации разнонаправленных векторов в ландшафтном профиле по показателям численности видов (первое изображение) и количественному учету регистрируемых тератоморф (второе изображение) представлены на рисунках 6.4-6.8.

Рис. 6.4 – Индикационные профили характеристик бриоразнообразия (сверху) и тератоморфности (снизу) соединения точек по линии 2-111

Благодаря многолетним сборам доминирующих видов мохообразных (их 6-месячных приростов после трансплантации в точки мониторинговой сети) для мест с минимальным антропогенным воздействием характерны следующие закономерности в ранжированном ряду 46-элементного концентрирования в фитосубстратах: Si (37000-37500) > Ca (13800-14000) > Fe (8700-8750) > K (8100-8200) > Al (7200-7300) > Mg (4200-4100) > Na (3050-3070) > Cl (780-790) > Ti (410-430) > Mn (204-206) > Sr (140-141) > Ba (121-125) > Zn (101-102) > P (52-55) > Cr (40-42) > Zr (39-41) > S (27-29) > Rb (19-21) > Ni (13,8-14,2) > V (12,8-12,9) > Ce (12,6-12,8) > Nd (12,2-12,5) > Br (12-12,2) > La (6,3-6,4) > Cu (4,5-5) > I (4,4-4,5) > As (3,21-3,26) > Co (3,2-3,4) > Sc (2,36-2,44) > Mo (2,1-2,5) > Th (1,98-2,03) > Pb (1,7-1,8) > Sm (1,29-1,36) > Cs (1,17-1,25) > Sb (1-1,05) > Hf (0,86-0,89) = U (0,86-0,89) > W (0,6-0,65) > Dy (0,57-0,59) > Se (0,56-0,57) > Yb (0,52-0,54) > Cd (0,39-0,41) > Eu (0,225-0,234) > Ta (0,169-0,177) > Tb (0,167-0,168) > Hg (0,05-0,07) мг/кг.

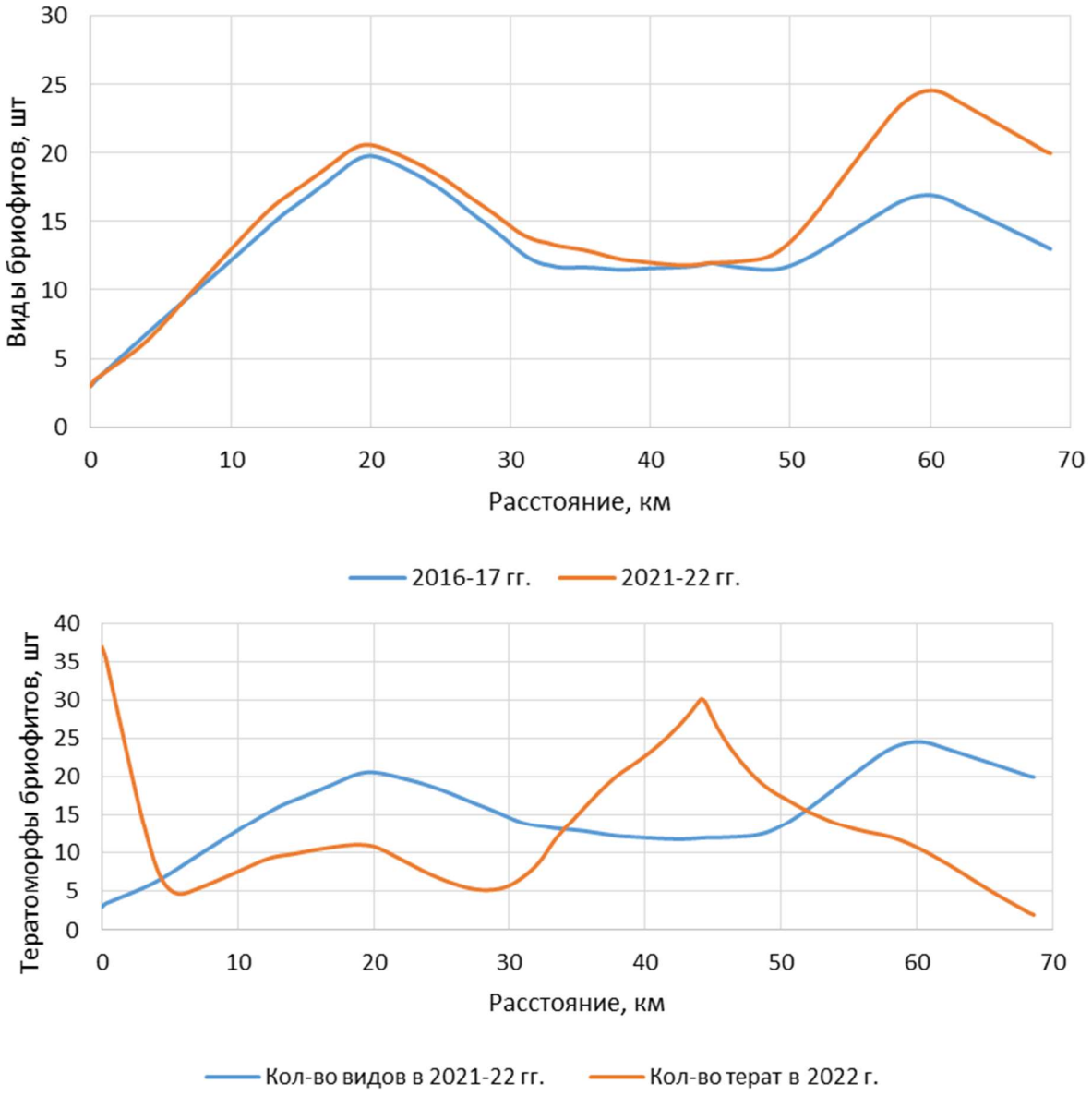


Рис. 6.5 – Индикационные профили характеристик бриоразнообразия (сверху) и тератоморфности (снизу) соединения точек по линии 63-80

Для территорий глубокой антропогенной трансформации, включающей факторы техногенеза и милитаризации региона, характерна следующая закономерность (последовательность) биофильности элементов в фитосубстратах индикационной значимости: Si (158000-160000) > Fe (72000-73000) > Al (38400-39000) > Ca (38000-38400) > Mg (16700-16800) > K (9300-9500) > Na (4100-4200) > Ti (2350-2450) > Mn (1290-1300) > Zn (670-680) > Cl (580-600) > Ba (540-570) > P (447-459) > Cr (235-289) > Sr (180-193) > Zr (160-187) > S (116-124) > Ni (90-101) > V (70-73) > Cu (65-99) > Rb (53-59) > Ce (33-40) > Mo (29,3-30,4) > Nd (24-27) > La (19,5-20,4) > Pb (19-21) > As (14,3-15,3) > Co (12,7-13,1) > Br (9,6-10,1) > W (8,6-8,9) > Sb (7,6-7,8) > Sc (7,07-7,52) > Th (6,2-6,4) > I (5,5-5,7) > Cd (3,9-4,3) > Sm (3,6-3,9) > Cs (3,54-3,67) > Hf (3,5-3,6) > Dy (3,3-3,5) > U (2,88-3,02) > Se (2,26-2,33) > Hg (2,13-2,27) > Yb (1,44-1,63) > Eu (0,720,74) > Ta (0,65-0,68) > Tb (0,46-0,49) мг/кг.

Разница в рядах двух приведенных последовательностях указывает на тенденцию большей технофильной минерализации фитокомпонента в условиях геохимического контраста и трансформации экосистем в Донбассе.

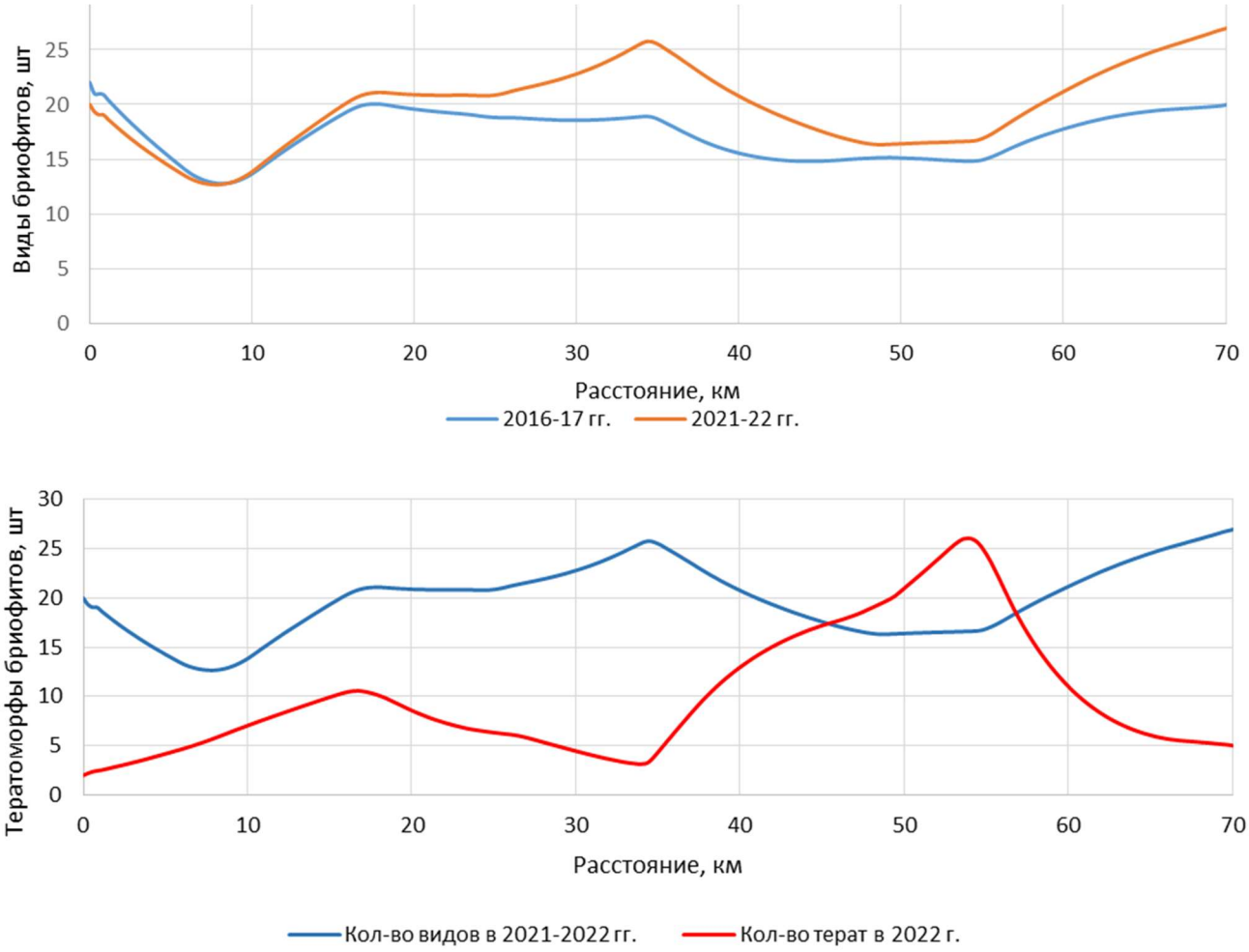


Рис. 6.6 – Индикационные профили характеристик бриоразнообразия (сверху) и тератоморфности (снизу) соединения точек по линии 44-113

В поиске закономерностей в функциональной организации онтогенеза большинства видов мохообразных в степной зоне, отягощенной индустриализацией, урбанизацией и другими формами трансформации природной среды, были проанализированы морфологические параметры бриофитов по стадии их развития в эквиваленте на определение типа стратегии выживания видов в нестабильных экологических условиях.

В качестве диагностической характеристики эксплерентного типа реализации жизненной стратегии бриофитов фиксировали частоту встречаемости нетипичной спорофитизации в локусах образования точек прироста спорофита для видов *Amblystegium subtile* (Hedw.) Schimp., *Brachythecium campestre* (Müll.Hal.) Bruch et al., *Bryum argenteum* Hedw., *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid, *Brachythecium mildeanum* (Schimp.) Schimp., *Bryum caespiticium* Hedw., *Bryum capillare* Hedw., *Plagiomnium cuspidatum*

(Hedw.) T. Kop., *Aulacomnium palustre* (Hedw.) Schwägr., *Platygyrium repens* (Brid.) Schimp. и *Amblystegium serpens* (Hedw.) Schimp.

Рис. 6.7 – Индикационные профили характеристик бриоразнообразия (сверху) и тератоморфности (снизу) соединения точек по линии 14-106

Типичная виолентная стратегическая форма большинства исследуемых видов мохообразных характерна появлением признаков олигомеризации спорофита и фасциации при образовании побеговой структуры, что отражается габитуально и имеет широкие применения в экспресс-диагностике полевого эксперимента по следующим видам: *Dicranum fulvum* Hook., *Leptodictyum riparium* (Hedw.) Warnst., *Leskea polycarpa* Hedw., *Brachythecium salebrosum* (F.Weber & D.Mohr) Bruch et al., *Orthotrichum obtusifolium* Brid., *Tortula muralis* Hedw., *Orthotrichum speciosum* Nees, *Grimmia pulvinata* (Hedw.) Sm., *Syntrichia ruralis* (Hedw.) F. Weber & Mohr, *Tortula mucronifolia* Schwaegr., *Orthotrichum pallens* Bruch ex Brid., *Pleurozium schreberi* (Willd. ex Brid.) Mitt, *Bryum turbinatum* (Hedw.) Turn., *Polytrichum commune* Hedw.

Нумерация линий соединения крайних позиций сети наблюдений на рисунках 6.4-6.8 указана в соответствии с номерами мониторинговых точек на рис. 2.1 (для всей территории в Центральном Донбассе).

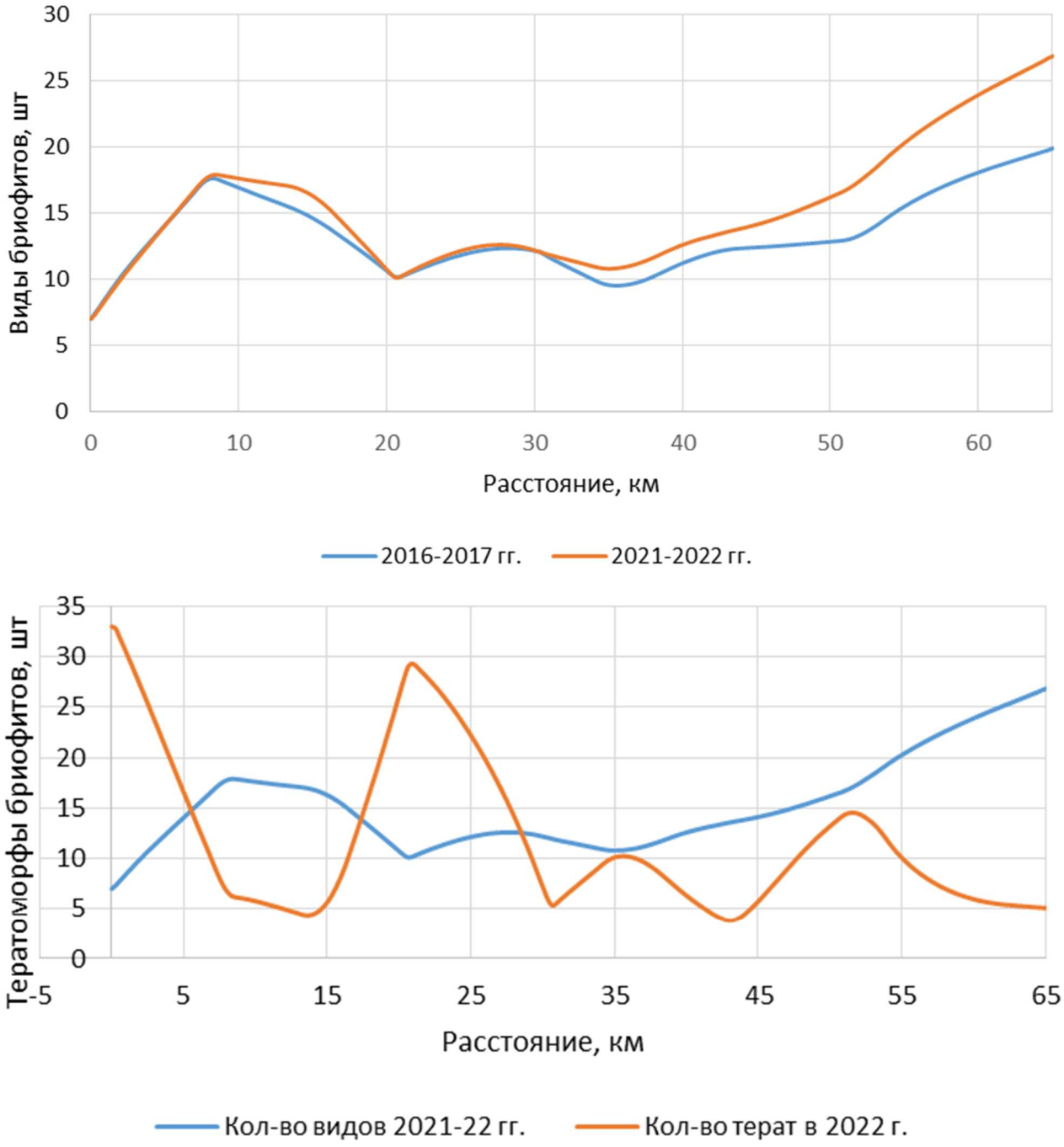


Рис. 6.8 – Индикационные профили характеристик бриоразнообразия (сверху) и тератоморфности (снизу) соединения точек по линии 16-113

Установлено, что в условиях ландшафтных систем Донбасса при непосредственном воздействии геохимических аномалий бриобионты вырабатывают приспособления к неблагоприятным условиям за счет структурных модификаций, которые направлены на эксплеренцию или консервативную виолентизацию вида, что проявляется при диагностике экотопа на аутфитоиндикационном уровне. Наглядно-доказательным является сравнение территориальных профилей для показателей количества видов бриофитов и частоты регистрации их атипичного морфогенеза

Опорной работой (по уточнению видов и созданию общего иллюстративного атласа мохообразных) была «Мохообразные Донецкой агломерации: иллюстрированный атлас и бриоиндикация» (Сафонов и Морозова, 2018), по результатам которой была подведена черта первого этапа подробной инвентаризации мохообразных именно в учётных площадках мониторинговой сети Центрального Донбасса. За время дальнейших исследований установленное флористическое разнообразие определённым образом расширилось, что дополнило первоначальные списки видов (рис. 6.9).

Рис. 6.9 – Фрагментарные экспозиции по идентификации редких видов бриофитов за период мониторинговых исследований в рамках 113-компонентной сети в Донбассе

Таким образом, принимая во внимание именно целевые сборы мохообразных с 2014 года, рассматривая их в качестве интересующих объектов государственного запроса от Комитета по экополитике и природным ресурсам ДНР в 2017 и 2018 гг. и в последующем были получены уникальные краеведческие сведения о состоянии окружающей среды как в систематическом отношении, так и в структурно-функциональной их организации и возможности формировать устойчивые популяции и накапливать информацию о геохимическом профиле в регионе. По факту именно эта таксономическая группа растительных организмов выявила как наибольшую устойчивость, так и гиперчувствительность в условиях антропогенной трансформации среды при анализе отдельных видов или сообществ. Важным также является доказательный факт наличия пионерных сукцессионных процессов в местах после взрывов именно с преобладанием в первые 2-3 года мохообразных, следовательно – в интенсификации процессов оптимизации среды при интенсификации формирования растительного покрова и уменьшения эрозионных процессов.

Для идентификации полемостресса были выделены макромаркеры (Сафонов, 2023в, Сафонов и Германова, 2023б), что представлено на рис. 6.10 детализировано на карте и с диаграммами цветков. Такой процесс полевой диагностики является примером экспресс-анализа в системе мониторинговых исследований в Донбассе.

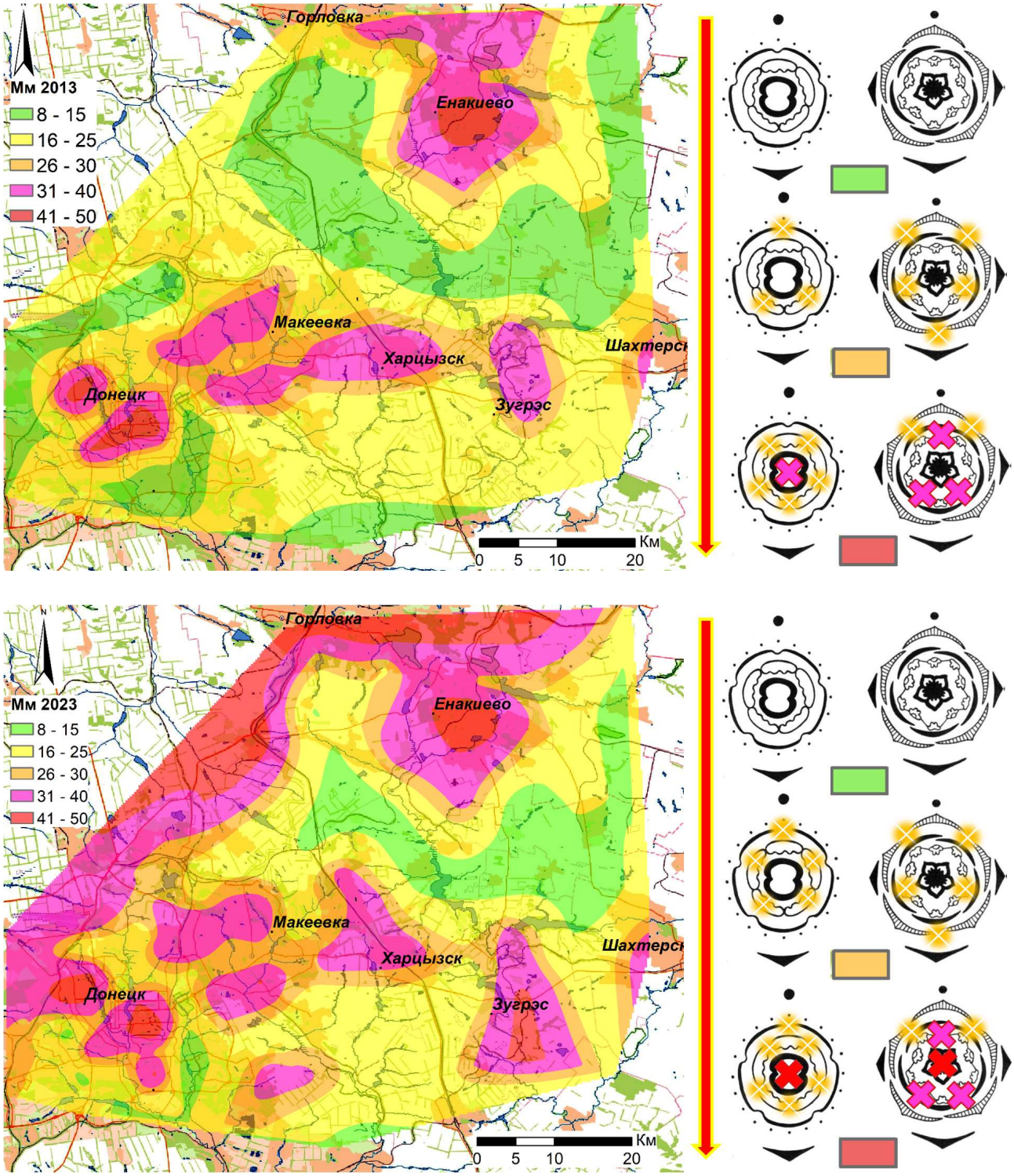


Рис. 6.10 – Специфика картографического распределения макромаркеров в 10-летнем вариантом сравнений; идентификация зоны полемостресса и новых геохимических аномалий

Тератогенез является неизбежным процессом в местах высоких загрязнений, связанных с промышленной деятельностью (Yeprintsev, Kurolap, Klepikov, Budarina, Ignatenko, 2023a; Belogurov, 2023; Tseng, Yuan, Wong, Lin, 2023; Zhuikova, Meling, Kaigorodova, Bezel', Gordeeva, 2015) в регионе – на региональном уровне.

Система импакта антропических воздействий может иметь сложный характер, отражающийся на комплексном загрязнении (Xie, Shi, Wang, Yan, Ci, Wang, Chen, 2024; Stepkin, Prozhorina, Kurolap, Klepikov, Boeva, 2021; de Lira-Quezada, González-Díaz, Cotera-de Lira, Macouzet-Sánchez, Acuña-Ortega, Guzman-Avilán, Macías-Weinmann, 2024), при котором происходит перекрытие зон влияния, что требует дополнительного рассмотрения и многофакторного анализа (Kosarev, Kolesnikov, Reznik, Nemova, Ozhogin, 2023; Rozenberg, Khasaev, Kudinova, Rozenberg, Vasilyev, Zibarev, 2023; Zaitsev, Davydychev, Kulagin, Giniyatullin, Egorova, Komissarov, Urazgildin, Suleymanov, Tagirova, 2021).

В процессе визуализации по тотальному (общему) тератогенезу (ТТ) были использованы карты за разные годы и разные интервальные значения для дробности и детализации данных в конкретных переходных экотопах (рис. 6.11-6.16).

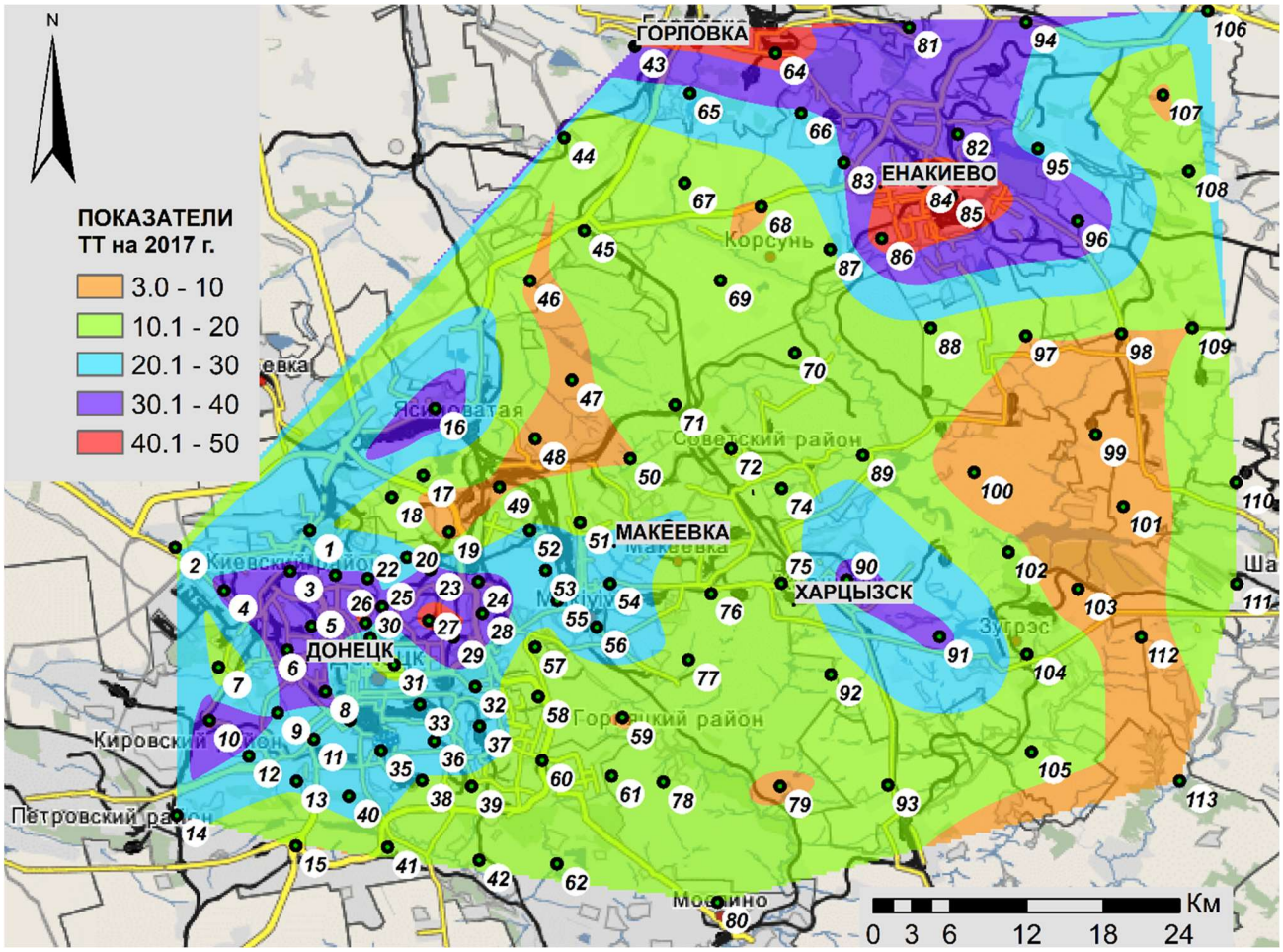


Рис. 6.11 – Показатели тотального тератогенеза растений-индикаторов в 2017 г. с использованием 5-интервальной шкалы

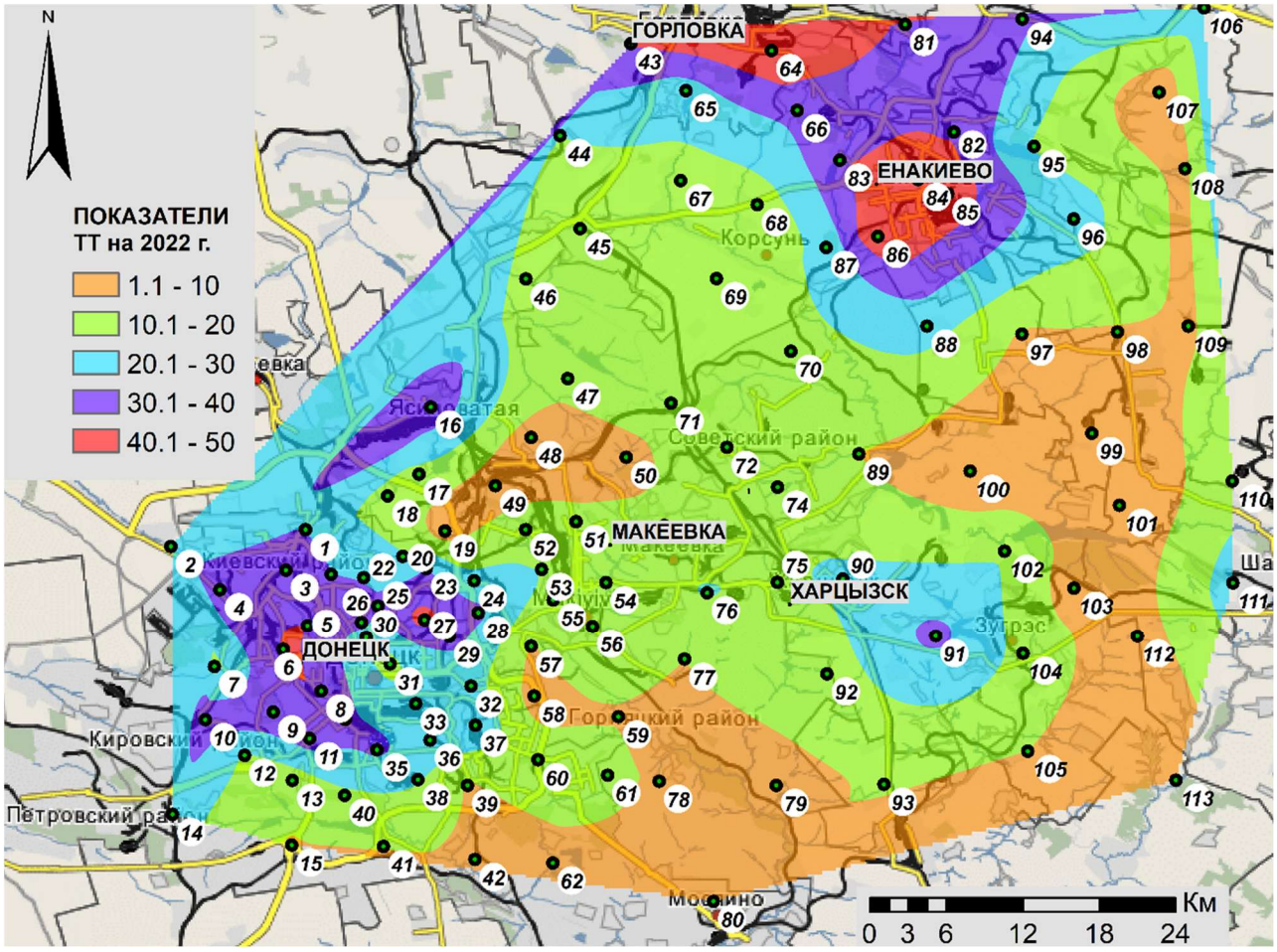


Рис. 6.12 – Показатели тотального тератогенеза растений-индикаторов в 2022 г. с использованием 5-интервальной шкалы

Межгодовое сравнение картографического материала по континуальным значениям (Budzyńska, Budka, Roszyk, Niedzielski, Mleczek, 2023; Kulik & Pugacheva, 2016), как правило, не дает больших различий при анализе процессов техногенного загрязнения (Jiang, Yang, Luo, 2023; Кулагин, 2010, 2022), в таких случаях требуется использовать данные в сравнении за несколько лет или сравнительно большой период времени – не менее 5 лет для визуального эффекта динамики в определении воздействия на природные среды (Жуков и Епринцев, 2023; Андрушко и Гусев, 2021; Chen, 2023; Ivanisova, Kurinskaya, Kolesnikov, 2019; Сомов, Опекунов, Опекунова, Дергилева, Коршунова, Кукушкин, 2023).

Однако при дробном ежегодном скрининге состояния экотопов в промышленном регионе (Dong, Kuang, Ren, Dou, Deng, 2024; Kolesnikov, Minnikova, Tsepina, Evstegneeva, Timoshenko, 2022; Ivanova & Zolotova, 2023) можно в итоге получить достаточную базу значений (Deák, Bede, Valkó, Báthori, Tóth, Lisetskii, Buryak, Bragina, Apostolova, Bán, 2021) для формирования прогнозных моделей развития тех или иных процессов в ландшафтах (Жигулина и Межова, 2023; Гусев, 2023а; Ватьян и Прошунина, 2021; Belyakov & Koshelev, 2023; Плугатарь, Корженевский, Головнёв, Славгородская, 2021а,б) и экосистемах в целом (Fang & Kong, 2024; Kosarev, Kolesnikov, Reznik, Nemova, Ozhogin, 2023).

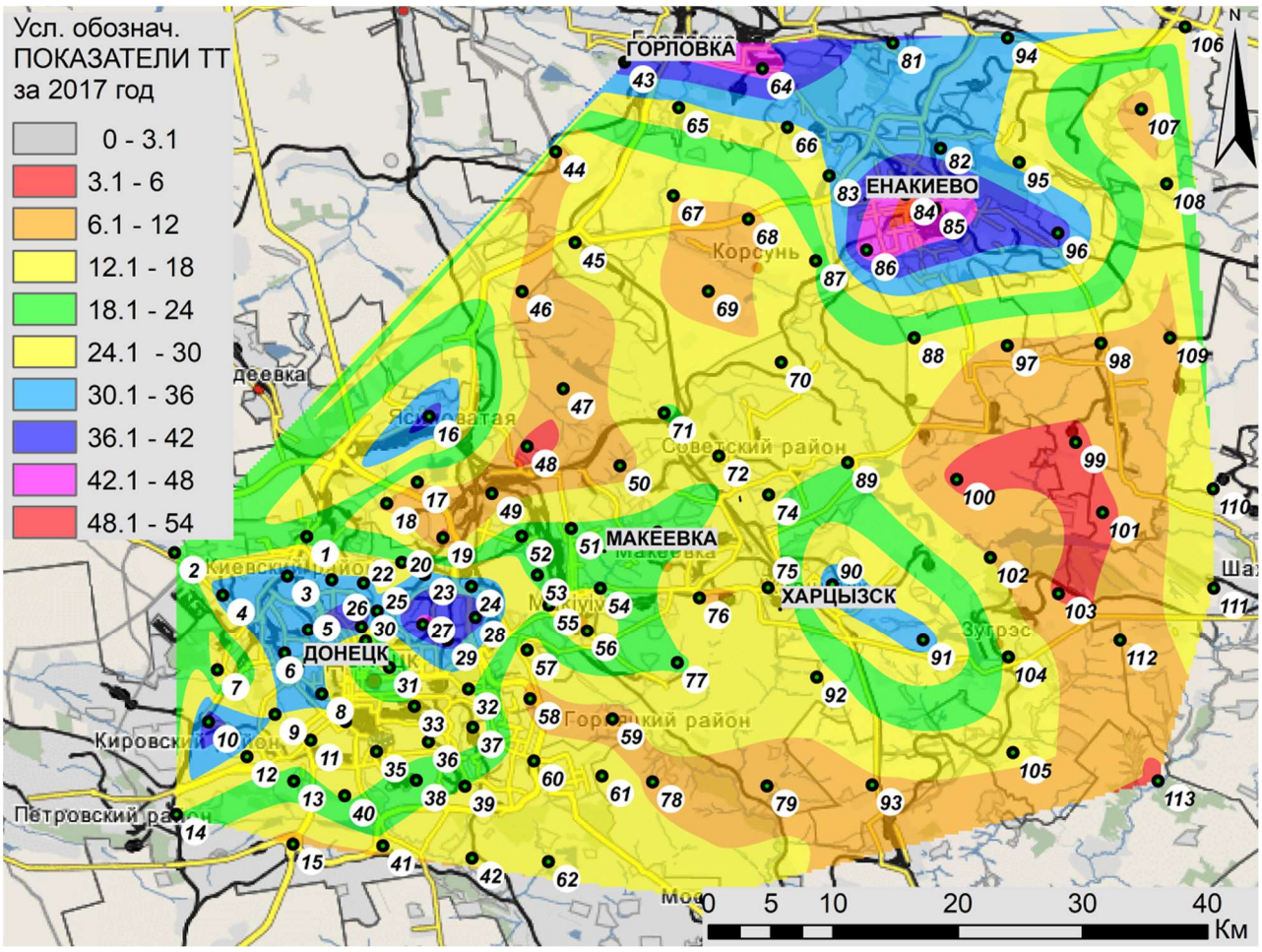


Рис. 6.13 – Показатели тотального тератогенеза растений-индикаторов в 2017 г. с использованием 10-интервальной шкалы

Получение карт и распределение значений по интервальным принадлежностям сформировано опытным путём в первую очередь для наглядной демонстрации результатов эксперимента и выяснения характера рассосредоточения таких показателей на плоскости (в картографическом двухмерном эквиваленте).

Характерные для индустриального региона высокие уровни загрязнения (Ермаков, Тютиков, Данилова, 2023; Безель, Жуйкова, Гордеева, Мелинг, Трубянов, Глотов, 2016; Беспалова, Романчук, Чуфицкий, Перебейнос, Готин, 2020; Гусев, 2022) также могут быть подвержены межгодовым флуктуациям, поэтому такие данные важны в своей систематичности сбора, если какой-то из вегетационных сезонов будет аномально сухим (Waheed & Arshad, 2024; Yao, Zhang, Yu, Liu, Du, Li, 2024) или жарким (Belyakov & Koshelev, 2023; Kim, Lee, Kim., Park, You, 2023; Kulik & Pugacheva, 2016; Pugacheva, 2020) в степной зоне (Valkó, Zmihorski, Biurrun, Loos, Labadessa, Venn. 2016), что может наложить отпечаток на результаты мониторингового токсикологического (Ермаков, 2022; Евстегнеева, Колесников, Кузина, Дмитриева, 2022; Епринцев, Клепиков, Куролап, 2022; Titkova, Zolotokrylin, Cherenkova, 2023; Колесников, Казеев, Вальков, 2002) исследования.

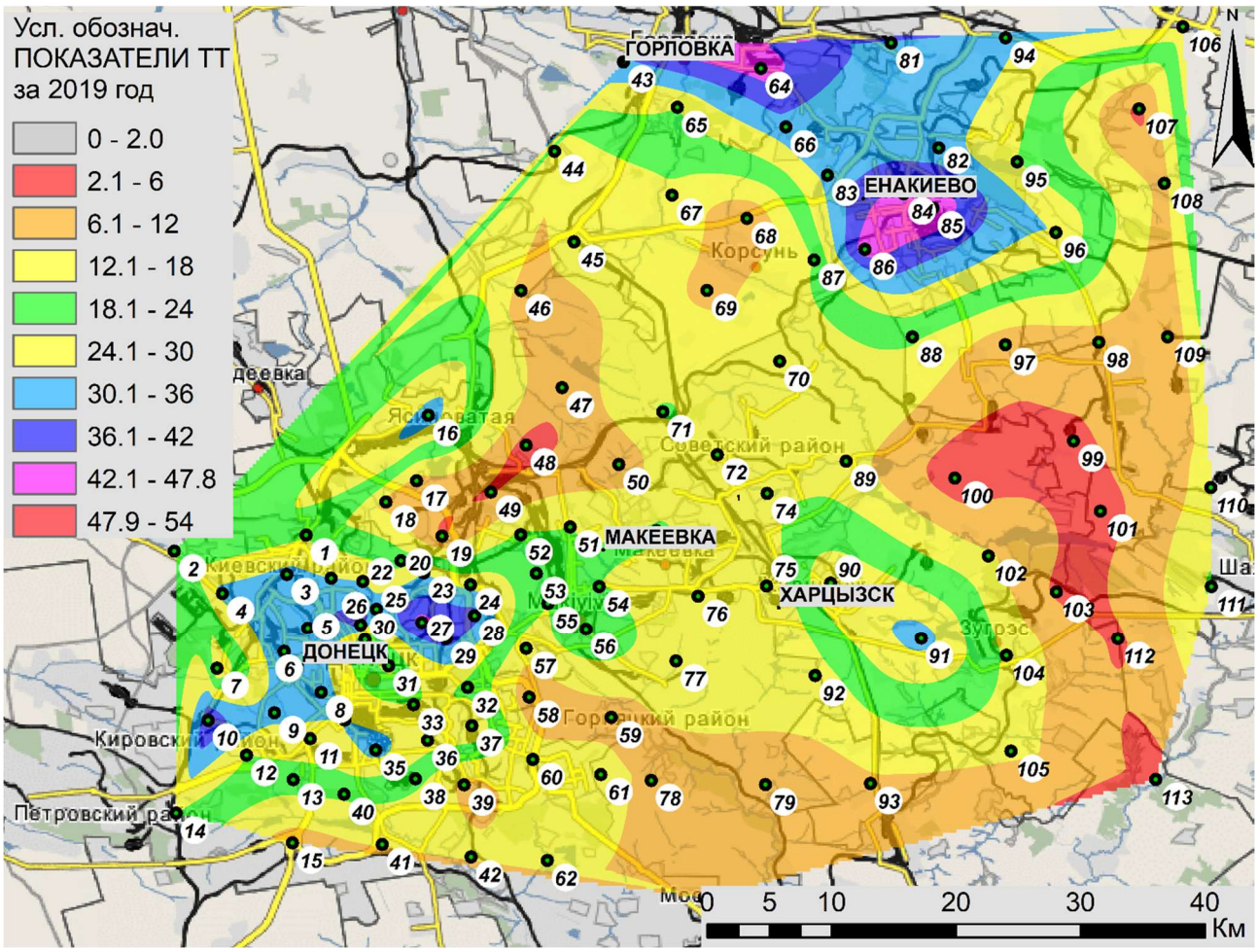


Рис. 6.14 – Показатели тотального тератогенеза растений-индикаторов в 2019 г. с использованием 10-интервальной шкалы

Незначительные колебания значений ТТ (тотального тератогенеза) могут быть вызваны сменой силы воздействующего элемента, например, изменение характера выбросов и(или) сбросов конкретного предприятия, начало работы завода-загрязнителя после строительства или остановка работы основных мощностей этого учреждения. Также в системе оценки фоновых эффектов нежелательных воздействий на состояние растительного покрова имеют характер и способ размещения отходов при формировании полигонов различных назначений. В Донбассе с 2014 г. большинство предприятий изменили свой статус, поскольку не налажены были сырьевые потоки и рынки сбыта продукции, не было также возможностей обеспечить требуемую очистку выбросов и сбросов. Ситуация обострилась с 2022 г. при резком уменьшении водных ресурсов в Центральном Донбассе в результате военных действий.

В зонах промышленного импакта разных динамик (Колесников, Мощенко, Кузина, Казеев, 2023; Широких, Боков, Дабах, Кондакова, Широких, Ашихмина, 2024) и периодов эксплуатации (Gogoi, Yeasin, Paul, Borgohain, Deka, Malakar, Saikia, Rahman, Panja, Sarkar, Maiti, Bordoloi, Karak, 2023; Дабах, Ашихмина, Кантор, Тимонов, Домнина, 2024; Мощенко, Колесников, Кузина, Меженков, Литвинов, 2023; Daz & Cabido, 2001; Frunze, 2023; Gorbunova, Gromovik,

Cherepukhina, Vladimirov, Fedotov, Jiaolong, Hongmei, Hong, Chanhua, 2022) учёные имели возможность идентифицировать те или иные факторы, влияющие на биоту и в первую очередь растительные организмы (Ermakov, Safonov, Dogadkin, 2021; Сальник, Корбань, Горбов, Козырев, 2023; Судник, Степанович, Толкачева, Голушко, Потапенко, Комар, Машков, Серенкова, Созинов, 2021; Chandrasekhar & Ray, 2020), имеющие способность к функциональным реакциям на действие факторов возмущения в экосистемах.

Распределение значений показателя ТТ в картографическом эквиваленте во все годы скрининга имеет континуальный характер за исключением некоторых территорий Донецкой агломерации, поскольку там наблюдаются не только высокая плотность источников импакта загрязнений и нарушений, но и обратные процессы оптимизации и стабилизации природных экосистем за счет резкого уменьшения работы промышленных предприятий-загрязнителей и мероприятий по благоустройству города, включая полноценное существование рекреационных зон и отсутствие работ рудерального характера в черте города.

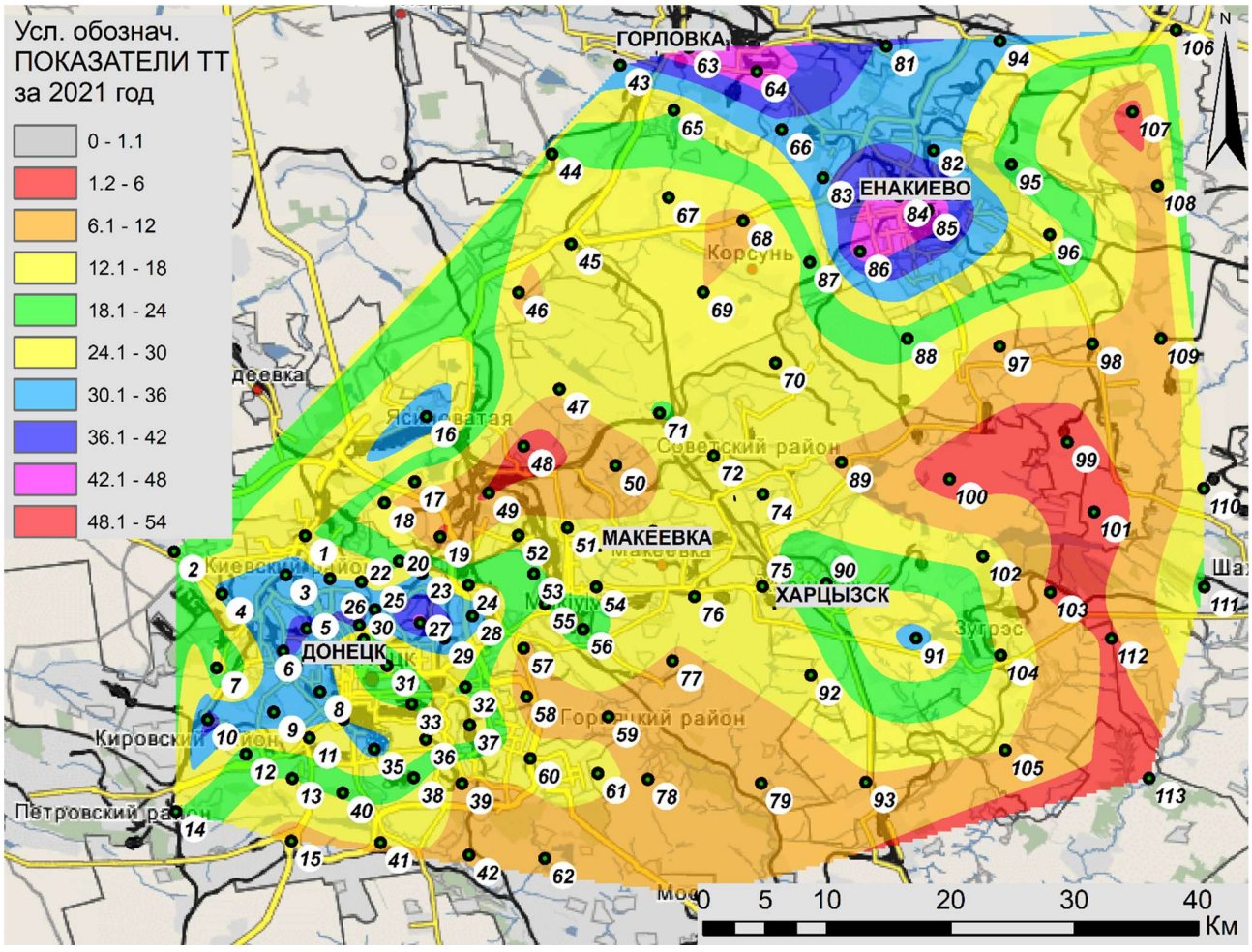


Рис. 6.15 – Показатели тотального тератогенеза растений-индикаторов в 2021 г. с использованием 10-интервальной шкалы

Сравнение показателей ТТ (2017, 2019, 2021 гг.) имеет принципиальное значение при возможном дальнейшем прогнозировании в развитии системы.

При благоприятных обстоятельствах в наличии устойчивых тенденций по отдельным процессам микролокального характера изменений параметров возможно создание цифровой базы данных (в аналогии с публикацией Розенберг, Шитиков, Костина, Кузнецова, Лифиренко Костина, Кудинова, Розенберг, 2015) по состоянию экотопов Центрального Донбасса за продолжительный период наблюдений.

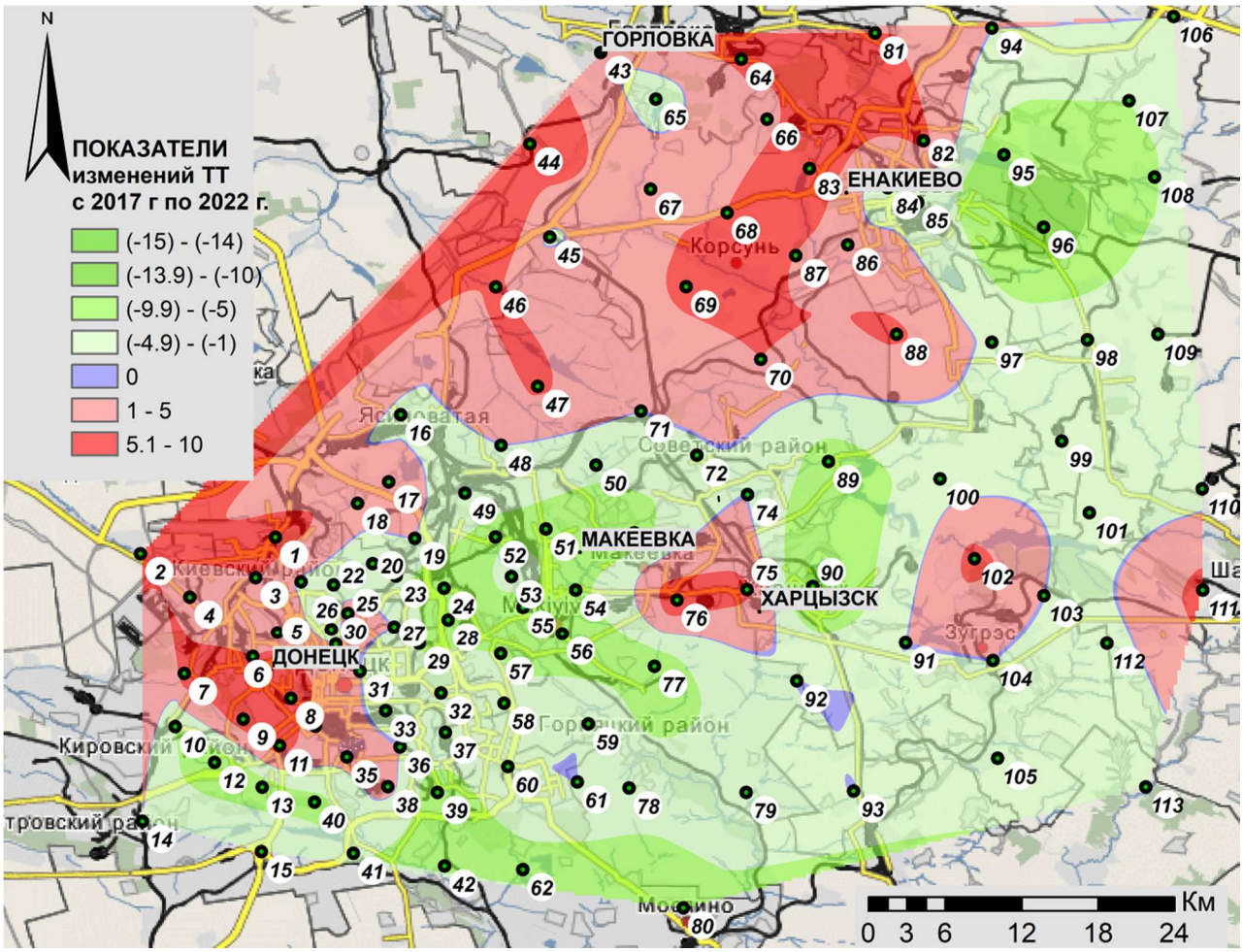


Рис. 6.16 – Итоговое сравнение в динамике показателей тотального тератогенеза растений-индикаторов с 2017 по 2022 гг. с использованием двунаправленной шкалы (при увеличении и уменьшении показателей)

Таким образом, показатели учета общей тератологии растений, которые суммационно были представлены на картах критерием ТТ, имеют определенные закономерности в экологической диагностике региона.

Проведены работы по формированию картографического материала в разные годы и с разными интервальными значениями. Однако наиболее показательным в демонстрации и идентификации факторов полемостресса получился эксперимент с визуализацией временной (5-летней) динамики двунаправленной шкалы при совмещении отрицательных и положительных приращений в анализе общей тератогенной ситуации (рис. 6.16). Это детально обсуждается в публикациях (Гермонова и Сафонов, 2023а,б,в, 2024; Сафонов и Гермонова, 2023а,б,в, 2024).

Метод ландшафтного профиля, который является по сути синтезированным расчетом любого значения в рамках информационного поля по конкретной заданной линии, позволяет также расширить систему мониторинга знаниями о выявленных закономерностях в градиенте движущего фактора микроэволюции растительных систем в том числе под воздействием полемостресса (рис. 6.17).

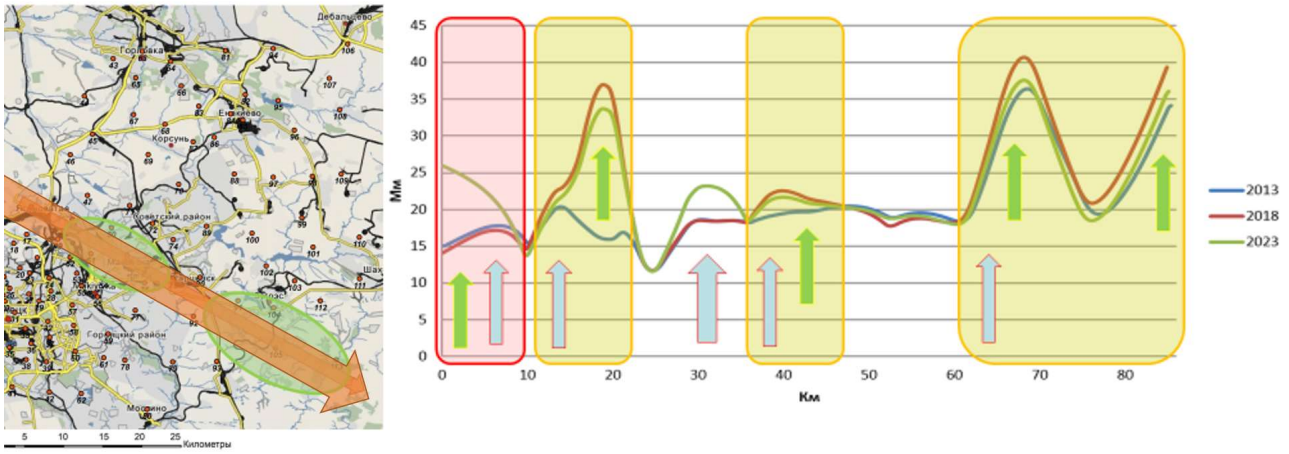


Рис. 6.17 – Пример ландшафтного профилирования в градиенте фактора полемостресса

Методы ординации в градиенте нарушений и (или) изменений среды широко распространены в научной литературе (Жуйкова, Безель, Позолотина, Северюхина, 2002; Коротеева, Веселкин, Куянцева, Чащина, 2015) и апробированы в Донбассе на примере антологических преобразований (Сафонов, 2023е), что показано на рис. 6.18 и 6.19.

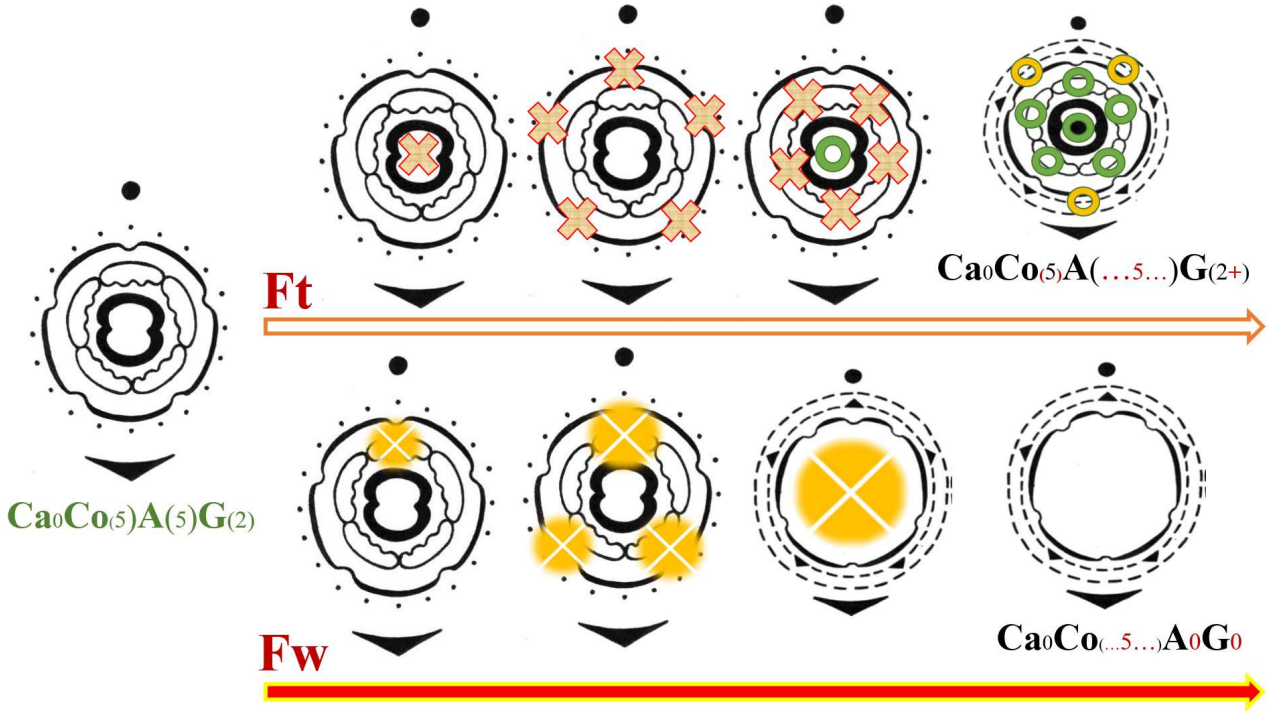


Рис. 6.18 – Пример ландшафтного профилирования в градиенте фактора полемостресса

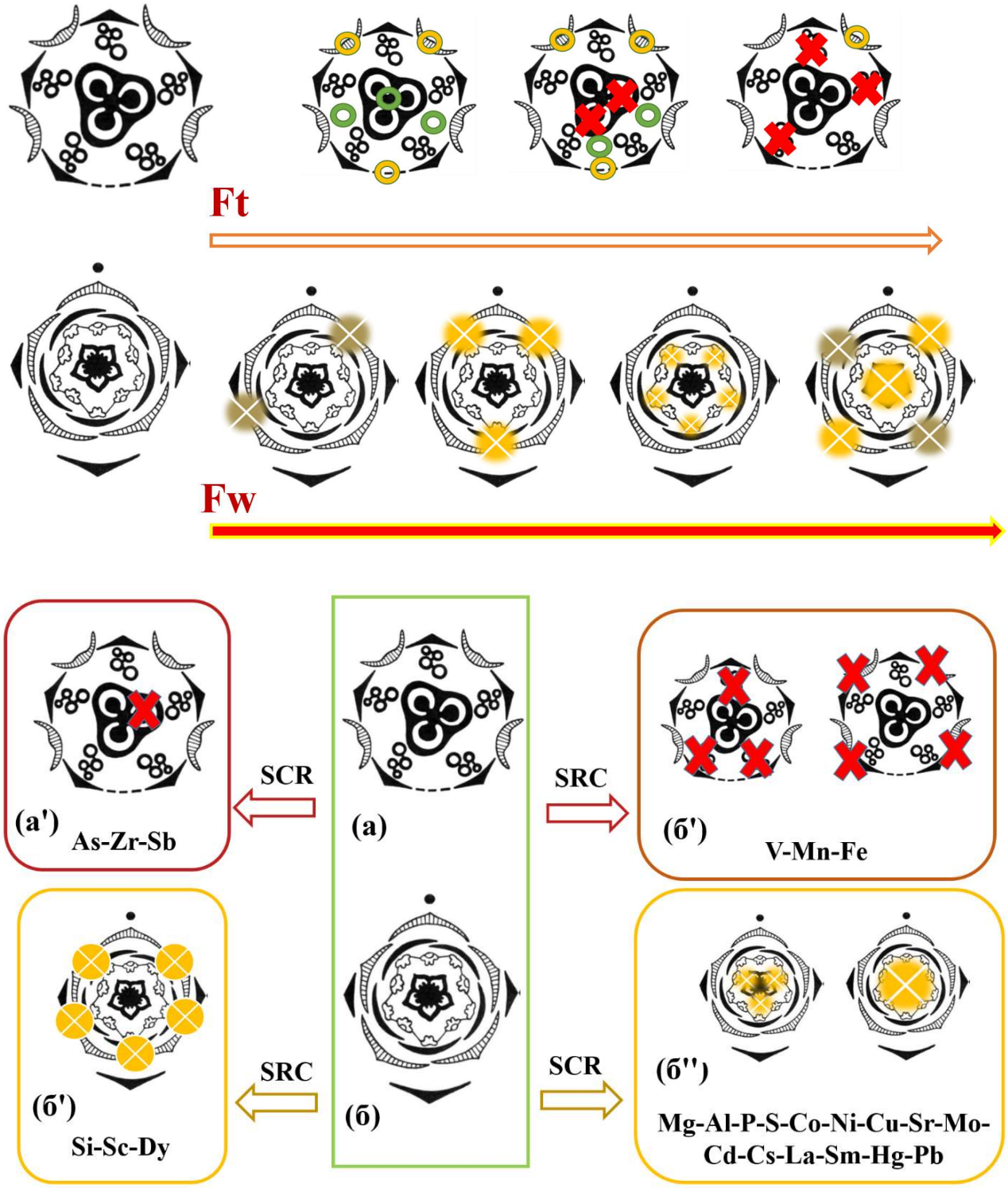
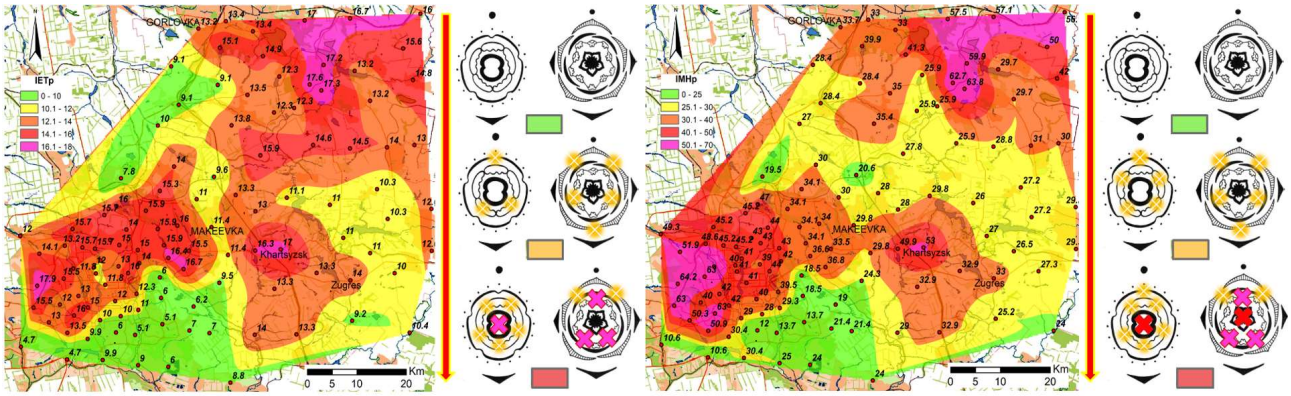
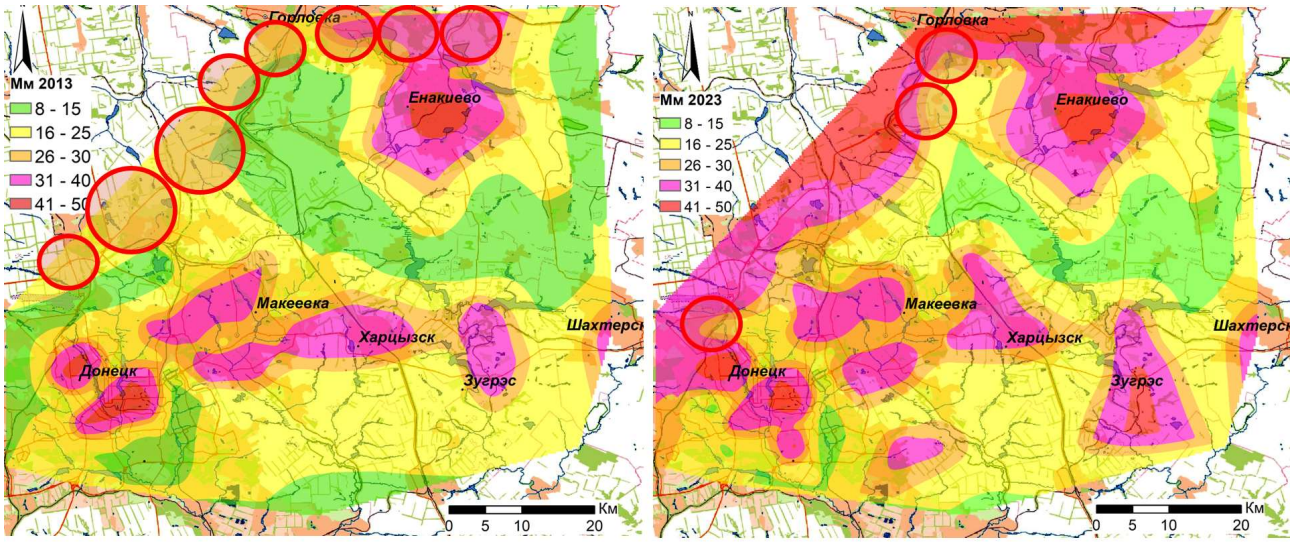


Рис. 6.19 – Модели организации и структурной трансформации цветков в градиенте фактов техногенного загрязнения (Ft) и полемостресса (Fw), указаны локализации структурно-функциональных нарушений

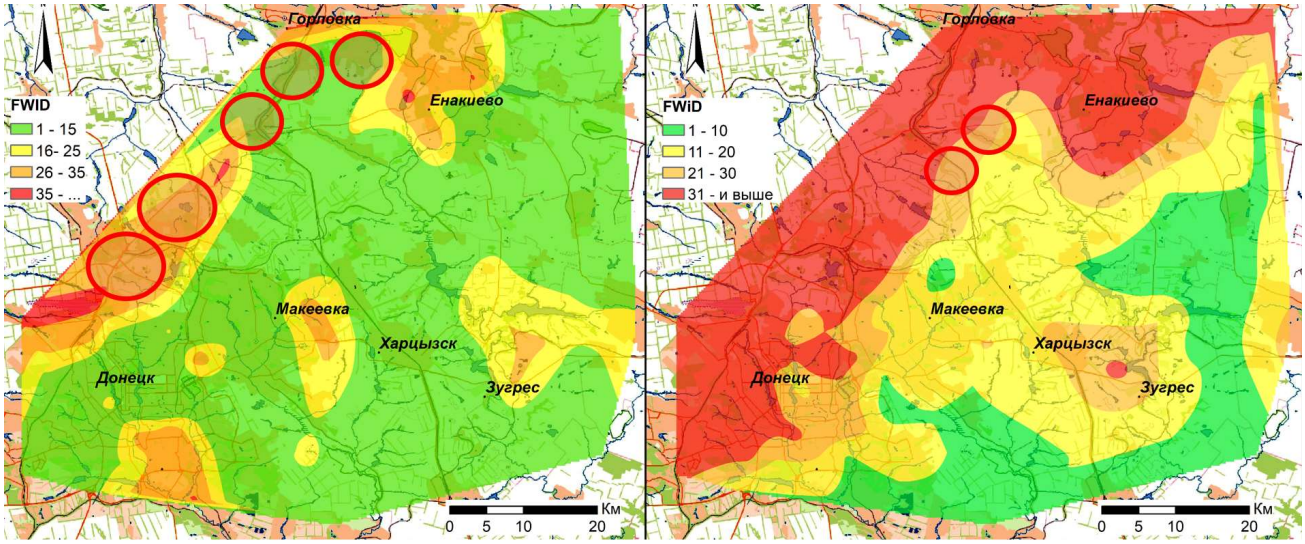
По установленным специфическим характеристикам элементного состава среды в конкретных учетных площадках отмечено, что в условиях геохимических аномалий наблюдаются функциональные нарушения, связанные с разными направлениями в выработке растением адаптационных механизмов для выживания, поэтому указаны CRS тенденции (рис. 6.19).



А



Б



В

Рис. 6.20 – Примеры разных способов визуализации фактора полемострессса в Донбассе:
А – по показателям эмбриологического тератогенеза и общего морфологического критерия в учете частоты встречаемости аномальных структур аутфитоиндикации;
Б – при анализе макромаркеров во временной динамике 2013-2023 гг.;
В – в расчете специального критерия при использовании разных диапазонов шкал для демонстрации фактора полемострессса (FWID)

Используя имеющиеся данные по химическому анализу в точках мониторинговой сети и данные структурной организации растительных индикаторных организмов, методом проб и ошибок для всех 113-компонентных массивов табличных данных был проведен парный корреляционный анализ. Для более чем 90% сведений результаты парной корреляции не имели достоверных закономерностей и плотных связей между массивами.

Наиболее близкими по территориальному распределению данных были выявлены результаты расчета индекса макромаркеров в 2018 г. и концентрации Zn в том же году в растительных тканях (рис. 6.21 и 6.22), что послужило основой для формирования картографического материала и визуализации закономерностей распределения обоих показателей (ММ и концентрации Zn). Это был самый успешный результат длительного поиска наиболее плотной корреляции между признаками в строении растений и концентрацией отдельного элемента. Возможно, что при более дробном анализе в будущем будут найдены и другие закономерности для изучаемой территории.

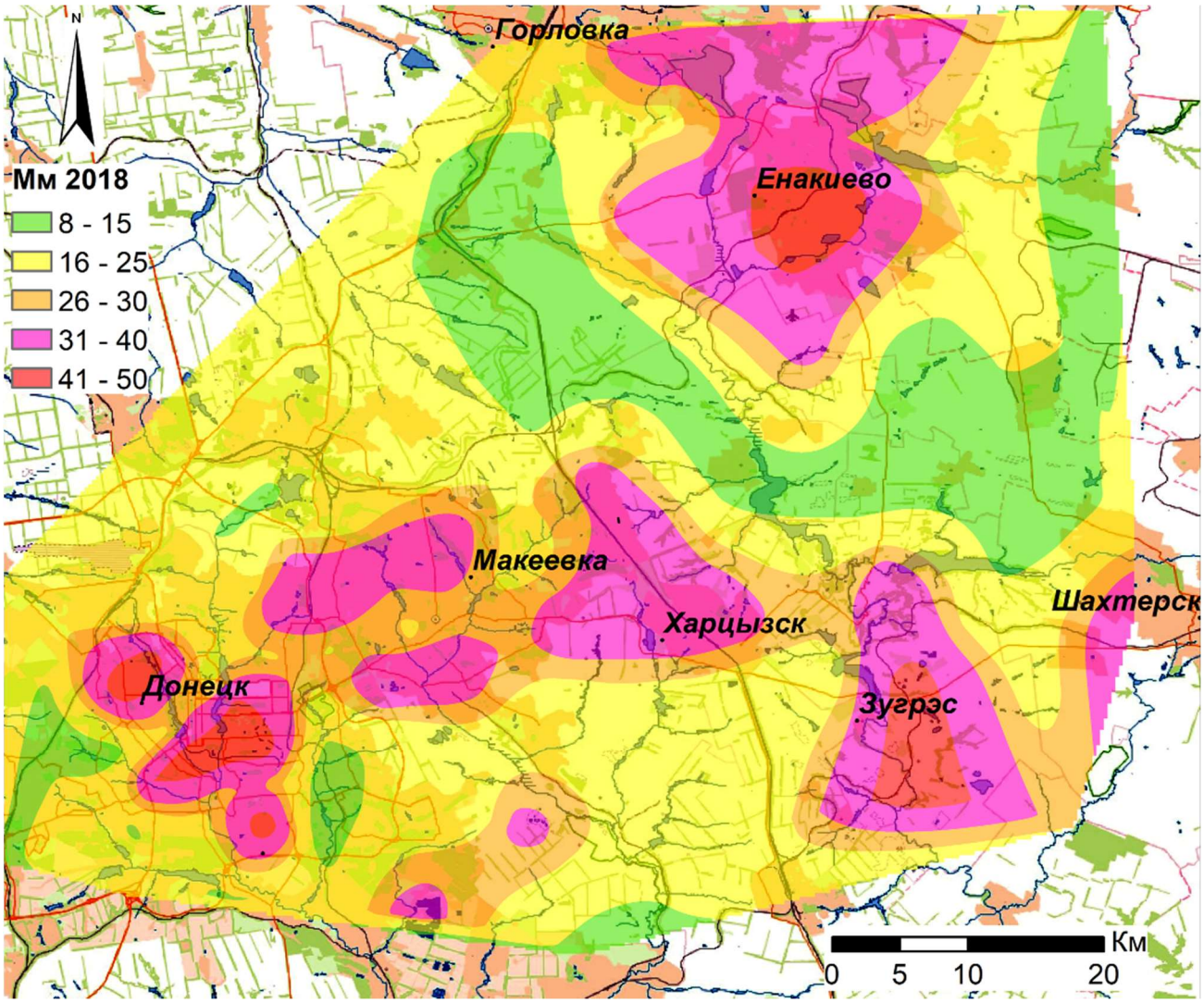


Рис. 6.21 – Картографическая визуализация данных по расчетному критерию макромаркеров в Центральном Донбассе в 2018 г.

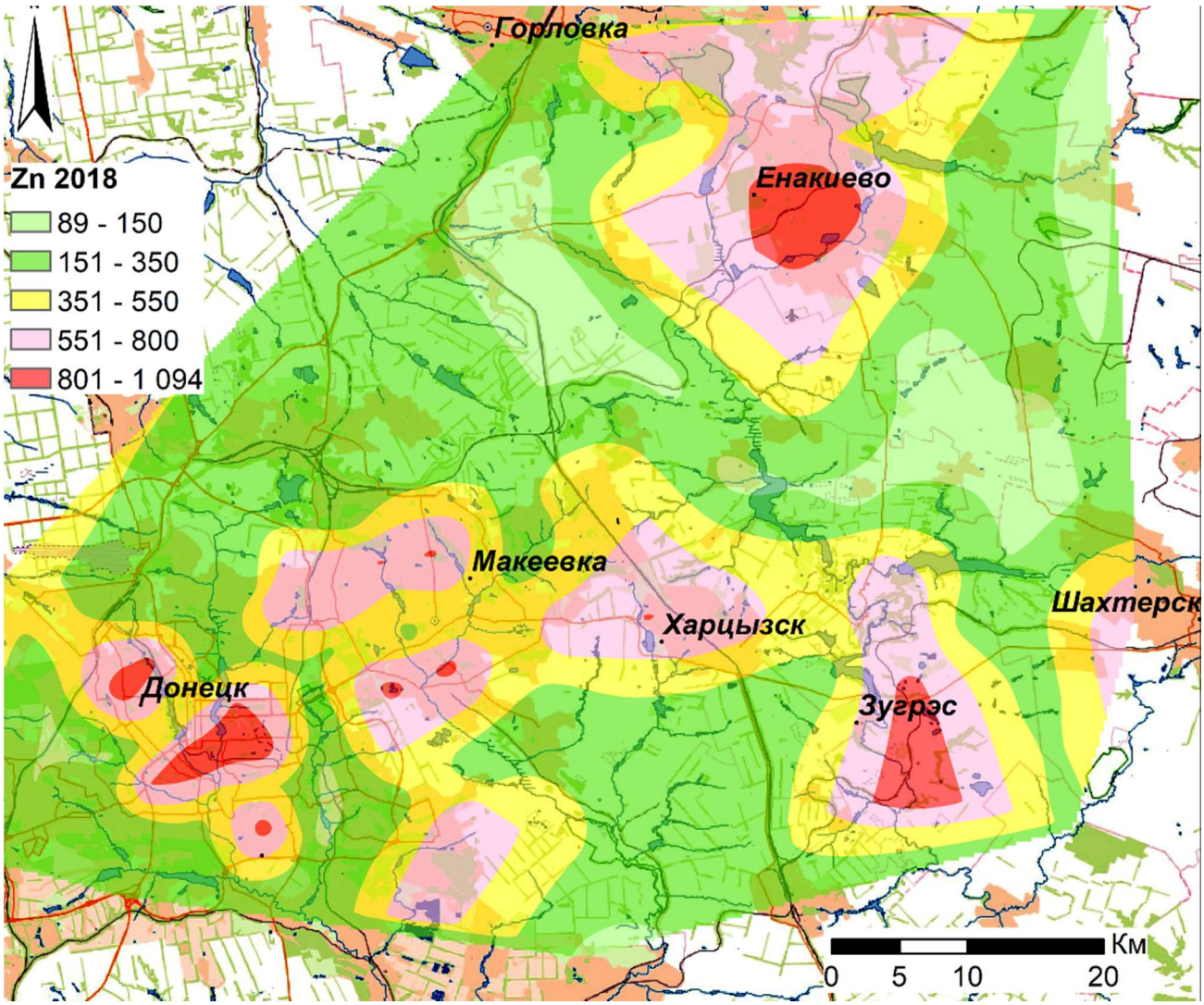


Рис. 6.22 – Картографическая визуализация данных по концентрации Zn в тканях растений-индикаторов в Центральном Донбассе в 2018 г.

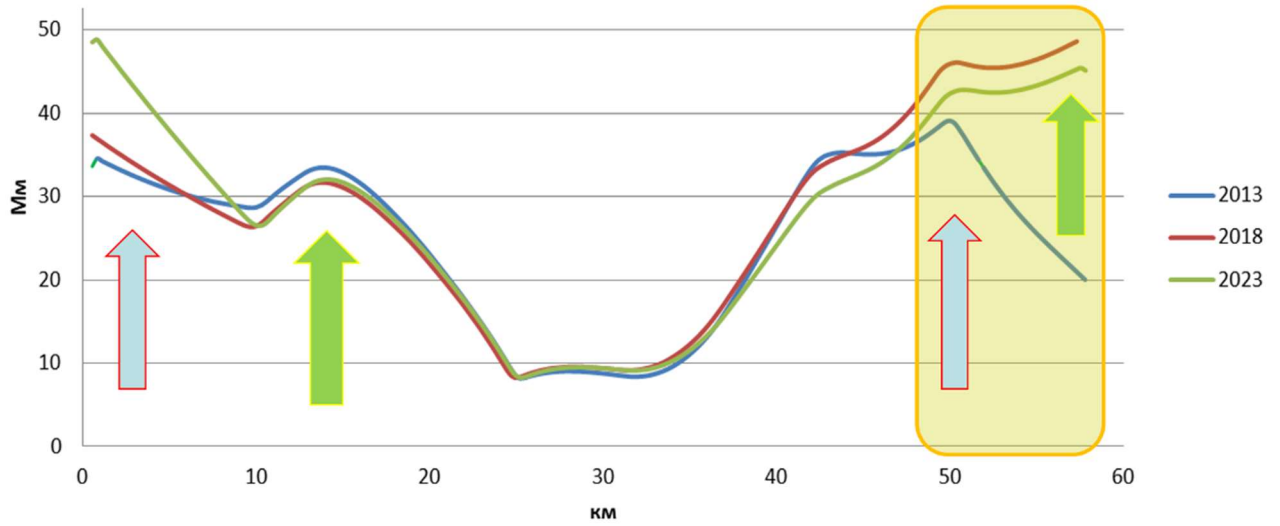
«Узоры» распределения ключевых показателей (рис. 6.21 и 6.22) территориально совпадают, что подтверждает фактический статистический показатель по выявлению коэффициента корреляции между совокупностью признаков и дискретной характеристикой окружающей среды.

Такая процедура установления корреляционной зависимости между массивами данных (Федоркина, 2020a; Adamovich, Domnina, Timonov, Rutman, Ashikhmina, 2019; Suleymanov, Suleymanov, Kulagin, Yurkevich, 2023) является частой практикой первичного статистического обнаружения закономерностей (Zakharov & Trofimov, 2023; Díaz, Kattge, Cornelissen, Wright, Lavorel, Dray, Reu, Kleyer, Wirth, Prentice, Garnier, Bönisch, Westoby, Poorter, Reich, Moles, Dickie, Zanne, Chave, Wright, 2022), но на практике в открытых системах (типа ландшафтов) такие закономерности установить крайне сложно, поскольку действует комплексный характер воздействия факторов на растительные организмы (Picornell, Ruiz-Mata, Recio, Trigo, Cabezudo, Oteros, Martínez-Bracero, Galán, García-Mozo, Alcázar, Lara, Serrano-García, Pérez-Badia, Romero-Morte,

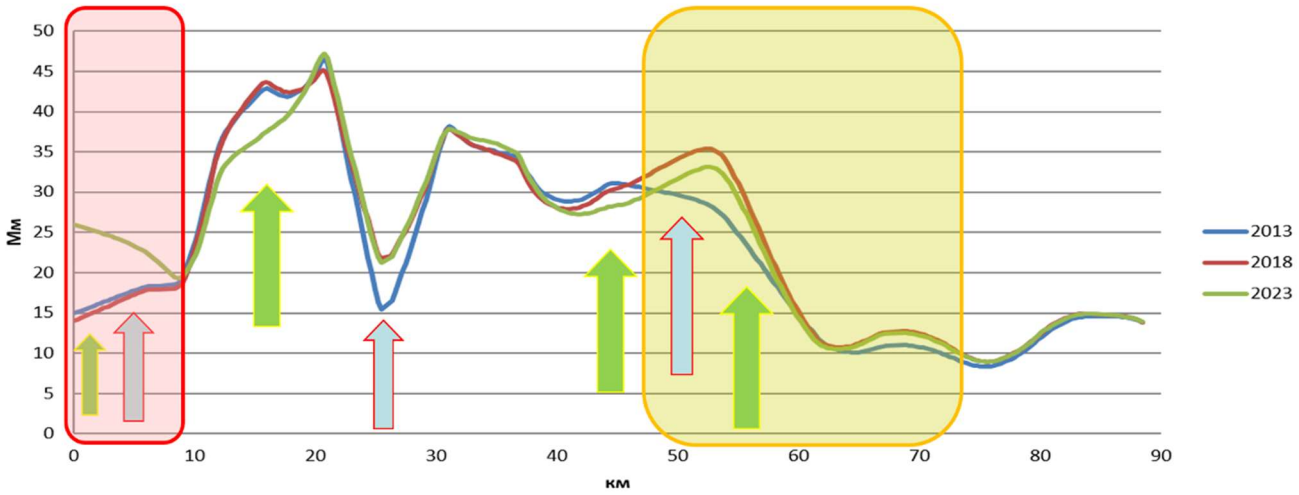
Rojo, 2021; Durant, Bhasin, Juenger, Heckman, 2024; Zandalinas, Peláez-Vico, Sinha, Pascual, Mittler, 2024).

Микроструктуры растения являются важной диагностической системой признаков в таксономическом отношении (Bahadur, Rehman, Long, Ahmad, Ullah, Butt, 2023; Tabašević, Lakušić, Kuzmanović, Vukojičić, Jovanović, Glišić, 2021), а также в связи со своей индивидуально видовой пластичностью (Giupponi, 2020; Klinkovská, Glaser, Danihelka, Kaplan, Knollová, Novotný, Pyšek, Řezníčková, Wild, Chytrý, 2024) могут быть использованы в экологическом фитомониторинге региона.

В ретроспективном анализе были построены профили значений макромаркеров антогенеза, соединяя крайние позиции мониторинговой сети (рис. 6.23 и 6.24).

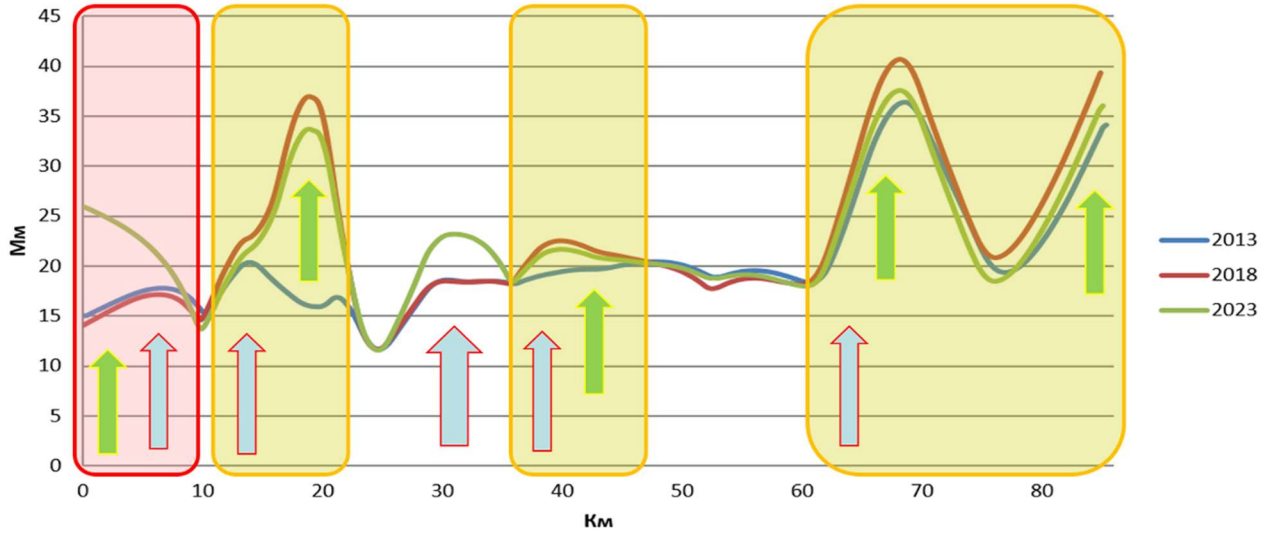


А

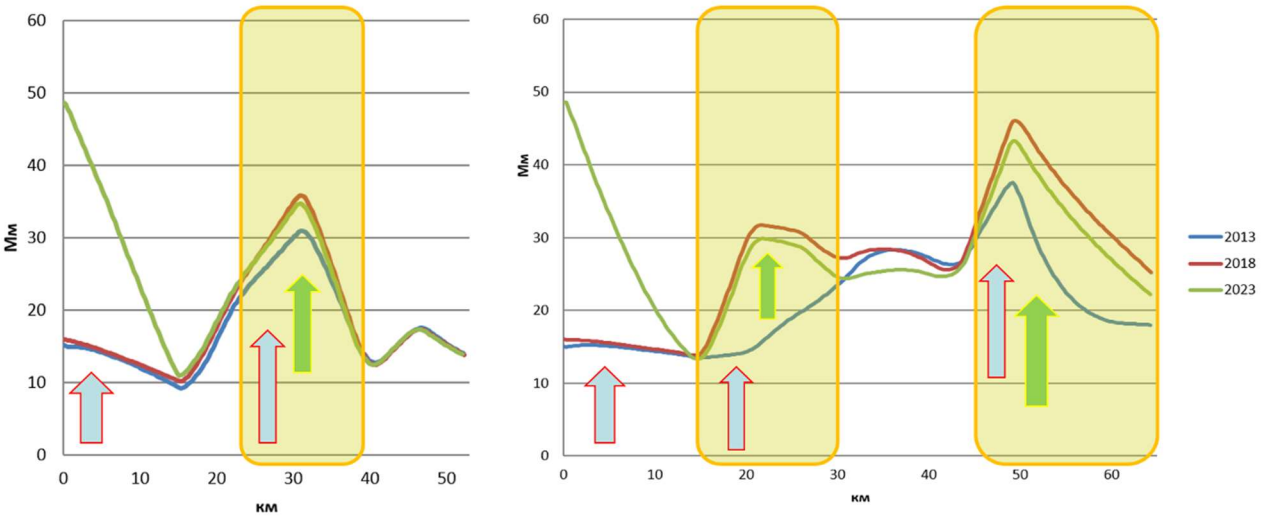


Б

Рис. 6.23 – Фитоиндикационный профиль по ММ (антогенез) в соединении позиций:
А – между мониторинговыми точками 94 и 105 (север-юг) восточной части сети;
Б – между точками 14 и 109 (юго-запад – северо-восток) мониторинговой сети
(данные в динамике фиксированных значений 2013, 2018 и 2023 гг.)



А



Б

В

Рис. 6.24 – Фитоиндикационный профиль по ММ (антогенез) в соединении позиций:
А – между мониторинговыми точками 14 и 111 (юго-запад – восток);
Б – между точками 46 и 109 (северо-запад – северо-восток):
В – между точками 46 и 113 (северо-запад – юго-восток) мониторинговой сети;
(данные в динамике фиксированных значений 2013, 2018 и 2023 гг.)

Морфогенетические преобразования в строении растений (Bobrov & Romanov, 2019; Li, Tong, Shao, Ren, Lazkov, Illarionova, 2018; Odintsova, 2022; Selvi, Paksoy, Polat, Cakilcioglu, 2014) являются индикаторами также общего эволюционного (микроэволюционного) процесса в биологических системах, поэтому с точки зрения системы выживания в неблагоприятных экологических условиях (Boyarskikh, Klyuchevskaya, Syso, Agatova, 2020; Peláez-Vico, Zandalinas, Devireddy, Sinha, Mittler, 2024) позиция стресса (Savinov, Erofeeva, Nikitin, 2019; Zhu, Gu, Tian, Li, Ji, Li, Wei, Chen, 2022; Srivastava, Pandey, Böhmer, Pandey, 2024) может рассматриваться как движущий фактор механизмов приспособления, а значит и обеспечения успешности саморегуляции (Giupponi, 2020; Muszyńska & Labudda, 2019) экологической системы и сохранения функциональной целостности в соответствии с геологической эпохой развития.

В экологическом фитомониторинге принципиальным является вопрос возможности альтернативной взаимозаменяемости признаков, когда по независящим от экспериментатора причинам в той или иной точке наблюдений в конкретный год или сезон выпадают характеристики в силу их материального отсутствия. Поэтому при ингредиентном анализе с помощью мохообразных можно выявлять первичные биогеохимические аномалии, а затем провести поиск сопутствующих фитосубстратов, доступных в этих мониторинговых точках и максимально близких по фитогеохимическим показателям накопления отдельного элемента или группы сопутствующих элементов, в частности технофильной природы в приводимой индикации факторов антропогенных трансформаций ландшафтов Донбасса.

Был проведен пробный поиск и тотальный анализ, насколько концентрации отдельных элементов во мхах и цветковых растениях совпадают в случае использования для экспертизы химического загрязнения по индикаторным видам растений. На картографических изображениях (рис. 6.25 и 6.26) приведены результаты распределения концентрирования Zn в соответствующих фитосубстратах.

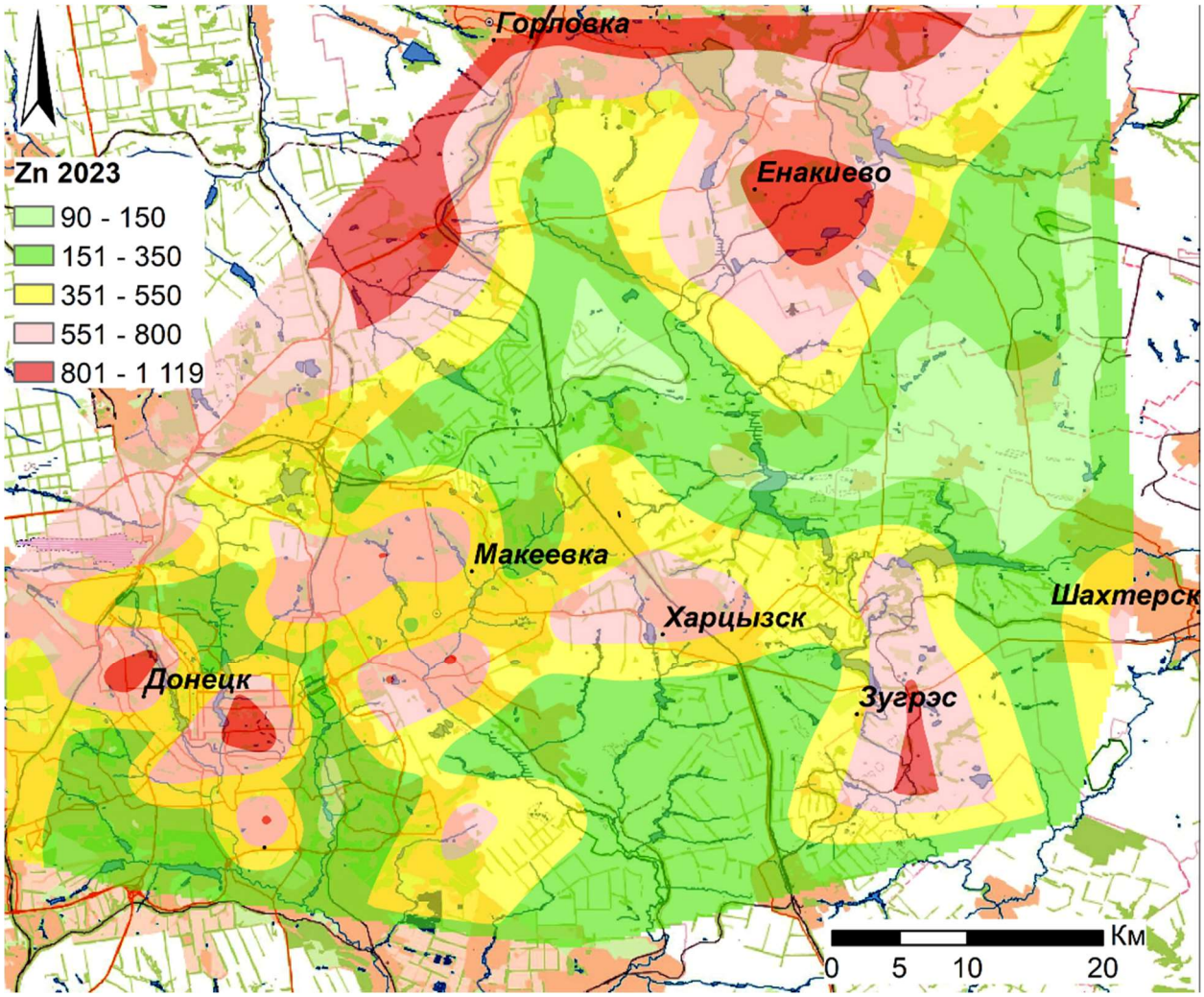


Рис. 6.25 – Специфика распределения показателя концентрирования Zn в генеративных частях цветковых растений по состоянию на 2023 г.

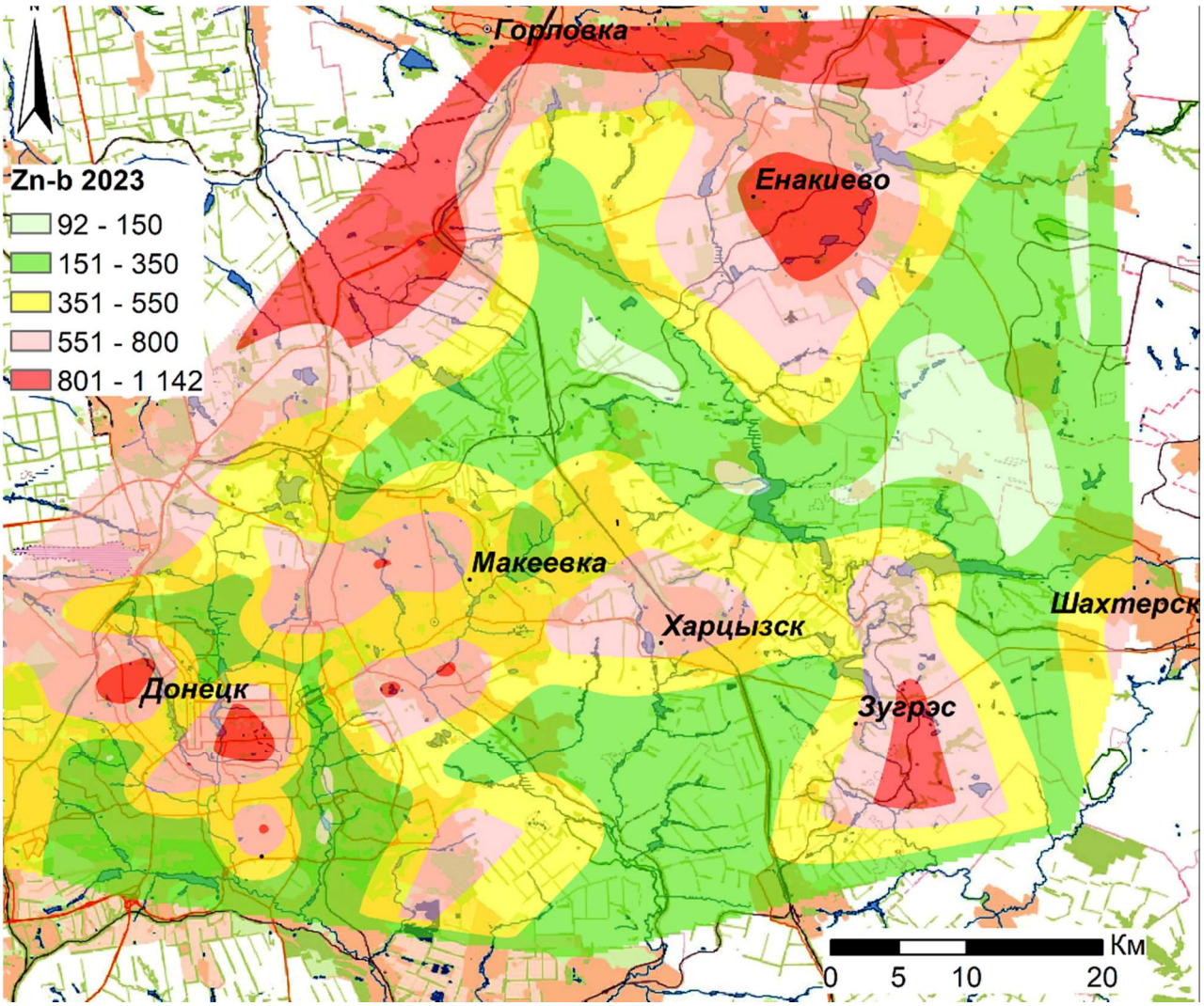


Рис. 6.26 – Специфика распределения показателя концентрирования Zn в гаметофитах мохообразных по состоянию на 2023 г. при идентификации полемостресса в Донбассе

Основное прикладное значение такого эксперимента – гибридная индикация индикаторов, когда при организации мониторинга по проверенным индикаторам могут быть выявлены индикаторы спряжённого значения, имеющие такую же специфику реакции на факторы движущей эволюции в условиях антропотехногенеза.

Поскольку цинк является достаточно широко представленным элементом в биогеохимических циклах промышленно развитого региона (Колесников, 2023в; Фрунзе и Кузьменко, 2023; Kolesnikov, Timoshenko, Varduni, Minnikova, Tsepina, Mandzhieva, Sushkova, Minkina, Rajput, 2024), а также элементом, который по картографическому распределению может указывать на наличие полемостресса (по полученным результатам) в растительных организмах, была поставлена задача 10-летнего ретроспективного анализа по имеющимся лабораторным остаткам частей тератных соцветий в этих точках восстановить данные по содержанию Zn в период до военных событий (2013 г.) – рис. 6.27 и период, претерпевший на сегодня все стадии военных действий (2023 г.), – рис. 6.25, чтобы выявить 10-летнюю динамику изменения этого показателя (рис. 6.28).

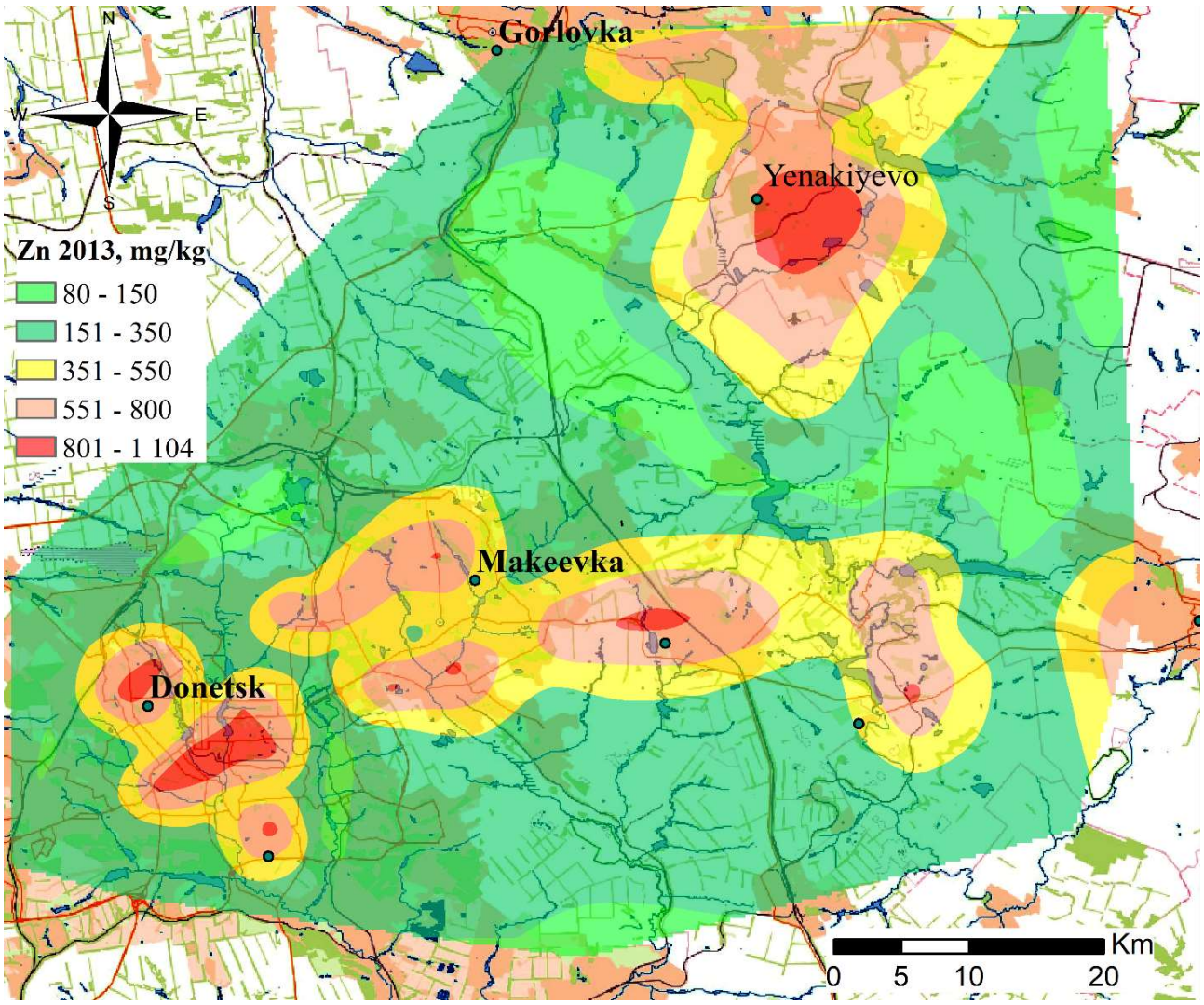


Рис. 6.27 – Фоновое распределение цинка в Донбассе по данным ретроспективного анализа в довоенный период (в растительных образцах 2013 г.)

Цинк является неотъемлемым сопутствующим элементом тяжелой промышленности (Колесников, 2023б; Ермаков, Тютиков, Дегтярев, Гуляева, Данилова, 2022; Ермаков, Тютиков, Дегтярев, Проскурякова, 2019; Ojha, Jaiswal, Thakur, Mishra, 2023; Kabata-Pendias & Mukherjee, 2007; Zhuikova, Meling, Kaigorodova, Bezel', Gordeeva, 2015).

Однако велика и естественная физиологическая потребность растительного организма в Zn (Sava, Zamfirache, Stratu, 2023; He, Niu, Xing, Liang, Song, Ding, Huang, 2024; Muszyńska, Labudda, 2019), возрастающая при условии индуцированного стресса (Wang, Wang, Ma, Liang, Huo, Yang, 2023; Umair Hassan, Huang, Haider, Khan, Noor, Luo, Zhou, Yang, Ul Haq, Iqbal, 2024; de la Paz Pollicelli, Márquez, Idaszkin, 2024 ;Amin, Ahmed Arain, Jahangir, Abbasi, Abbasi, Amin, 2023; Позолотина, Безель, Жуйкова, 2000; Erofeeva, 2022a; Urazgildin & Kulagin, 2022; Moustakas, Dobrikova, Sperdouli, Hanć, Adamakis, Moustaka, Apostolova, 2022), что в случае с открытыми системами Донбасса является вариантом, названным в контексте получаемых результатов и регистрируемых событий полемострессом (Гермонова и Сафонов, 2023б,в, 2024; Гунченко и Сафонов, 2024; Сафонов, 2024б; Safonov, 2023c).

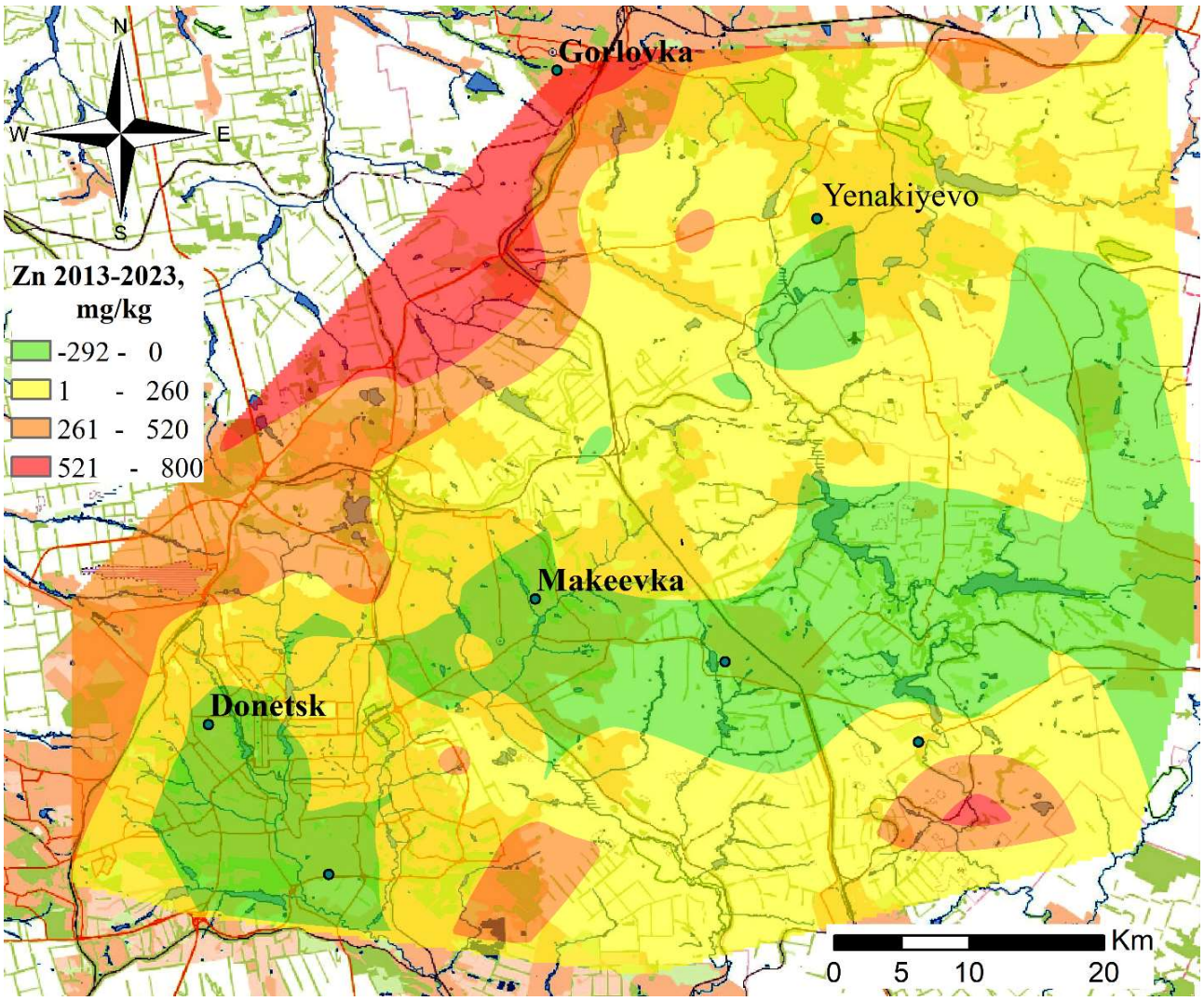


Рис. 6.28 – Динамика фонового распределения цинка в Донбассе по данным анализа в растительных образцах за 10 лет: с 2013 г. по 2023 г.

Следовательно, на примере динамически меняющихся характеристик по накоплению цинка в растительных объектах был отмечен существенный процесс корреляции этого критерия с территориальной предрасположенностью по линии военного соприкосновения. Важно было это регистрировать в период острого противостояния (2022 и 2023 гг.), поскольку (учитывая динамизм ситуации) предполагается дальнейшее продвижение этого фактора (полемостресса) вглубь территории (в 2024 г. и далее), включая тыловые районы, а также диффузный характер рассредоточения в соответствии с миграционными возможностями элементного распределения в биосистемах.

Поскольку в результате как бриологического анализа по видовому разнообразию, затем выделенных закономерностей в морфоструктурных преобразованиях цветковых растений, а также в выявленных закономерностях геохимических миграций зона мониторинговой сети, которая находится в пограничном состоянии с линией непосредственного военного конфликта, было подтверждено, что эффект военных событий в градиенте силы своего проявления по территориальному соответствию может быть установлен по индикаторным характеристикам растений.

В совокупности признаков, позволяющих выделить структурную гетерогенность растений, формы тератных преобразований как правило соотносятся со значениями 9-10, если использовать способ дифференциации пластичности по 10-балльной аддитивной шкале. Если же учитывать общий критерий атипичного полиморфизма, то в большинстве случаев порог этого значения начинается со значения 5, если критерий проходит процедуру шкалообразования в 10 баллов, то есть половина по метрическим признакам, превышающим норму. Если в предыдущих иллюстративных материалах оперировали понятием тератология (для любого морфологически значимого показателя на уровне клетки или нескольких клеток (пыльца, трихомы), тканей, органов, так и всего габитуального уровня – архитектоника надземного побегообразования, крупных соцветий или макроморфологических структур на примере совокупности листьев прикорневой формации или 200-300 цветков в пределах одной особи), то для идентификации фактора полемострессса был сделан расчет по уровню атипичного полиморфизма с детализацией по составляющей шкалы (рис. 6.29-6.31).

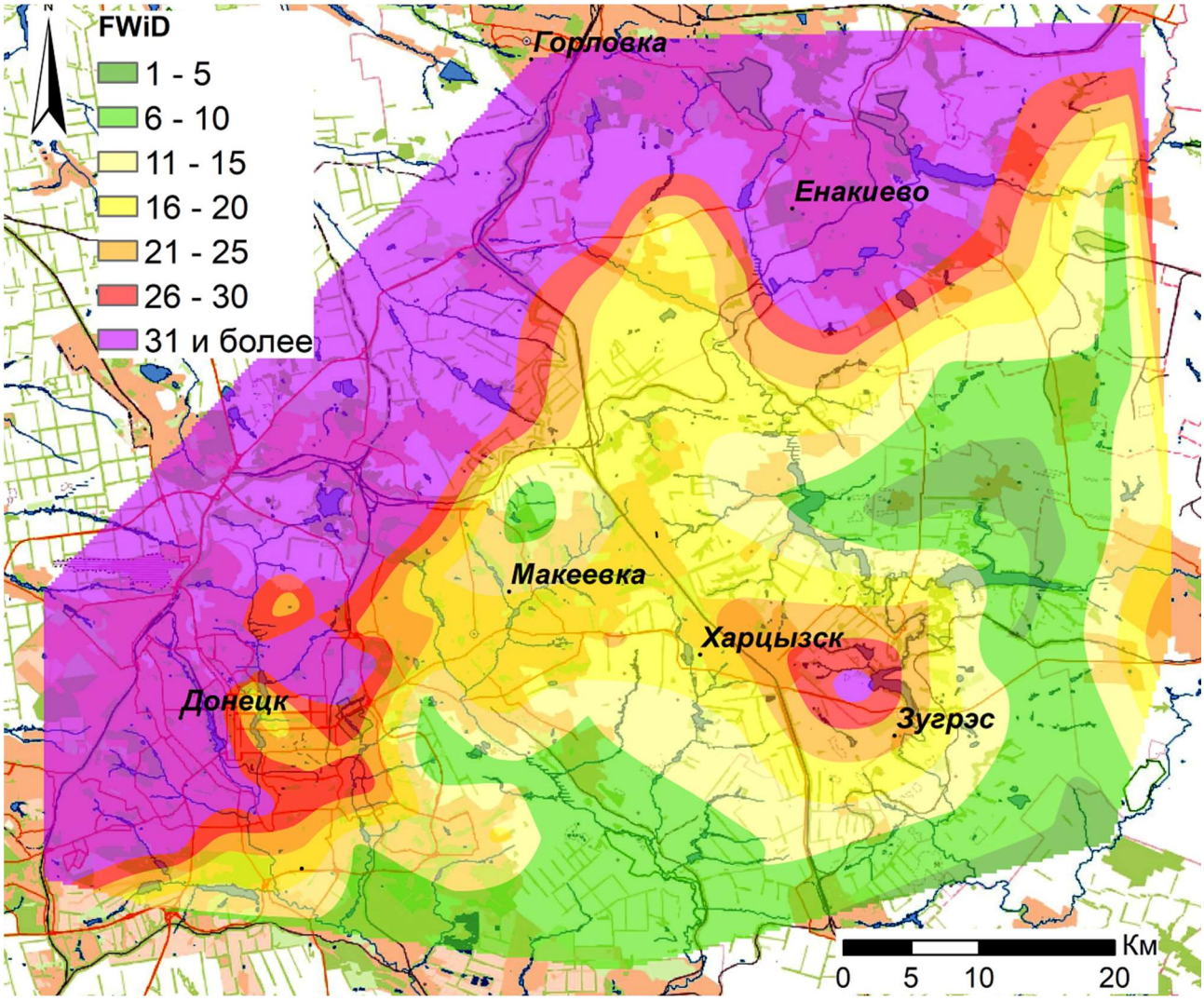


Рис. 6.29 – Идентификация неопатологий растений по атипичному морфогенезу всех индикаторных видов в узлах локализации мониторинговой сети Центрального Донбасса; 2023 г., полемострессс (FWiD), (Гермонова и Сафонов, 2024)

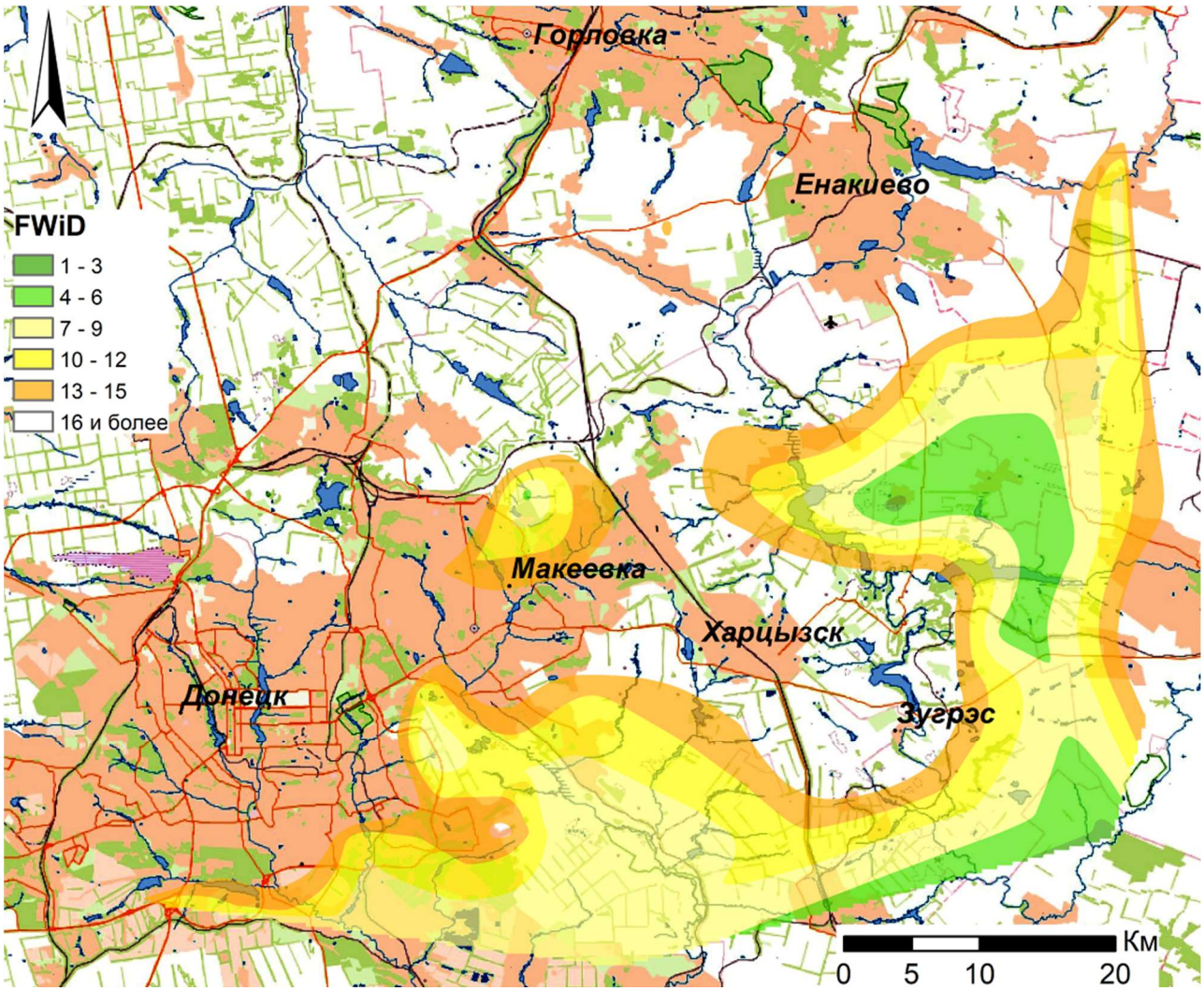


Рис. 6.30 – Идентификация неопатологий растений по атипичному морфогенезу всех индикаторных видов в узлах локализации мониторинговой сети Центрального Донбасса, 2023 г., минимальные значения полемостресса (FWiD), (Гермонова и Сафонов, 2024)

Важно, что картографическое изображение минимальных параметров структурного полиморфизма растений (даже по признакам атипичных конструкций) рассматривается как обнаружение участков всей сети по критерию благоприятных (гармоничных) состояний видов, являющихся индикаторными.

Детализация параметров морфогенеза выделяет принципиальную разницу в разнонаправленных тенденциях при нормализации структурно-функциональных параметров растений-индикаторов (см. рис. 6.30) и (или) в обратную сторону – при дисгармонизации изучаемых признаков (рис. 6.31), индуцируемой, по-видимому, неофакторами окружающей среды. Это наблюдение также является обоснованием считать, что выявленные высокие уровни полиморфизма являются результатом срабатывания механизма защитной реакции на неблагоприятные (с точки зрения первичного состояния) воздействия извне, ранее не характерные для этой местности, а значит запускающие каскад адаптационных процессов, что в функциональном статусе со временем приводит к формированию устойчивых субпопуляционных (ценопопуляционных) приобретений в геолокалитетах.

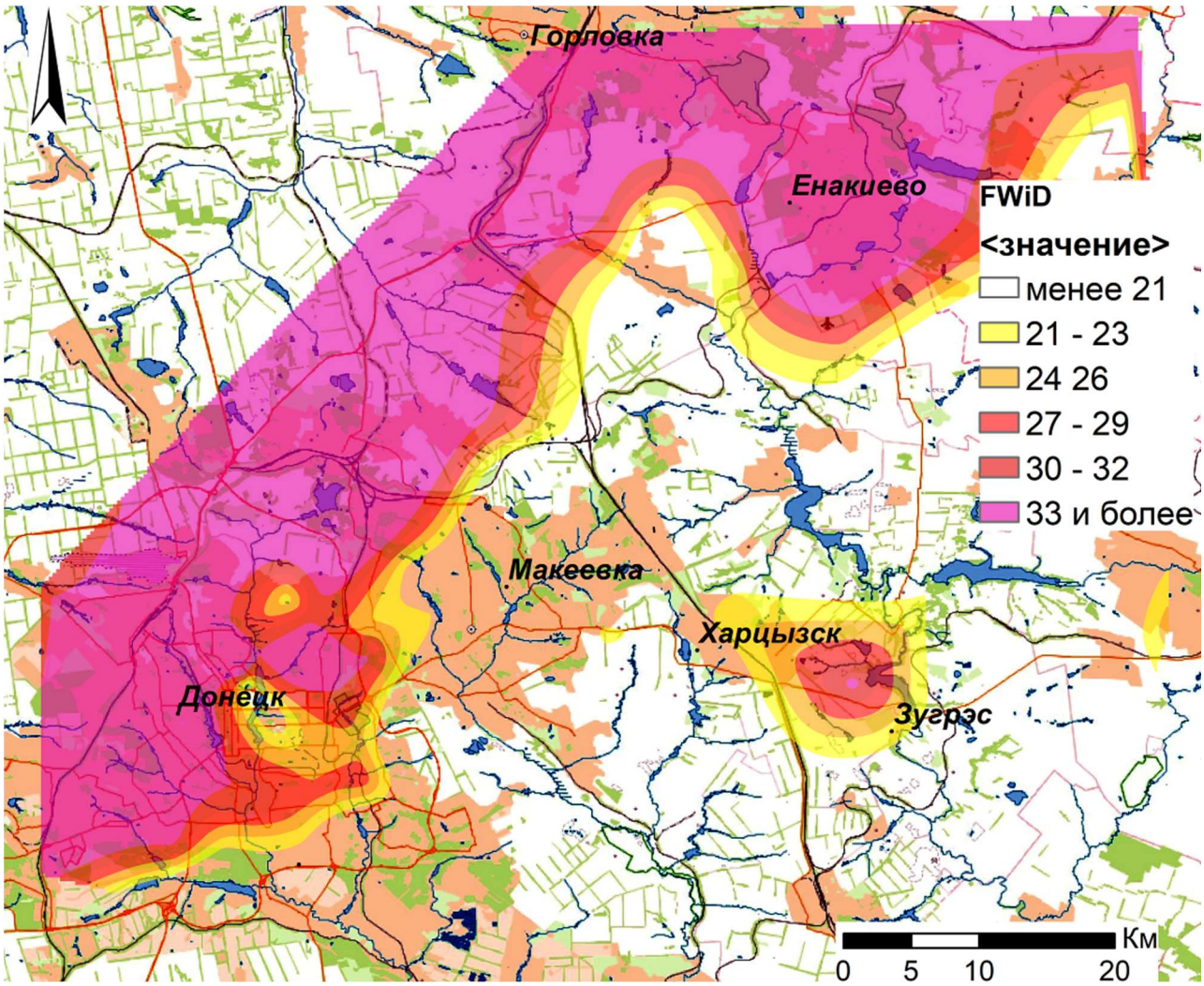


Рис. 6.31 – Идентификация неопатологий растений по атипичному морфогенезу всех индикаторных видов в узлах локализации мониторинговой сети Центрального Донбасса, 2023 г., максимальные значения полемостресса (FWiD), (Гермонова и Сафонов, 2024)

Выявление же участков максимальных показателей атипичного полиморфизма существенным образом сопряжено с резким стрессовым состоянием, которое по статистической совокупности при картографическом анализе идентифицирует сплошную линию полемострессовых напряжений для территории всей сети наблюдений. Маргинальный эффект при анализе сохранения целостности индикаторных структур прослеживается по линии военного конфликта, отмечены территориально контрастные, но неразрывные линии разных стадий полемострессового эффекта для средневысоких интервальных значений предложенной к реализации на практике картографирования шкалы.

В целом полученные результаты и их картографический анализ послужили причиной выделения отдельной главы в представленной работе, поскольку тематика обнаружения новых (нео-эволюционных) вмешательств в экосистемы является первоочередной как в комплексной диагностике состояния природных структур, так и в процедурах по восстановлению нарушенных природно-территориальных комплексов.

Система фитоиндикационной значимости гетерогенна по своему целевому использованию, связана с особенностями экологических проблем на региональном уровне и традициями научных школ в конкретном исследовательском институте, например, в аспекте радиоактивного загрязнения, на урбанизированных территориях, в структурной диагностике промышленных экотопов, биотестировании, при загрязнении почв, с применением геоинформационных технологий, в широкой биоиндикации, экологическом мониторинге, для государственных программ фитоиндикационного назначения, что стратегически важно для территорий глубоких антропогенных трансформаций.

На основании запланированных экспериментов по определению генотоксичности территории существует выделить значимость меристематических совокупностей для фитоиндикационных исследований в промышленном регионе (Сафонов, 2021e) . При смещении фокуса внимания на ткани тотипотентных характеристик в межфазных пограничных переходах и контакте растительного организма с преимущественно токсичной средой для верхнего и нижнего концевого двигателя меняется методология биодиагностических мероприятий и актуализируется структурно-функциональный подход в экологическом мониторинге с помощью растительных организмов.

Межфазные или межграничные агрегатные переходы как правило характеризуются большим разнообразием систем и структур, чем типичные зональные области или гомогенные условия развития – этот эффект можно проследить как на уровне отдельных тканей и систем органов, так и на социо-растительных группировках, например, так описан эффект экотона. Фитоиндикация методически связана с ординационными механизмами оценки среды по экологической валентности в шкалообразовании. В таких условиях исследователь имеет только форму конечного состояния или в лучшем случае может фиксировать динамику уже происходящих процессов. Но если есть возможность прогностически моделировать развитие фитоиндикационного признака задолго до системы его экспрессии, тогда вся программа имеет возможность перестроиться на качественно новые преобразования. В зонах функционирования меристем в большинстве случаев уже закладываются те признаки, которые проявятся через несколько дней, месяцев или даже лет; и абсолютно важно выделить реакцию этих тканей с тотипотентными характеристиками, это применяется в фитотестировании пригодности почв, при подсчете корневого индекса, при рассмотрении стадий формирования трихом на стеблях и листьях, при закладке процесса формирования соцветия, или отдельных листовых примордиев и(или) цветочных почек.

Опыт фитоиндикационного мониторинга в Донбассе позволяет констатировать, что все регистрируемые соматические аномалии имеют генезис и критические этапы собственного проявления, однако исследователь в таких условиях (если проявляемый признак хозяйственно важен или уничижает систему выживания и репродукции) должен своевременно выделить

существующие проявления и иметь возможность корректировать ситуацию в желательных для экологической гармонизации целях. Живая материя, занимая пространство на месте внешней среды, характеризуется отрицательной энтропией и преобразует определенный локус объема в закономерно происходящие процессы внутренней среды. Эти признаки таксоноспецифичны.

В некоторых экспериментах фитоиндикационного содержания было установлено, что от характера функционирования меристем зависит весь процесс выживания конкретной особи, если поставлен опыт по активному мониторингу с использованием тест-организмов, при трансплантационных мероприятиях, реализуемых также с целью биотестирования среды: для воздушной среды по лихенизированным грибам и мохообразным, для водных сред – по реакции точек роста многоклеточных водорослей, для эдафических субстратов – по корневому ответу.

Если степень токсического воздействия превышает пределы выносливости растительного организма, то весь эксперимент по биотестированию находится в условиях неосуществимого задания. В таких случаях первыми реагируют на контактные среды именно функциональные меристемы. В некоторых случаях формируются раневые или каллюсообразовательные инициали как результат срабатывания компенсаторного механизма, обеспечивающего выживание. В дальнейшем, если не произойдет преобразования клеток раневой меристемы в требуемые системы органов верхнего или нижнего концевого двигателя, то фитотест-организм также не проявит своих индикационных признаков по причине гибели. В качестве примеров важности меристематических изучений доказательны случаи: вектор системы прорастания; разрыв защитных тканей семени, плода; уникальность реализации листовых примордиев и генеративных почек; запуск фотосинтетического аппарата; архитектоника побегообразования; тактика настий, листовых и стеблевых мозаик; разнообразие форм ветвления и расположения в водном или воздушном пространстве – архитектоники.

Меристемы, которые в целевом смысле и рассматриваются в качестве совокупности стволовых клеток, формируют вариантные преобразования, которые случайным образом могут иметь преимущества в борьбе за существование и получить временный приоритет в доступе к ресурсу с его средообеспечивающими жизнь функциями во всегда меняющихся экологических условиях.

Следовательно, возрастает функциональный интерес к изучению меристематических образований в фитоиндикационных и биомониторинговых исследованиях в целях своевременной коррекции, построении прогнозных сценариев и успешной реализации экологического эксперимента.

В интегральной и частной оценке состояния природных сред центральным критерием системы загрязнений является геохимический и, как функционально значимые параметры, всегда важно учитывать биогеохимические характеристики. Тестирование генотоксичности условий проживания и жизнедеятельности человека является часто используемой манипуляцией в экологических экспертизах, которые, безусловно, важны для мероприятий по

восстановлению и оптимизации экосистем после завершения стадии критического возмущения в их равновесии. Существуют также серии аналитических программ по оценке мутационной и генотипической активности местности в отделенных последствиях при воздействии на человеческие популяции в результате ведения военных действий, что возможно использовать в перспективе для изучения состояния здоровья жителей Донбасса и сопредельных территорий (Сафонов, 2024а).

Используя накопленный опыт работы с палинологическим материалом растений-индикаторов, отдельные методические подходы в анализе точек роста и клеток-инициалей, данные об актуальном геохимическом контрасте в системе мониторинговой сети Центрального Донбасса, включающие результаты ингредиентного анализа на высокоточном оборудовании, было выделено два принципиальных (и доступных в статистическом учёте) критерия генотоксичности среды: 1) по степени деформации пыльцевых зёрен как наиболее чувствительного биомаркера к аэрополлютантам; 2) по уровню абортивных и деградативных процессов эмбриотоксического значения с учётом индикаторных структур в строении зародышевого аппарата изученных видов растений.

За годы мониторинговых экспериментов в Донбассе было установлено, что выявленные признаки структурной организации растений, имеющие индикаторное значение, пластичны фенотипически. И при смене локации произрастания на следующий год, или 2–3 вегетационных сезона, регистрируемые (в большинстве случаев вегетативные или архитектонические) характеристики, например, в побегообразовании не наследуются, что позволило иметь список индикаторных индексов для биотестирования без имеющихся данных о возможных генотипических эффектах по другим признакам.

В собирательном понимании генотоксичности важны показатели состояния половых клеток, что для цветковых растений модельно демонстративным является свободно парящая в приземном слое атмосферы пыльца (автономный мужской гаметофит на клеточном уровне организации) и меняющая свои морфоструктурные показатели в зависимости от агрессивности её окружающих газовоздушных смесей. Поэтому признаки по дефектному строению пыльцы были положены в основу первого блока характеристик для обнаружения локалитетов потенциальной генотоксичности в Донбассе. Метод реализован в полевых условиях для родов растений: *Berteroa* (L.) DC., *Brassica* L., *Bromopsis* (Leyss.) Holub, *Bromus* L., *Calamagrostis* (L.) Roth, *Capsella* (L.) Medik., *Chelidonium* L., *Convolvulus* L., *Dactylis* L., *Digitaria* (L.) Scop., *Diplotaxis* (L.) DC., *Elytrigia* L., *Diplotaxis* (L.) DC., *Euphorbia* Neck., *Reseda* L., *Sinapis* L., *Sisymbrium* (Murray) Roth, *Thlaspi* L., *Senecio* L. (первой половины вегетационного сезона) и *Ambrosia* L., *Artemisia* L., *Atriplex* L., *Centaurea* Lam., *Chenopodium* L., *Cichorium* L., *Cirsium* (L.) Scop., *Cyclachaena* (Nutt.) Fresen., *Echium* L., *Galinsoga* Cav., *Grindelia* (Purch) Dunal, *Hyoscyamus* L., *Lactuca* (L.) C. A. Mey., *Melilotus* (L.) Pall., *Plantago* L., *Polygonum* L., *Stenactis* Nees., *Tripleurospermum* (L.) Sch. Bip. второй половины вегетационного сезона.

При подготовке картографического материала были выделены зоны с показателем индекса дефектной пыльцы в процентном соотношении к нормальной – более 17% из общей выборки палиносборов. Порог идентификации установлен эмпирически при допущении ценопопуляционной нормы до 7-10% общего объема данных.

Методика работы с пыльцевым материалом и учетом нетипичных проявлений в нём, а также при статистическом учёте эмбриотоксического эффекта как частоты встречаемости тератологической схизокотилии видов-индикаторов из числа цветковых растений и их аберрантных семязачатков была использована в определении потенциальной генотоксичности природных сред и по эмбриотропному критерию фитомониторинга.

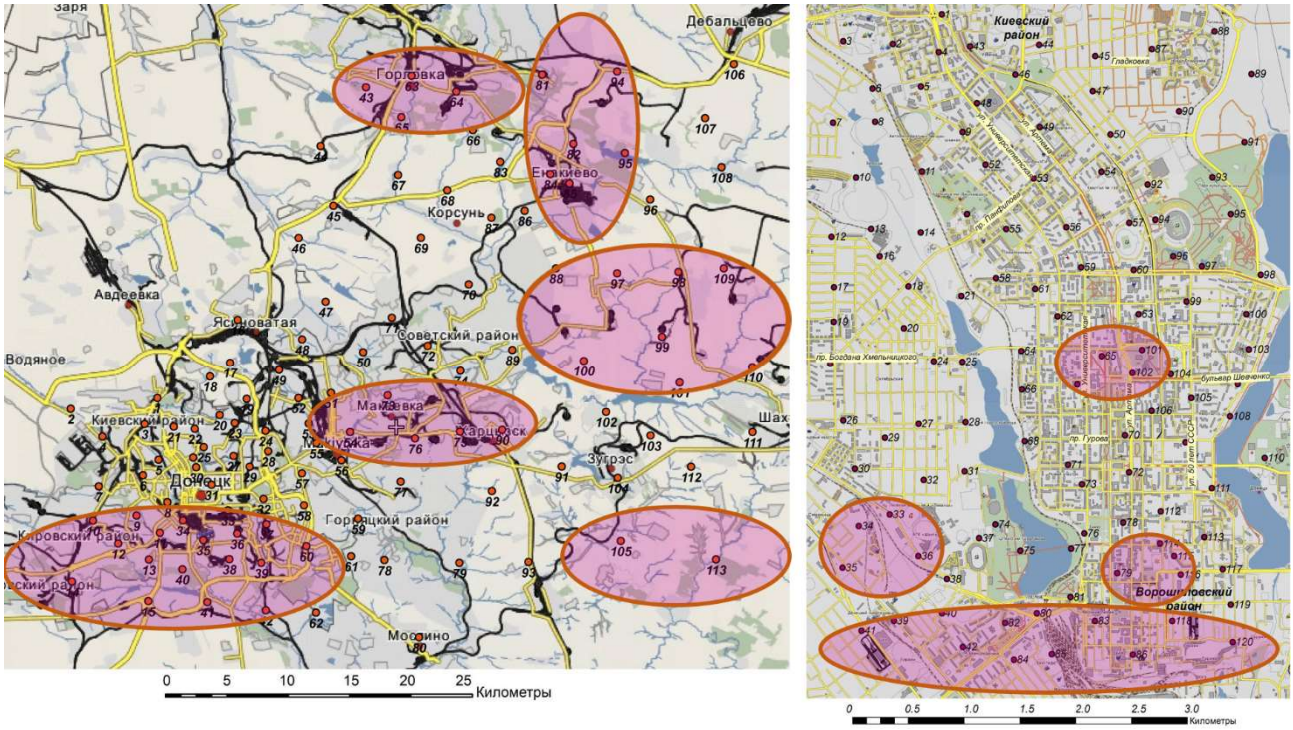
Для картографирования выделяли территории ареольным способом очерчивания в зависимости от регистрации в мониторинговых точках (113 учетных площадок по всей территории Донбасса и дискретных 120 точек – для фрагмента центральных районов г. Донецка) эмбриотоксических эффектов у *Amaranthus retroflexus* L., *Atriplex patula* L., *Berteroa incana* (L.) DC., *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik., *Centaurea diffusa* Lam., *Dactylis glomerata* L., *Diplotaxis muralis* (L.) DC., *Echium vulgare* L., *Plantago lanceolata* L., *Polygonum aviculare* L., *Reseda lutea* L., *Senecio vulgaris* L., *Sisymbrium polymorphum* (Murray) Roth, *Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip.

Пороговым значением для установления генотоксичности по эмбриотропному критерию было эмпирически установлено 16% от анализа всей выборки растений конкретной учетной площадки. При этом значения менее 10% по анализируемому признаку были оценены как ценотическая норма для исследуемой местности. Шкала оценки для всей территории Центрального Донбасса и исключительно урбанизированных территорий была унифицирована.

Несмотря на то, что оба блока критериев (по пыльце и атипичности зародышей) теоретически формируют потенциал для учёта генотоксичности, картографические сведения имеют различный «узор» распределения значений, который, безусловно, нуждается в функциональном осмыслении. Общность обоих совокупных признаков отмечается на отдельных участках урбанизированных экотопов (например, в городах Донецке, Макеевке, Горловке, Енакиево), что для всех вовлеченных в анализ параметров логично с точки зрения не только урбанизации, но и локализации источников промышленных эмиссий металлургического и горнодобывающего циклов производства. Возможно, что данные о пыльцевых критериях нуждаются в детализации на цитогенетическом уровне, включающем молекулярную диагностику, что провести в современных условиях научно-технической базы в регионе не представляется возможным.

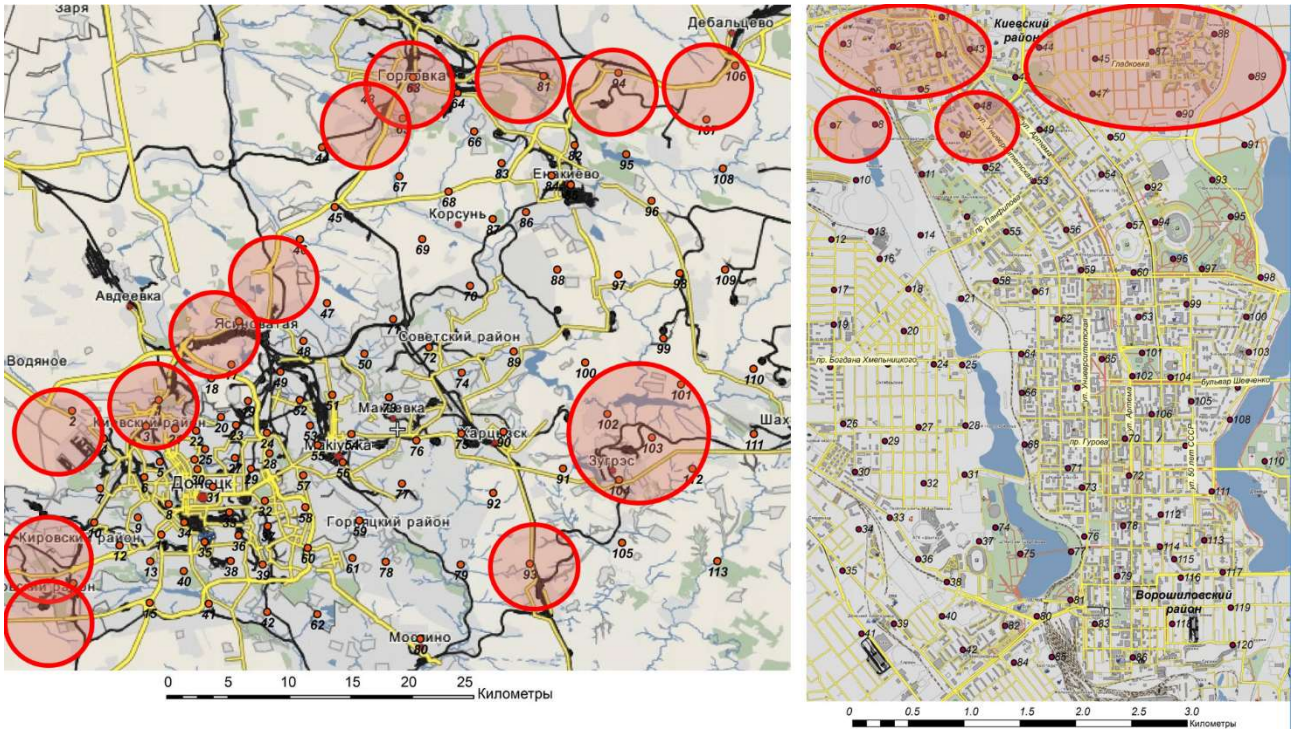
В 2023-2024 гг. были обобщены данные и реализован крупномасштабный эксперимент по выявлению очагов потенциальной генотоксичности. При этом использовали два набора данных: по палинологическому эксперименту (рис. 6.32) и эмбриотоксическим эффектам (рис. 6.33) у растений,

регистрируемых в конкретных узлах общей мониторинговой сети и постов наблюдений в центральных районах г. Донецка.



А Б

Рис. 6.32 – Потенциальная генотоксичность территорий по палинологическому критерию для всей сети (А) и некоторых районов г. Донецка (Б), (Сафонов, 2024а)



А Б

Рис. 6.33 – Потенциальная генотоксичность территорий по эмбриотоксическому критерию для всей сети (А) и некоторых районов г. Донецка (Б), (Сафонов, 2024а)

Определение комплексной токсичности среды по биоиндикаторам также является важной научной проблематикой (Agathokleous & Calabrese, 2022; Bundschuh, 2023; Chandrasekhar & Ray, 2020; Erofeeva, Gelashvili, Rozenberg, 2023; Evstegneeva, Kolesnikov, Timoshenko, Minnikova, Tsepina, Kazeev, 2024).

По теоретическим ожиданиям оба способа оценки среды должны были выявить сходный картографический узор нагрузки на определенные территории, однако пылевой метод оказался неинформативным в идентификации именно нео-фактора полемострессса. Возможна причина таких результатов в специфике получаемого для анализа палиносырья по оседании газовоздушных смесей в ограниченный период времени.

Система распределения повышенных значений частоты встречаемости тератных структур зародышевого аппарата растений-индикаторов на 95% отражает современную ситуацию по воздействию на экосистемы вдоль линии непосредственного соприкосновения с активными боевыми действиями на территории Донбасса. Следовательно, функционально такой критерий более информативен для индикации полемострессса (фактора войны), а также, по-видимому, плотнее сопряжён с токсичностью более консервативной природной среды (по сравнению с воздушной) – эдафическим горизонтом корнеобитания используемых в мониторинге растительных объектов.

Очаги генотоксичности были названы новыми (нео-очаги), поскольку в представленных картографических материалах размещены результаты 2022-2023 гг. исследований. Для этого периода в регионе были зафиксированы радикально новые сценарии геохимической миграционной активности по сравнению с осуществляющимися ранее.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

От прикладной индикации к некоторому обобщению

(*экологический фитомониторинг в фундаментальных процессах*)

1. В условиях повышения геохимической гетерогенности ландшафта увеличивается структурная пластичность растений, проявивших индикаторные свойства.

2. При формировании локальных токсических условий могут возникать специфические новообразования растений, индикаторная роль которых является сигналом для полевой диагностики в реализуемой экспертизе состояния экотопа.

3. В большинстве случаев при суммационных эффектах трансформации экосистем индикаторные признаки растений также суммируются.

4. Если ранжировать ландшафтный профиль по уровню промышленного и (или) токсикогенного импакта, то индикаторные признаки растений по своим коэффициентам значимости также соответствуют установленному ранжированному ряду. Это условие соблюдается в градиенте территориального соответствия до тех пор, пока моно-вектор не пересекается с другими векторами напряжения; в таком случае поля воздействий перекрываются.

5. Доказано, что структурная пластичность растений, используемая в полевой диагностике для большинства описанных примеров, является фенотипической, что позволяет реализовывать долгосрочные мониторинговые наблюдения в условиях динамически меняющихся характеристик среды.

6. В поиске индикаторных признаков важным критерием является систематическая принадлежность в идентификации сходных реакций растений у близкородственных таксонов.

7. Сопряжённый функционально-физиологический процесс прямо или опосредованно имеет признаки преобразований на всей цепи задействованных структур, доступных для анализа в целях мониторинга.

8. Экологическая валентность видов является свойством живой материи отражать меняющиеся условия среды, что доказательно для контрастных характеристик техногенной трансформации экотопов; эта позиция справедлива и для примеров анализа ценопопуляционных структур растений.

9. Если признак в строении растительного организма укладывается в диапазон структурной вариабельности по дискретным данным, то создается устойчивая предпосылка для формирования шкалы структурной пластичности признака с последующей эмпирической перепроверкой для установления интервальных значений соответствующему цифровому индексу.

10. Устойчивость растительного организма может определяться как консервативностью, так и пластичностью структур; в каждом конкретном случае эта закономерность таксоноспецифична и соответствует индивидуальным трендам эволюционных морфогенетических преобразований.

Иллюстративные примеры размещены в экспериментальных разделах.

CONCLUSION

(*ecological phytomonitoring in fundamental processes*)

Donbass is a large industrial centre of Europe, a highly urbanized region with a high level of transformation of the natural environment. In conditions of intensive violation of landscape integrity it becomes necessary to carry out restoration work. But this work can only be implemented with the use of high-quality diagnostics of ecosystems. Therefore, it is necessary to establish the specifics of the violation in each specific case: levels of contamination with toxic elements, the presence of supertoxicants, mechanical disturbance of soil and vegetation cover, and other causes of imbalance in ecotopes. A long-term experimental monitoring of the condition of indicator plants has been implemented in the territory of Central Donbass. The assessment of the degree of disturbance of ecotopes is based on the level of structural plasticity of plants and the results of ingredient analytical control in the indicator tissues of plant organisms.

1. The structural plasticity of plants that have shown indicator properties increases under conditions of increased geochemical heterogeneity of the landscape.

2. Specific plant neoplasms may occur under the formation of local toxic conditions, the indicator role of which is a signal for field diagnostics in the realized expertise of the ecotope state.

3. Indicator features of plants are also summarized in most cases during the summation effects of ecosystem transformation.

4. If a landscape profile is ranked according to the level of industrial and (or) toxicogenic impact, the indicator plant traits by their significance coefficients also correspond to the established ranked series. This condition is met in the gradient of territorial accordance as long as the mono-vector does not intersect with other stress vectors; in this case the impact fields overlap.

5. It is proved that the structural plasticity of plants used in field diagnostics for most of the described examples is phenotypic, which makes it possible to realize long-term monitoring observations under dynamically changing environmental characteristics.

6. In the search for indicator traits, systematicity is an important criterion in identification of similar plant responses in closely related taxa.

7. The associated functional-physiological process directly or indirectly has signs of transformations on the whole chain of involved structures available for analysis for monitoring purposes.

8. Ecological valence of species is a property of living matter to reflect changing environmental conditions, which is proved for contrasting characteristics of anthropogenic transformation of ecotopes; this approach is also true for examples of analysis of cenopopulation structures of plants.

9. If a trait in the structure of a plant organism fits into the range of structural variability according to discrete data, a stable prerequisite for the formation of a scale of structural plasticity of the trait with subsequent empirical rechecking to establish interval values for the corresponding numerical index is created.

10. The stability of a plant organism can be determined by both conservativity and plasticity of structures; in each particular case, this pattern is taxon-specific and corresponds to individual trends of evolutionary morphogenetic transformations.

Illustrative examples are provided in the experimental sections.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Абашев Т.Э., Ашихмина Т.Я., Хето М.Х.* Сравнительная экологическая оценка техногенного воздействия на воздушный бассейн территории Кировской области // Теоретическая и прикладная экология. 2024. № 2. С. 35-47. DOI 10.25750/1995-4301-2024-2-035-047. EDN HIFVIE.
2. *Абрамян Е.А., Сафонов А.И.* Функциональный статус эмбрионального аппарата фитоиндикаторов в г. Донецке: экологические шкалы и обучающий курс // Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет». 2022. Т. 1, № 14. С. 5-10. EDN NZUZIL.
3. *Абрамян Е.А., Сафонов А.И.* Эмбриональные признаки растений-индикаторов г. Донецка // Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет». 2021. Т. 1, № 13. С. 5-9. EDN XSUUAD.
4. *Абрусник М.А., Сафонов А.И.* Аутфитоиндикация промышленных городов и методические приемы её реализации // Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет». 2022. Т. 1, № 14. С. 10-14. EDN CFOUSM.
5. *Абрусник М.А., Сафонов А.И.* Проведение аутфитоиндикации в Донбассе, методико-обучающие вопросы // Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет». 2023. Т. 1, № 15. С. 5-9. EDN TOKGLX.
6. *Абуснайна М.В.* Способы профориентационной работы ботанико-экологического содержания // Качественное экологическое образование. Саратов. 2024. С. 199-203. EDN VMEGGY.
7. *Абуснайна М.В., Сафонов А.И.* Методика обучения индикационной экспертизе в региональном фитомониторинге // Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет». 2022. Т. 1, № 14. С. 14-18. EDN PHLRHE.
8. *Абуснайна М.В., Сафонов А.И.* Организация научной работы в музее кафедры ботаники и экологии ДонГУ // Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет». 2024. Т. 1, № 16. С. 11-15. EDN QOXMCV.
9. *Авраимова Т.В., Сафонов А.И.* Экологические разработки в Донбассе: библиографический учёт и популяризация научных исследований // Научные и технические библиотеки. 2023. № 3. С. 30-42. DOI 10.33186/1027-3689-2023-3-30-42. EDN BLUFHQ.
10. *Агурова И.В., Сыщиков Д.В.* Фиторекультивация как перспективный метод улучшения состояния эдафотопов техногенно нарушенных земель // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. 2021. № 3. С. 61-68. EDN DBPXWI.
11. *Адамович Т.А., Ашихмина Т.Я.* Методы аэрокосмического мониторинга в науке и образовании // Современные вопросы взаимодействия образования, науки и общества. Махачкала. 2019. С. 5-8. EDN MWLIQB.
12. *Алексеева А.А., Баранов С.Д., Беспалова С.В., Бобровский А.С., Дубровина В.А., Евсеева Е.В., Колесник А.В., Кравченко Э.Е., Линтер Д.С., Муза Д.Е., Никитина Е.Н., Онопко О.В., Разумный В.В., Руденко М.В., Свобода С.А., Сторожев В.И., Теркулов В.И., Тримбалюк Л.И., Холмогоров Е.С., Чайка Д.В., Чепига Г.Г., Черкашин К.В., Шишкина Е.Н., Щербинина Е.В.* Доктрина «Русский Донбасс» // Журнал исторических, политологических и международных исследований. 2021. № 1(76). С. 8-61. EDN DCNJJG.
13. *Алемасова А.С., Жебура А.В.* Металлокомплексные модификаторы на основе комплексонатов железа (III), никеля (II), меди (II) в атомно-абсорбционном анализе // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. 2021. № 1. С. 9-16. EDN DOMURJ.
14. *Алемасова А.С., Пенькова Ю.И., Пивоварова А.С., Остапенко Р.В.* Влияние военных действий на содержание некоторых металлов в почве Саур-Могилы, Донбасс // Теоретическая и прикладная экология. 2018. № 3. С. 33-39. DOI 10.25750/1995-4301-2018-3-033-039. EDN VUTTKU.
15. *Алемасова А.С., Сафонов А.И.* Тяжелые металлы в фитосубстратах – индикаторы антропогенного загрязнения воздуха в промышленном регионе // Лесной вестник. Forestry Bulletin. 2022а. Т. 26, № 6. С. 5-13. DOI 10.18698/2542-1468-2022-6-5-13. EDN XRXDNV.
16. *Алемасова А.С., Сафонов А.И.* Экологический мониторинг содержания тяжелых металлов в фитосубстратах индикационной значимости // Биологическая рекультивация и мониторинг нарушенных земель. Сатка. 2022б. С. 12-19. EDN TDPMGG.
17. *Альгузо М.М.С.* Неупорядоченность и неорганизованность в функционировании библиотечно-музейно-архивно-информационных систем // Информационные процессы, системы и технологии. 2024. Т. 5, № 2(30). С. 22-32. DOI 10.52529/27821617_2024_5_2_22. EDN KAICQV.
18. *Андрушко С.В., Гусев А.П.* Исторические аспекты антропогенного воздействия на ландшафты юго-востока Беларуси // Природные ресурсы. 2011. № 2. С. 102-109. EDN HHEUCK.
19. *Аникина Е.А., Корниенко В.О.* Жизнеспособность древесных растений города Макеевки, ДНР // Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет». 2024. Т. 1, № 16. С. 20-26. EDN EIGJKV.
20. *Аникина Н.В., Болысов С.И., Лихачева Э.А., Маккавеев А.Н., Некрасова Л.А., Неходцев В.А., Федорович Д.В., Харченко С.В., Шварев С.В.* Геоморфология городских территорий: конструктивные идеи. Москва. 2017. 176 с. ISBN 978-5-901003-53-4. EDN ZRINHT.

21. *Антропова Л.П., Корниенко В.О.* Жизнеспособность древесных растений города Горловки, ДНР // Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет». 2024. Т. 1, № 16. С. 27-33. EDN AJHSFR.
22. *Анучин Н.В.* Фитомониторинг почв, загрязненных нефтью и нефтепродуктами // Вестник науки. 2024. Т. 5, № 6(75). С. 872-881. EDN HMVRRB.
23. *Афонин А.Н., Баранова О.Г., Кулакова Ю.Ю., Федорова Ю.А., Владимиров Д.Р., Герус А.В., Герус Е.Ю., Григорьевская А.Я., Закота Т.Ю.* Адаптивный потенциал амброзии полыннолистной (*Ambrosia artemisiifolia* L., Asteraceae) в связи с ее продвижением на север: опыт биоклиматического и эколого-географического анализа и моделирования распространения инвазивного вида // Журнал общей биологии. 2022. Т. 83, № 1. С. 71-80. DOI 10.31857/S0044459622010080. EDN NNOFCH.
24. *Афонин А.Н., Баранова О.Г., Сенатор С.А., Федорова Ю.А., Абрамова Л.М., Прохоров В.Е., Бочко Т.Ф., Панасенко Н.Н., Пикалова Н.А., Владимиров Д.Р., Григорьевская А.Я., Ли Ю.С.* Распространение и натурализация *Ambrosia trifida* (Asteraceae) на Европейской территории России // Ботанический журнал. 2022. Т. 107, № 4. С. 350-359. DOI 10.31857/S0006813622020028. EDN HURCXK.
25. *Ашихмина Т.Я.* Экологическая безопасность территорий хранения и уничтожения химического оружия // Наука - производство - технологии - экология. Киров. 2001. С. 200-201. EDN GFYNEY.
26. *Ашихмина Т.Я., Домрачева Л.И., Погорельский И.П., Лещенко А.А., Миронина А.Ю., Лобастов В.С., Сенькин А.В.* Биоремедиация техногенно деградированных земель после завершения специальной военной операции на территории новых субъектов Российской Федерации // Теоретическая и прикладная экология. 2023. № 2. С. 209-217. DOI 10.25750/1995-4301-2023-2-209-217. EDN HABFSM.
27. *Ашихмина Т.Я., Кантор Г.Я., Тимонов А.С., Домнина Е.А., Дабах Е.В., Сырчина Н.В., Кондакова Л.В., Кутявина Т.И., Скугорева С.Г., Огородникова С.Ю., Рутман В.В., Кузнецов Д.А.* Мониторинг атмосферного воздуха в районе предприятий по утилизации опасных промышленных отходов // Теоретическая и прикладная экология. 2023. № 1. С. 38-46. DOI 10.25750/1995-4301-2023-1-038-046. EDN KZUNTF.
28. *Бабурин С.Н.* Ценностный аспект государственного суверенитета русского Донбасса // Уральский форум конституционалистов. Екатеринбург: Уральский ГЮУ, 2023. С. 21-27. EDN JJSUCO.
29. *Бабурин С.Н.* Цивилизационная эффективность суверенитета Русского Донбасса // Журнал исторических, политологических и международных исследований. 2022. № 4(83). С. 146-157. EDN UTQKEL.
30. *Барциц Э.З.* Особенности реализации принципов устойчивого развития в Донецкой Народной Республике // Modern Economy Success. 2021. № 4. С. 210-217. EDN GPPJJX.
31. *Басарыгина Е.М., Деев В.В., Черепухина С.В.* Фитомониторинг в условиях урбанизированного агропроизводства // АПК России. 2020. Т. 27, № 5. С. 772-776. EDN MBKJYH.
32. *Басарыгина Е.М., Деев В.В., Черепухина С.В., Колотыгина Е.А.* Спектрально-оптические свойства листового аппарата в оценке состояния растений // АПК России. 2023. Т. 30, № 5. С. 642-647. DOI 10.55934/10.55934/2587-8824-2023-30-5-642-647. EDN OPBHZU.
33. *Басарыгина Е.М., Лицингер О.Г., Путилова Т.А.* Измерительная система фитомониторинга // АПК России. 2017. Т. 24, № 5. С. 1141-1146. EDN ZXVRCB.
34. *Баширова Ч.Ф., Ямалетдинова К.Ш., Мартынова О.Г., Рахманова С.Т., Ахметшин Р.И.* Графические методы исследования городских зон зеленых насаждений // Инновации и наукоемкие технологии в образовании и экономике. Уфа. 2021. С. 55-61. EDN OZXNNK.
35. *Башкин В.Н., Евстафьева Е.В., Снакин В.В., Алябина И.О., Антипова А.В., Бражникова О.И., Воробьев В.В., Воробьева И.Б., Галиулин Р.В., Дубинина С.С., Ермаков В.В., Иванов Ю.Г., Козлов М.Я., Кочуров Б.И., Кудеярова А.Ю., Кузовникова Т.А., Кречетов П.П., Макаров С.В., Мамитко А.В., Мартынов А.В. и др.* Биогеохимические основы экологического нормирования. Москва. Наука, 1993. 304 с. EDN TNAMFZ.
36. *Безденежных К.А., Кондакова Л.В.* Альгологическая оценка почв в районе объекта хранения и уничтожения химического оружия «Марадыковский» после прекращения его функционирования // Актуальные проблемы биологии и экологии. Сыктывкар. 2019. С. 9-12. EDN WEMZKV.
37. *Безель В.С., Жуйкова Т.В., Гордеева В.А., Голоушкина Е.В.* Биогеохимия импактных регионов: роль эдафических и фитоценотических факторов среды // Геохимия. 2020. Т. 65, № 10. С. 998-1008. DOI 10.31857/S0016752520100040. EDN TNDTBU.
38. *Безель В.С., Жуйкова Т.В., Гордеева В.А., Мелинг Э.В., Трубянов А.Б., Глотов Н.В.* Надземная фитомасса и скорость деструкции растительных остатков в травянистых сообществах при загрязнении почвы тяжелыми металлами // Экология. 2016. № 4. С. 264-269. DOI 10.7868/S0367059716040089. EDN WAMLXL.
39. *Белоновская Е.А., Чендев Ю.Г., Царевская Н.Г., Титова С.В., Тишков А.А.* Подходы и методы формирования экологического каркаса староосвоенного степного региона (на примере Белгородской области) // Вопросы степеведения. 2024. № 2. С. 4-13. DOI 10.24412/2712-8628-2024-2-4-13. EDN OUEBNP.
40. *Беспалова С.В., Бобровский А.С., Колесник А.В., Конов Д.В., Муза Д.Е., Онопко О.В., Половян А.В., Полшков Ю.Н., Разумный В.В., Руденко М.В., Сторожев В.И., Теркулов В.И., Щербинина Е.В.* Русский Донбасс: исторические, духовно-интеллектуальные и экономические основы. Донецк. 2021. 288 с. EDN VVOJAP.
41. *Беспалова С.В., Горецкий О.С., Рева М.В., Прокопенко Е.В., Сафонов А.И.* Аспекты изучения биоразнообразия в Центральном Донбассе: инвентаризация, оценка природных сред, регистрация

антропогенных трансформаций // Степная Евразия – устойчивое развитие. Ростов-на-Дону: ЮФУ, 2022. С. 179-181. EDN LUJGKG.
42. *Беспалова С.В., Романчук С.М., Чуфицкий С.В.* Параметры флуоресценции и динамика роста культуры *Chlorella sorokiniana* при различном содержании биогенных веществ // Актуальные вопросы биологической физики и химии. 2020. Т. 5, № 3. С. 511-516. EDN RKWDYN.
43. *Беспалова С.В., Романчук С.М., Чуфицкий С.В.* Флуориметрия хлорофолла фитопланктона и другие методы в мониторинге водных объектов Донбасса // Мониторинг состояния и загрязнения окружающей среды. Москва. 2017. С. 355-356. EDN ZNIUAX.
44. *Беспалова С.В., Романчук С.М., Чуфицкий С.В., Перебейнос В.В., Готин Б.А.* Флуориметрический анализ влияния шламовых загрязнителей на фитопланктон // Биофизика. 2020. Т. 65, № 5. С. 994-1002. DOI 10.31857/S0006302920050178. EDN XWCDBX.
45. *Беспалова С.В., Сафонов А.И.* Математическое моделирование в системе экологического фитомониторинга Донбасса // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2023. № 1-2. С. 6-12. EDN KUQQSL.
46. *Беспалова С.В., Чуфицкий С.В., Романчук Н.В., Саакян О.Н.* Воздействие сточных вод угольных шахт на качество воды реки Ольховая // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2018а. № 3-4. С. 152-159. EDN YSXHVR.
47. *Беспалова С.В., Чуфицкий С.В., Романчук С.М., Кривякин А.С.* Биомониторинг поверхностных вод в условиях антропогенной нагрузки на примере реки Кальмиус // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. 2018б. № 3-4. С. 137-145. EDN VSNTJC.
48. *Бетехтина А.А., Некрасова О.А., Учаев А.П., Некрашевич П.С., Малахеева А.В., Радченко Т.А., Дубровин Д.И., Петрова Т.А., Веселкин Д.В.* За 50 лет зарастания отвала золы содержание азота и фосфора изменилось в эмбриоземе, но не изменилось в растениях // Экология. 2023. Т. 4, № 4. С. 281-290. DOI 10.31857/S0367059723040042. EDN RQCRXX.
49. *Биоиндикация*: информационная ботаника / А. И. Сафонов. Донецк: ДонНУ, 2018. 106 с.
50. *Бойко Н.В., Сафонов А.И.* Тератогенность эдафотопа по семядольному аппарату *Taraxacum officinale* (L.) Webb ex Wigg // Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет». 2019. Т. 1, № 11. С. 11-15. EDN WIRGWI.
51. *Бойко Н.В., Фесенко О.О., Медяник А.С., Сафонов А.И.* Палинографические результаты для некоторых фитоиндикаторов Донбасса // Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет». 2020. Т. 1, № 12. С. 27-31. EDN INELET.
52. *Бойко Э.В., Новожилова Е.В.* Скульптура поверхности перикарпия и тесты *Doronicum* (Senecioneae: Asteraceae) // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии. 2024. № 23-1. С. 28-31. DOI 10.14258/pbssm.2024006. EDN KOLNYE.
53. *Бондарь Е.Н., Ночвина Т.С., Цеплая Е.А., Сафонов А.И.* Бриобионты городских агломераций Донбасса // Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет». 2020. Т. 1, № 12. С. 31-35. EDN PIRXKS.
54. *Бондарь Е.Н., Сафонов А.И.* Мохообразные Донбасса как объект выставочной работы // Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет». 2023а. Т. 1, № 15. С. 29-33. EDN CVEDQF.
55. *Бондарь Е.Н., Сафонов А.И.* Сценарии трансформации жизненных стратегий бриобионтов-патиентов в геохимически контрастной среде // Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов. Донецк. 2023б. С. 26-27. EDN XWCJJY.
56. *Бондарь Е.Н., Сафонов А.И.* Фрагмент бриотеки городских агломераций Донбасса // Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет». 2021. Т. 1, № 13. С. 19-23. EDN QWMODZ.
57. *Ботаника*: технология практической деятельности: учебник / А.И. Сафонов. Донецк: ДонНУ, 2019. 409 с.
58. *Бровец А.И., Теркулов В.И.* Дешифровальный стимул как основа синхронного подхода к аббревиации в условиях конситуативного семиозиса // Актуальные проблемы филологии и педагогической лингвистики. 2023. № 1. С. 70-80. DOI 10.29025/2079-6021-2023-1-70-80. EDN VEKOFL.
59. *Бузук Г.Н.* 2D непараметрическая (kernel) регрессия в анализе растительных сообществ с помощью экологических шкал H. Ellenberg // Вестник фармации. 2023. № 3(101). С. 19-30. DOI 10.52540/2074-9457.2023.3.19. EDN SDNPPC.
60. *Бузук Г.Н.* Комплексный способ расчета режимов экологических факторов среды (экологического пространства) растительных сообществ для амплитудных экологических шкал // Вестник фармации. 2021. № 2(92). С. 48-58. DOI 10.52540/2074-9457.2021.2.48. EDN VKADCY.
61. *Бузук Г.Н.* Определение экологического пространства растительных сообществ методом идеального индикатора с помощью объединенных Европейских экологических шкал H. Ellenberg // Вестник фармации. 2023. № 2(100). С. 72-81. DOI 10.52540/2074-9457.2023.2.72. EDN CCLPJM.
62. *Бузук Г.Н.* Фитоиндикация с применением экологических шкал и регрессионного анализа: экологический индекс // Вестник фармации. 2017. № 2(76). С. 31-37. EDN ZEWGHP.

63. *Бузук Г.Н.* Фитоиндикация с применением экологических шкал и регрессионного анализа: сравнение методик расчета // Вестник фармации. 2018. № 4(82). С. 38-43. EDN PPXTFW.
64. *Бузук Г.Н., Созинов О.В., Цвирко Р.В.* Лимитирующие факторы для фитоценозов: технология оценки (на примере сосновых лесов центральной Беларуси) // Социально-экологические технологии. 2017. № 1. С. 27-40. EDN ZBKPUX.
65. *Булохов А.Д., Анищенко Л.Н., Панасенко Н.Н., Семенищенков Ю.А.* Содержание тяжелых металлов в водных и прибрежно-водных экосистемах юго-западных районов Брянской области // Вестник Брянского государственного университета. 2012. № 4-1. С. 57-60. EDN TTUEBB.
66. *Булохов А.Д., Анищенко Л.Н., Панасенко Н.Н., Семенищенков Ю.А., Сковородникова Н.А.* Тяжелые металлы компонентов луговых ценозов в условиях техногенной нагрузки // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 3. С. 612. EDN SYZSQX.
67. *Булохов А.Д., Купреев В.Э., Семенищенков Ю.А., Харин А.В.* Об ассоциации разнотравно-мелкозлаковых псаммофитных лугов с доминированием *Agrostis capillaris* L. в Южном Нечерноземье России // Разнообразие растительного мира. 2024. № 1(20). С. 46-61. DOI 10.22281/2686-9713-2024-1-46-61. – EDN LRYVSV.
68. Бывальцева П.В. Экологические стратегии выживания растений // Научные труды Ижевской ГСХА. Ижевск. 2017. С. 17-20. EDN YOVMAX.
69. *Васильева Н.Н., Сафонов А.И.* Метод датировки поверхностей по изучению бриофитов в Донецке // Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет». 2024. Т. 1, № 16. С. 50-54. EDN OEKTRQ.
70. *Ватьян К.А., Прошунина К.А.* Ландшафтный компонент в структуре делового центра // Потенциал интеллектуально одаренной молодежи – развитию науки и образования. Астрахань. 2021. С. 184-189. EDN WENRMT.
71. *Владимиров Д.Р., Айникеева В.И., Лаенко А.В., Богунова Я.Д., Спиридонова Н.С., Корякова И.В.* Использование платформы iNaturalist в образовательном процессе // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. 2021. № 2. С. 80-85. DOI 10.17308/geo.2021.2/3451. EDN OEIIWZ.
72. *Владимиров Д.Р., Гладилин А.А., Гнеденко А.Е., Глухов А.И., Грудинская В.А., Здравчев Н.С., Лебедев П.А., Минин А.А., Мироненко И.В., Сенатор С.А., Симакова К.А., Тихомирова А.В., Шайкина М.Н., Шипилина Л.Ю., Ширяев А.Г., Юрманов А.А., Янцер О.В.* Методика ведения фенологических наблюдений. СПб. 2023. 208 с. ISBN 978-5-206-00084-9. EDN HRYVJA.
73. *Волдаева С.Ю., Волкова Е.М.* Гербарий ТулГУ как основа для мониторинга флоры Тульской области // Вестник Тульского государственного университета. Тула. 2021. С. 607-612. EDN HCCCPX.
74. *Волкова Е.М., Бурова О.В., Розова И.В.* Восстановление степной растительности Куликова поля: методы и результаты экспериментов. Тула: ТулГУ, 2022. 61 с. ISBN 978-5-7679-4986-1. EDN MXCLKM.
75. *Волкова Е.М., Полянчева С.А., Розова И.В., Бурова О.В.* Экспериментальное восстановление степной растительности Куликова поля (Тульская область): некоторые итоги оценки ценотического разнообразия // Известия Тульского государственного университета. Естественные науки. 2020. № 4. С. 49-64. DOI 10.24411/2071-6176-2020-10406. EDN YTVAVB.
76. *Гаврилов В.Л., Немова Н.А., Резник А.В., Косарев Н.С., Колесников А.А.* О необходимости комплексной геоэкологической оценки техногенно нарушенных горными работами земель // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2023. Т. 334, № 10. С. 76-87. DOI 10.18799/24131830/2023/10/4212. EDN YMLJFC.
77. *Галактионова Е.В., Тлеубергенова Г.С., Рачкаускене Е.В., Сафонов А.И.* Ресурсы полезных растений на территории Северо-Казахстанской области и пригородной зоны г. Петропавловска // Актуальные проблемы естественных наук. Петропавловск: Северо-Казахстанский университет им. М. Козыбаева, 2024. С. 32-37. EDN JZOGAR.
78. *Геоэкология*: учебник / А.И. Сафонов. Донецк: ДонНУ, 2020. 462 с.
79. *Гермонова Е.А.* Зонирование территории Центрального Донбасса по критериям экологического фитомониторинга // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. 2021. № 4. С. 77-82. EDN UHCKKA.
80. *Гермонова Е.А.* Картографическая визуализация альфа- и бета-разнообразия фитоэкологических индикаторов Центрального Донбасса // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2021. № 3-4. С. 6-12. EDN QMTAMY.
81. *Гермонова Е.А., А.И. Сафонов.* Геоинформационная визуализация данных по атипичному морфогенезу растений экотопов Донбасса // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2023а. № 1-2. С. 13-22. EDN QECLTU.
82. *Гермонова Е.А., Сафонов А.И.* Анализ ботанико-экологической информации по геолокации в промышленном Донбассе // Донецкие чтения 2019: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности. Донецк. 2019а. С. 202-204. EDN XFYXFQ.

83. *Гермонова Е.А., Сафонов А.И.* Визуализация микроклиматических изменений индикаторных признаков в локальных популяциях растений г. Донецка // Глобальные климатические изменения: региональные эффекты, модели, прогнозы. Воронеж. 2019б. С. 39-40. EDN JJEZIX.
84. *Гермонова Е.А., Сафонов А.И.* ГИС-фитоиндикация при анализе факторов войны: полемострессе в Донбассе // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем. Киров: Вятский государственный университет, 2023б. С. 36-41. EDN FWJYJH.
85. *Гермонова Е.А., Сафонов А.И.* Детализация результатов фитомониторинга полемострессса в Донбассе с использованием ГИС-технологий // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2024. № 1. С. 8-14. EDN KESXAO.
86. *Гермонова Е.А., Сафонов А.И.* Картографическая модель фактора полемострессса в Донбассе // Донецкие чтения 2023: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности. Донецк. 2023в. С. 52-54. – EDN CVSJJV.
87. *Глинянова И.Ю., Азаров В.Н., Городничая А.Н., Мельченко А.И., Фомичев В.Т.* Фитомониторинг и промышленный экофитодизайн: новый подход в обеспечении экологической безопасности городской среды // Социология города. 2018. № 3. С. 83-93. EDN YPUIBF.
88. *Глухов А.З., Агурова И.В., Прохорова С.И., Хархота А.И.* Жизнеспособность популяций *Silene supina* M. Bieb. на отвалах угольных шахт Донбасса // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2010. № 1(10). С. 26-33. EDN GPJXEW.
89. *Глухов А.З., Сафонов А.И.* Методологические аспекты фитомониторинга в антропогенно трансформированной среде // Донецкие чтения 2023: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности. Донецк. 2023. С. 58-59. – EDN QFUQBM
90. *Глухов А.З., Сафонов А.И.* Перспективы проведения фитоиндикационного мониторинга техногенно трансформированных экотопов // Промышленная ботаника. 2002. Т. 2. С. 7-14. EDN LSYLJM.
91. *Глухов А.З., Сафонов А.И.* Экосистемное нормирование по данным фитоиндикационного мониторинга // Донецкие чтения 2016. Образование, наука и вызовы современности. Донецк. 2016. С. 311-312. EDN YUAPAY.
92. *Глухов А.З., Хархота А.И.* Растения в антропогенно трансформированной среде // Промышленная ботаника. 2001. Т. 1. С. 5-10. EDN WUKUTD.
93. *Глухов А.З., Хархота А.И.* Современная концепция развития промышленной ботаники // Промышленная ботаника. 2006. № 6. С. 3-14. EDN YJOSWU.
94. *Глухов А.З., Хархота А.И., Агурова И.В., Прохорова С.И.* О применении популяционных биомаркеров травянистых растений в мониторинге фиторекультивации техногенных земель // Промышленная ботаника. 2010. Т. 10. С. 3-10. EDN SQFOIH.
95. *Глухов А.З., Хархота А.И., Назаренко А.С., Лиханов А.Ф.* Тератогенез растений на юго-востоке Украины. Донецк. 2005. 179 с.
96. *Глухов А.З., Хархота А.И., Прохорова С.И., Агурова И.В.* Стратегии популяций растений в техногенных экосистемах // Промышленная ботаника. 2011. Т. 11. С. 3-13. EDN ZDGPJZ.
97. *Глухов А.З., Хархота А.И., Прохорова С.И., Агурова И.В.* Фитоадаптивная типизация техногенных экотопов // Промышленная ботаника. 2012. Т. 12. С. 3-11. EDN STIPDV.
98. *Глухов О.З., Сафонов А.І., Хижняк Н.А. Фітоіндикація* металопресингу в антропогенно трансформованому середовищі. Донецьк: Норд-Пресс, 2006. 360 с.
99. *Голуб В.Б.* Использование геоботанических описаний в качестве коллекции образцов для классификации растительности // Растительность России. 2011. № 17-18. С. 70-83. EDN NRTHOJ.
100. *Голуб В.Б.* Леонтий Григорьевич Раменский и его время: жизнь и труды. Санкт-Петербург: Марафон, 2022. 292 с. ISBN 978-5-903343-26-3. EDN VETBHU.
101. *Голубев Ф.В., Ермаков В.В., Тютиков С.Ф.* Особенности аккумулирования металлов растениями бассейна реки Ардон (Северная Осетия) // Фундаментальные основы биогеохимических технологий и перспективы их применения в охране природы, сельском хозяйстве и медицине. Тула. 2021. С. 353-357. EDN WAOHPR.
102. *Гончарова К.С., Загорная Т.О., Коломыцева А.О.* Моделирование сценариев адаптации региональных социоэколого-экономических систем к глобальным изменениям климата // Journal of Applied Economic Research. 2023. Т. 22, № 4. С. 1006-1033. DOI 10.15826/vestnik.2023.22.4.039. EDN ATFYHX.
103. *Горелова С.В., Волкова Е.М.* Физиологические параметры древесных растений как основа для биоиндикации и биомониторинга состояния естественных и антропогенных экосистем // Известия Тульского государственного университета. Естественные науки. 2015. № 3. С. 271-283. EDN UMEKSF.
104. *Горелова С.В., Волкова Е.М., Фронтасьева М.В.* Биоиндикация и биомониторинг антропогенного загрязнения экосистем с использованием биогеохимических характеристик листьев древесных растений (на примере Тульской области) // Известия Тульского государственного университета. Естественные науки. 2015. № 4. С. 232-247. EDN VBYNYL.
105. *Горецкий О.С., Столярова Т.П., Сафонов А.И.* К 100-летию основателя Донецкого ботанического сада М.Л. Ревы (1922-1996) // Историко-биологические исследования. 2023. Т. 15, № 1. С. 187-204. DOI 10.24412/2076-8176-2023-1-187-204. EDN CHZGFD.

106. *Горецкий О.С., Столярова Т.П., Сафонов А.И.* К 115-летию выдающегося биолога Фёдора Львовича Щепотьева (1906-2000) // Историко-биологические исследования. 2021. Т. 13, № 4. С. 169-183. DOI 10.24412/2076-8176-2021-4-169-183. EDN ZUJVDA.
107. *Григорьевская А.Я., Стародубцева Е.А., Владимиров Д.Р., Лепешкина Л.А., Лисова О.С.* Оценка биологического загрязнения локальных флор особо охраняемых природных территорий Воронежской области // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. 2017. № 1. С. 85-92. EDN YKOJLB.
108. *Громяк И.Н., Догадкин Д.Н., Голубев Ф.В., Колотов В.П.* Исследование элементного состава почв и растений Садоно-Унальской котловины методами АЭС-ИСП и МС-ИСП // IV Всероссийская конференция по аналитической спектроскопии. Краснодар. 2023. С. 244. – EDN GVVFSI.
109. *Груммо Д.Г., Зеленкевич Н.А.* Фитоиндикационное картографирование: теоретические аспекты метода и применение при мониторинге природных экосистем // Ботаника. Исследования. 2023. № 52. С. 38-70. EDN NVXICA.
110. *Губарев А.А., Чуфицкий С.В., Романчук С.М.* Моделирование изменения концентрации хлорофилла фитопланктона в проточном водоеме под действием токсиканта // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2021. № 1-2. С. 119-132. EDN TOINOM.
111. *Гунченко И.А., Сафонов А.И.* Диагностика и фитотестирование эдафотопов Донбасса вследствие милитаризации региона // Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет». 2023. Т. 1, № 15. С. 39-42. EDN FBWIRV.
112. *Гунченко И.А., Сафонов А.И.* Полемостресс в Донбассе: постановка эксперимента // Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет». 2024. Т. 1, № 16. С. 60-65. EDN IYJHBJ.
113. *Гурина А.В., Чуфицкий С.В.* Оценка токсичности поверхностных вод методом биотестирования на культуре *Chlorella sorokiniana* // Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет». 2023. Т. 1, № 15. С. 43-46. EDN SUNRZG.
114. *Гусев А.П.* Индикаторы риска негативных реакций полесских ландшафтов на изменения климата // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. 2023а. № 4. С. 15-22. DOI 10.17308/geo/1609-0683/2023/4/15-22. EDN KSZIZV.
115. *Гусев А.П.* Комплексирование фитоиндикации и геоэлектрического метода для оценки загрязнения геологической среды (на примере полигона химических отходов) // Вектор ГеоНаук. 2022. Т. 5, № 1. С. 65-73. DOI 10.24412/2619-0761-2022-1-65-73. EDN CVUWKG.
116. *Гусев А.П.* Оценка риска деградации лесных геосистем под воздействием загрязнения атмосферы на основе съемки сенсора TROPOMI спутника Sentinel-5P (на примере восточной части Белорусского Полесья) // Российский журнал прикладной экологии. 2023б. № 1(33). С. 10-15. DOI 10.24852/2411-7374.2023.1.10.15. EDN SSWNDA.
117. *Гусев А.П., Андрушко С.В., Моляренко В.Л.* Индикационная диагностика загрязнения геологической среды в зоне влияния полигона химических отходов // Закономерности трансформации экологических функций геосфер крупных горнопромышленных регионов. Гомель. 2022. С. 26-33. EDN LRQLPR.
118. *Гусев А.П., Крупянко В.Г.* NDVI как индикатор антропогенной динамики локальных геосистем // Закономерности трансформации экологических функций геосфер крупных горнопромышленных регионов. Гомель. 2022. С. 66-71. – EDN KZNSAH.
119. *Дабах Е.В., Ашихмина Т.Я., Кантор Г.Я., Тимонов А.С., Домнина Е.А.* Мониторинг почв в районе предприятий по утилизации опасных промышленных отходов // Теоретическая и прикладная экология. 2024. № 1. С. 82-89. DOI 10.25750/1995-4301-2024-1-082-089. EDN QZYVIM.
120. *Девятов А.Г., Калиниченко И.М.* Карпология в Московском университете. Вторая половина XX века–начало XXI века // Ботанический журнал. 2021. Т. 106, № 8. С. 815-827. DOI 10.31857/S0006813621080020. EDN LAJVRP.
121. *Дегтярёв А.П., Тютиков С.Ф., Гуляева У.А., Данилова В.Н., Ермаков В.В.* Оценка подвижности металлов в почвенно-растительном комплексе природно-техногенных аномалий Садонского рудного района (Северная Осетия) // Биохимические инновации в условиях коррекции техногенеза биосферы. Тирасполь. 2020. С. 76-83. EDN DNMDHE.
122. *Демина О.Н., Дмитриев П.А., Купрюшкин Д.П., Северова Е.Э.* Амброзия полыннолистная (*Ambrosia artemisiifolia* L.) и палиноэкологический мониторинг // Валеология. 2011. № 4. С. 10-13. EDN ONZQSX.
123. *Демьяненко Т.В.* Оценка степени варьирования основных морфометрических признаков у *Pseudolysimachion longifolium* (L.) Opizв различных рекреационных зонах г. Донецка // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2021. № 1-2. С. 12-16. EDN OZOUBH.
124. *Демьяненко Т.В.* Роль гербарной коллекции в обучении специалистов в высших учебных заведениях // Донецкие чтения 2021: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности. Донецк. 2021. С. 68. EDN RYYAXI.

125. *Демьяненко Т.В., Витязь Е.М.* Перспективы создания электронного гербария в Донецком государственном университете // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. 2023. № 1. С. 91-97. EDN EFUIIB.
126. *Демьяненко Т.В., Наумова Е.М.* Варьирование морфометрических показателей у некоторых видов рода *Centaurea* // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2018. № 3-4. С. 6-14. EDN YSXHPV.
127. *Догадкин Д.Н., Громяк И.Н., Голубев Ф.В., Тюрин Д.А., Колотов В.П.* Выбор внутреннего стандарта при анализе методом МС-ИСП растений и почв в местах добычи полиметаллических руд // IV Всероссийская конференция по аналитической спектроскопии. Краснодар. 2023. С. 115. EDN NMDAIL.
128. *Домрачева Л.И., Ковина А.Л., Коротких А.И., Скугорева С.Г., Ашихмина Т.Я.* Гербарии как хранители биоразнообразия и их использование (обзор) // Теоретическая и прикладная экология. 2023. № 3. С. 6-20. DOI 10.25750/1995-4301-2023-3-006-020. EDN OQCVGS.
129. *Дорофеева Ю.Д., Сафонов А.И.* Варианты терат мохообразных в Донбассе // Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет». 2022. Т. 1, № 14. С. 46-50. EDN YLACZY.
130. *Евстегнеева Н.А., Колесников С.И., Кузина А.А., Дмитриева А.А.* Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2022622443 РФ. Изменение фитотоксичности чернозема обыкновенного при загрязнении металлоидами и редкими металлами: № 2022622259: опубл. 07.10.2022; заявитель ЮФУ. EDN LQVGUB.
131. *Елькина Н.А.* Календарь пыления аллергенных растений г. Петрозаводска // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. 2018. № 8(177). С. 78-82. DOI 10.15393/uchz.art.2018.255. EDN VMSOFY.
132. *Елькина Н.А., Сидорова Т.А.* Возможность применения показателей качества пыльцы *Dactylis glomerata* L. для оценки экологического состояния урбанизированных территорий // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем. Киров. 2018. С. 123-126. EDN YQMTNR.
133. *Епринцев С.А.* Геоинформационно-аналитическая оценка экологической безопасности городов Центрально-Чернозёмного региона // Региональные геосистемы. 2022. Т. 46, № 3. С. 398-409. DOI 10.52575/2712-7443-2022-46-3-398-409. EDN DSVRYV.
134. *Епринцев С.А.* Оценка факторов экологической безопасности урбанизированных территорий // Экология. Экономика. Информатика. Ростов-на-Дону: ЮФУ, 2014. С. 182-186. EDN ZSOVVK.
135. *Епринцев С.А., Клепиков О.В., Куролап С.А.* Социально-экономические условия и антропогенное загрязнение воздушного бассейна как взаимосвязанные факторы трансформации урбанизированных территорий ЦЧР // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2022. Т. 8, № 3. С. 129-137. EDN BGLWGA.
136. *Епринцев С.А., Клепиков О.В., Шекоян С.В., Виноградов П.М., Дьякова Н.А.* Геоинформационный анализ факторов, определяющих социально-экологическую безопасность населения городов Воронежа, Липецка, Тулы // Журналистика и география. Воронеж. 2024. С. 223-227. EDN QXMRCG.
137. *Епринцев С.А., Куролап С.А., Клепиков О.В.* Геоинформационный анализ антропогенного загрязнения атмосферы городов Центрально-Черноземного региона России // Донецкие чтения 2022: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности. Донецк. 2022. С. 57-59. EDN MXCRFO.
138. *Епринцев С.А., Куролап С.А., Клепиков О.В.* Зеленые насаждения, примыкающие к урбанизированным территориям, как фактор экологической безопасности // Экологические проблемы использования горных лесов. Краснодар. 2023а. С. 174-178. EDN BDKHGZ.
139. *Епринцев С.А., Куролап С.А., Клепиков О.В., Шекоян С.В.* Геоинформационная оценка экологических, социально-экономических и демографических условий населённых пунктов ЦЧР // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2023б. Т. 9, № 3. С. 167-176. EDN TAJKZG.
140. *Епринцев С.А., Куролап С.А., Клепиков О.В., Шекоян С.В.* Мониторинг растительного покрова урбанизированных территорий по материалам дистанционного зондирования Земли // Донецкие чтения 2021: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности. Донецк. 2021. – С. 74-77. EDN EVCFKJ.
141. *Епринцев С.А., Шекоян С.В., Виноградов П.М., Дьякова Н.А.* Исследование социально-экологических аспектов урбанизированных территорий при помощи геоинформационных технологий // Гигиенические, эпидемиологические и экологические аспекты профилактики заболеваемости. Воронеж. 2024. С. 198-200. EDN MJFDZA.
142. *Епринцев С.А., Шекоян С.В., Жигулина Е.В.* Оптимизация экологических условий городов как механизм обеспечения устойчивого развития территории // Донецкие чтения 2021: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности. Донецк. 2021. С. 77-80. EDN DBYYIZ.
143. *Ермаков В.В.* Актуальные проблемы биогеохимии в условиях техногенеза биосферы // Фундаментальные основы биогеохимических технологий и перспективы их применения в охране природы, сельском хозяйстве и медицине. Тула. 2021. С. 6-15. EDN WCTPVB.
144. *Ермаков В.В.* Современное развитие биогеохимических идей В.И. Вернадского // Геохимия. 2023а. Т. 68, № 10. С. 995-1008. DOI 10.31857/S0016752523100047. EDN YHRINA.

145. *Ермаков В.В.* Стронций в биосфере. Новосибирск: Академиздат, 2023б. 168 с. ISBN 978-5-6047687-2-3. EDN OMKTMS.
146. *Ермаков В.В.* Эволюция энергии и живого вещества в биосфере // Проблемы загрязнения объектов окружающей среды тяжелыми металлами. Тула. 2022. С. 4-16. EDN TDBVWB.
147. *Ермаков В.В., Мойсеенок А.Г., Сафонов В.А., Ковальский Ю.В.* Биогеохимия полиэлементных микроэлементозов // Пищевая промышленность: наука и технологии. 2019. Т. 12, № 3(45). С. 24-30. EDN CBGGCG.
148. *Ермаков В.В., Тютиков С.Ф., Гуляева У.А., Дегтярев А.П., Данилова В.Н.* Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2020620044 Российская Федерация. Биомониторинг экологического состояния горно-обогатительных комбинатов и сопредельных территорий: № 2019622475: опубл. 14.01.2020; заявитель ГЕОХИ РАН. EDN QFYORT.
149. *Ермаков В.В., Тютиков С.Ф., Данилова В.Н.* Патент № 2794761 C1 Российская Федерация, МПК G01N 33/24. Способ диагностики техногенного загрязнения почвогрунтов металлами, преимущественно Mo и W: № 2022119770: опубл. 24.04.2023; заявитель ГЕОХИ РАН. EDN ZFNNTH.
150. *Ермаков В.В., Тютиков С.Ф., Дегтярев А.П., Гуляева У.А., Данилова В.Н.* Особенности аккумулирования металлов растениями и активность почвенных ферментов в условиях металлогенических районов Северного Кавказа // Геохимия. 2022. Т. 67, № 8. С. 766-772. DOI 10.31857/S0016752522070020. EDN SNEBXC.
151. *Ермаков В.В., Тютиков С.Ф., Дегтярев А.П., Данилова В.Н., Гуляева У.А., Догадкин Д.Н.* Формирование биогеохимических аномалий в бассейне р. Баксан // Геохимия. 2020. Т. 65, № 10. С. 955-968. DOI 10.31857/S0016752520100064. EDN PEAMQP.
152. *Ермаков В.В., Тютиков С.Ф., Дегтярев А.П., Проскурякова Л.В., Кречетова Е.В.* Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2019620037 Российская Федерация. Геоэкологическая оценка территории по биогеохимическому экстремуму-БД-1998-2018: № 2018621897: опубл. 10.01.2019; заявитель ГЕОХИ РАН. EDN PJYNJG.
153. *Ефремов Е.В.* Современные технологии контроля численности вредных организмов на посевах сельскохозяйственных культур // Студенческая наука об актуальных проблемах и перспективах инновационного развития регионального АПК. Омск: Омский ГАУ, 2024. С. 80-83. EDN JSPCIJ.
154. *Жбадинский В.Е., Сафонов А.И.* Бриофиты на поверхностях самых первых зданий Донецка // Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет». 2024. Т. 1, № 16. С. 86-90. EDN QXPWQG.
155. *Жигулина Е.В.* Особенности организации краеведческой экскурсии // Донецкие чтения 2023: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности. Донецк. 2023. С. 83-85. EDN NONBVF.
156. *Жигулина Е.В., Межова Л.А.* Использование ландшафтно-географического подхода к анализу устойчивости в районах интенсивного сельскохозяйственного природопользования // Астраханский вестник экологического образования. 2023. № 4(76). С. 40-45. DOI 10.36698/2304-5957-2023-4-40-45. EDN RZKCVB.
157. *Жуйкова Т.В., Безель В.С., Позолотина В.Н., Северюхина О.А.* Репродуктивные возможности растений в градиенте химического загрязнения среды // Экология. 2002. № 6. С. 432-437. EDN SYTEQD.
158. *Жуйкова Т.В., Мелинг Э.В., Безель В.С.* Динамика проективного покрытия и видовой насыщенности травяных сообществ в ходе восстановительной сукцессии на залежах и отвалах // Экология. 2022. № 4. С. 289-298. DOI 10.31857/S0367059722040084. EDN TSIWJG.
159. *Жуйкова Т.В., Мелинг Э.В., Попова А.С.* Групповая изменчивость морфологических признаков листа *Betula pendula* Roth (Betulaceae, Magnoliópsida) в градиентах погодных условий и техногенной трансформации почв // Поволжский экологический журнал. 2023. № 1. С. 37-57. DOI 10.35885/1684-7318-2023-1-37-57. EDN EOULHT.
160. *Жуков К.О., Епринцев С.А.* Изучение параметров качества окружающей среды селитебных ландшафтов как показателей устойчивого развития территории // Региональные эколого-географические и туристско-рекреационные исследования. Воронеж. 2023. С. 212-215. EDN WDRYMK.
161. *Жуков К.О., Епринцев С.А.* Качество окружающей среды городских территорий как показатель устойчивого развития // Региональные геоэкологические исследования. Воронеж. 2022. С. 62-66. EDN CEDHCS.
162. *Загорная Т.О., Долбня Н.В.* Экологически-ориентированные кластеры в промышленном регионе: формирование и развитие. Краснодар. 2023. 255 с. ISBN 978-5-00179-428-8. EDN AISQPJ.
163. *Загорная Т.О., Косоговский Б.В.* Подходы к понятию «большие данные» и основные сферы их применения // Новое в экономической кибернетике. 2022. № 3. С. 136-144. EDN RPWKRA.
164. *Загорная Т.О., Суровцев И.М.* Теоретико-методологические подходы к оценке социального развития новых регионов Российской Федерации // Новое в экономической кибернетике. 2024. № 1. С. 122-130. DOI 10.5281/zenodo.10907853. EDN VHNNGV.
165. *Загорная Т.О., Трещевский Ю.И., Долбня Н.В.* Институциональное обеспечение развития Донбасса: ретроспективный анализ в контексте вхождения в состав Российской Федерации // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Экономика и управление. 2023. № 4. С. 46-59. DOI 10.17308/econ.2023.4711685. EDN QRSZRG.

166. *Зайцева Е.В., Сафонов А.И.* Суммационные критерии уровня трансформации экотопов в г. Донецке по данным фитомониторинга // Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет». 2022. Т. 1, № 14. С. 50-54. EDN KQZXSU.
167. *Закотнюк О.Л., Доренская Е.В.* Развитие технологий «умных» городов в Российской Федерации // Государственное регулирование общественных отношений в регионе. Чебоксары. 2022. С. 169-181. EDN SFMNUY.
168. *Закотнюк О.Л., Яковлева Е.В.* Эколого-экономические аспекты утилизации твёрдых бытовых отходов на территории Донецкой Народной Республики // Географические и экономические исследования в контексте устойчивого развития государства и региона. Донецк. 2021. С. 25-27. EDN YMMLLM.
169. *Захарова М.С., Сафонов А.И.* Онтогенетические стратегии некоторых видов растений на буферной территории РЛП «Донецкий Кряж» // Донецкие чтения 2017: Русский мир как цивилизационная основа научно-образовательного и культурного развития Донбасса. Донецк. 2017. С. 74-75. EDN YOUSRK.
170. *Зибарев А.Г., Розенберг Г.С.* Проблемы устойчивого развития социально-экономических геосистем степной зоны Российской Федерации // Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН. 2019. № 1. С. 1-8. EDN YWFGEF.
171. *Зиньковская И.И., Вергель К.Н., Кравцова А.В., Сафонов А.И.* Биомониторинговая программа по оценке воздуха в Донбассе с помощью нейтронно-активационного анализа // Донецкие чтения 2022: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности. Донецк. 2022. С. 69-71. EDN SQZVXC.
172. *Зиньковская И.И., Вергель К.Н., Сафонов А.И., Юшин Н.С., Чалигава О., Кравцова А.В. Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid в оценке техногенного загрязнения (Ni, Zn, Mn, Al, Se, Cs, La, Sm) трансформированных экотопов Донбасса // Трансформация экосистем. 2023. Т. 6, № 3(21). С. 22-38. DOI 10.23859/estr-220726. EDN GHVAZY.
173. *Зиньковская И.И., Сафонов А.И., Юшин Н.С., Неспирный В.Н., Гермонова Е.А.* Ингредиентный фитомониторинг в Донбассе для идентификации новых геохимических аномалий // Экологическая химия. 2024. Т. 33, № 1. С. 19-32. EDN DSDGFO.
174. *Золотой А.Л., Сафонов А.И.* Индикация состояния различных промышленных экотопов с использованием *Reseda lutea* L. // Донецкие чтения 2016. Образование, наука и вызовы современности. Донецк. 2016. С. 278-280. EDN YUAOVT.
175. *Золотой А.Л., Сафонов А.И.* Использование шкал Д.Н. Цыганова для оценки экологических параметров промышленных экотопов г. Донецка // Донецкие чтения 2017: Русский мир как цивилизационная основа научно-образовательного и культурного развития Донбасса. Донецк. 2017. С. 76-77. EDN YOUSRT.
176. *Зусарь К.Д., Сафонов А.И.* Пример расшифровки ландшафтного профиля фитоиндикационного назначения // Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет». 2024. Т. 1, № 16. С. 91-95. EDN BBJWRH.
177. *Иванюк Е.П., Сафонов А.И.* Компактизация экологических ниш в нарушенных осколочными взрывами городских строениях // Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет». 2024. Т. 1, № 16. С. 101-105. EDN OZYVHC.
178. *Илларионова И.Д.* Морфологическое и анатомическое строение семянок видов *Ligularia (Asleraceae, Senecioneae)* // Ботанический журнал. 2008. Т. 93, № 1. С. 22-42. EDN IJNKPT.
179. *Калаев В.Н., Игнатова И.В., Кулакова Н.Ю., Калаева Е.А., Епринцев С.А.* Цитогенетический полиморфизм семенного потомства дуба черешчатого в условиях антропогенного загрязнения г. Москвы // Лесоведение. 2022. № 2. С. 172-187. DOI 10.31857/S0024114822010041. EDN TYWKDJ.
180. *Калаев С.В., Жигулина Е.В.* Анализ ростовых и цитогенетических показателей репчатового лука под действием микропластика // Региональные эколого-географические и туристско-рекреационные исследования. Воронеж. 2023. С. 219-224. EDN FYNLWH.
181. *Калинина А.В.* Диагностика фитоценозов породного отвала шахты «Калиновская-Восточная» на основе системных индексов разнообразия // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2020. № 3-4. С. 6-10. EDN ZLEQFR.
182. *Калинина А.В.* Диагностика эдафотопов некоторых отвалов угольных шахт г. Макеевки методами фитотестирования // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2019а. № 1-2. С. 6-12. EDN OJDSTP.
183. *Калинина А.В.* Динамика фиторазнообразия сообществ породного отвала шахты «Капитальная» г. Макеевки // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2021. № 3-4. С. 19-23. EDN RKHALE.
184. *Калинина А.В.* Изменчивость морфометрических параметров *Oenothera depressa* Greene в ценопопуляциях трансформированных экотопов г. Макеевки // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2022а. № 3-4. С. 16-20. EDN DEKIUI.
185. *Калинина А.В.* Особенности видового состава травянистого покрова придорожной территории г. Макеевки // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем. Киров. 2023а. С. 108-111. EDN BZBONZ.
186. *Калинина А.В.* Особенности возрастной структуры ценопопуляций *Echium vulgare* L. экотопов некоторых породных отвалов угольных шахт г. Макеевки // Донецкие чтения 2019: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности. Донецк. 2019б. С. 227-229. EDN MVIIRX.

187. *Калинина А.В.* Особенности ценопопуляций *Erigeron annuus* (L.) Desf. в локальных урбанизированных экотопах г. Макеевки // Теоретические и прикладные аспекты организации, проведения и использования мониторинговых наблюдений. Минск. 2023б. С. 203-205. EDN KAZIJZ.
188. *Калинина А.В.* Популяционный мониторинг техногенных экотопов некоторых породных отвалов г. Макеевки // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем. Киров. 2019в. С. 13-15. EDN QCAPKF.
189. *Калинина А.В.* Состояние ценопопуляций видов рода *Oenothera* L. в трансформированных экотопах Донбасса // Лесохозяйственная информация. 2022б. № 3. С. 135-144. DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2022.3.12. EDN ZROQMW.
190. *Калинина А.В.* Таксономический и эколого-ценотический анализ раннецветущих растений некоторых трансформированных экотопов Донецко-Макеевской агломерации // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2023в. № 1-2. С. 23-28. EDN CBIYEG.
191. *Калинина А.В.* Эколого-ценотическая характеристика травянистого покрова придорожной территории Проспекта 250-летия Донбасса г. Макеевка // Актуальные вопросы биологии, селекции и агротехники садовых культур. Москва. 2023г. С. 231-234. EDN FOUNQX.
192. *Калинина А.В., Гермонова Е.А.* Геостратегическая визуализация фитоценозов породных отвалов угольных шахт г. Макеевки в условиях самозарастания и рекультивации // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2018. № 3-4. С. 28-34. EDN KDDDQU.
193. *Калинина А.В., Жуков С.П.* Терриконы Донбасса как объект экологического туризма // Экологические проблемы использования горных лесов. Краснодар. 2023. С. 204-208. EDN UBEYUX.
194. *Калинина А.В., Сафонов А.И.* Травянистые фитоценозы придорожной территории г. Макеевки // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2023. № 3. С. 6-11. EDN RMXEAQ.
195. *Калинина А.В., Сафонов А.И.* Фитоиндикационный мониторинг на отвалах угольных шахт г. Макеевки, внедрение данных в образовательную программу // Донецкие чтения 2017: Русский мир как цивилизационная основа научно-образовательного и культурного развития Донбасса. Донецк. 2017. С. 80-82. EDN YOUSSL.
196. *Калинина А.В., Сыщиков Д.В.* Особенности формирования эдафотопа некоторых отвалов угольных шахт г. Макеевки // Экология родного края: проблемы и пути их решения. Киров. 2020. С. 209-213. EDN SUJHGD.
197. *Калинина Ю.С.* Выбор объектов для токсикологического фитомониторинга Донецко-Макеевской агломерации Калинина // Экология родного края: проблемы и пути их решения. Киров. 2024. С. 112-115. EDN FPVDVH.
198. *Калинина Ю.С.* Опыт организации секции по фитооптимизации на экологической конференции в Донбассе // Качественное экологическое образование. Саратов. 2024. С. 112-117. EDN DVNPQW.
199. *Калинина Ю.С., Сафонов А.И.* Рабочая схема ландшафтной индикации в Донецке: дизайн и критерии устойчивости геосистем // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2024. № 3. С. 18-31.
200. *Калинина Ю.С., Сафонов Р.А.* Фитооптимизация техногенных ландшафтов в Донбассе на примере отвалов угольных шахт // География, экология, туризм: новые горизонты исследований. Воронеж: ВГУ, Т.1. 2024. С. 41-43.
201. *Караваева Т.И., Ефимик Е.Г., Бакланов М.А., Тихонов В.П., Халилов Р.И.* Биотические аспекты геоэкологических исследований в целях инженерно-экологических изысканий // Вестник Пермского университета. Геология. 2023. Т. 22, № 2. С. 187-200. DOI 10.17072/psu.geol.22.2.187. EDN GYHIBR.
202. *Карасева В.С.* Динамика пыления руководящих аллергенов атмосферного воздуха г. Рязани (2020 - 2023) // Трансформация современной модели научной деятельности: задачи, проблемы, перспективы. Уфа. 2024. С. 5-11. EDN UUKKSP.
203. *Карасева В.С., Селезнева Ю.М., Казакова М.В., Северова Е.Э.* Фенологический анализ динамики пыления злаков в Рязани // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический. 2021. Т. 126, № 6. С. 18-28. EDN TUUHXR.
204. *Каримов В.Н., Илларионова И.Д.* Ультраскульптура поверхности плодов видов *Nonea* (Boraginaceae Juss.) флоры Азербайджана // Turczaninowia. 2018. Т. 21, № 1. С. 66-80. DOI 10.14258/turczaninowia.21.1.8. EDN THRPNX.
205. *Касько А.А., Комарова А.М., Мирненко Э.И.* Формирование фитоперифитона в водоёмах Донбасса // Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов. Донецк. 2021. С. 220-221. EDN LOELJM.
206. *Кинаш Т.А., Сафонов А.И.* Обзор методов и подходов в экологическом фитомониторинге Донбасса // Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет». 2024. Т. 1, № 16. С. 106-110. EDN MDYEAF.
207. *Киселева Д.В., Сафонов А.И.* Интегральная таблица фитоквантификационной экспертизы экотопов Донбасса по *Cichorium intybus* L. // Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет». 2020. Т. 1, № 12. С. 73-77. EDN YFQJVK.

208. *Киселева Д.В., Сафонов А.И.* Принципы создания шкал анатомо-морфологической пластичности фитоиндикаторов техногенного региона // Донецкие чтения 2016. Образование, наука и вызовы современности. Донецк. 2016. С. 117-119. EDN YWGVLG.
209. *Кишкань Р.В.* Муниципальная экологическая политика как основа безопасности окружающей среды города // Экологическая ситуация в Донбассе. 2016. Т. 1. С. 188-193. EDN WKFUON.
210. *Клепиков О.В., Епринцев С.А., Лунёва Е.А., Шекоян С.В.* Геоинформационная оценка вероятного влияния естественной эманации радона на заболеваемость раком легкого // Региональные геосистемы. 2023. Т. 47, № 2. С. 306-315. DOI 10.52575/2712-7443-2023-47-2-306-315. EDN ZZGZYF.
211. *Ковальский Ю.В., Ермаков В.В., Градова Н.Б.* Биогеохимия как основа для развития некоторых направлений биотехнологии // Биохимические инновации в условиях коррекции техногенеза биосферы. Тирасполь, 2020. С. 162-172. EDN SFCPXD.
212. *Козуб-Птица В.В., Глухов А.З., Кустова О.К.* Пути экологической реабилитации деградированных земель в Донбассе // Теоретические и прикладные аспекты организации, проведения и использования мониторинговых наблюдений. Минск. 2023. С. 344-346. EDN EKPWSQ.
213. *Колесников С.И.* Методологические аспекты биодиагностики: принципы отбора биологических систем для нормирования качества среды и интегральные оценки // Биодиагностика и экологическая оценка окружающей среды: современные технологии, проблемы и решения. Москва. 2023а. С. 127-132. EDN AKJEUE.
214. *Колесников С.И.* Ранжирование химических элементов (приоритетных поллютантов) по опасности для черноземов // Современное состояние чернозёмов. Мониторинг, охрана и восстановление почвенных экосистем в условиях антропогенной нагрузки. Ростов-на-Дону: ЮФУ, 2023б. С. 264. EDN GYARXG.
215. *Колесников С.И.* Сравнительная оценка экотоксичности химических элементов // Почвы и окружающая среда. Новосибирск. 2023в. С. 635-637. EDN HBTZNV.
216. *Колесников С.И., Казеев К.Ш., Вальков В.Ф.* Экологические функции почв и влияние на них загрязнения тяжелыми металлами // Почвоведение. 2002. № 12. С. 1509-1514. EDN ZSSPJK.
217. *Колесников С.И., Мощенко Д.И., Кузина А.А., Казеев К.Ш.* Опыт определения региональных предельно допустимых концентраций свинца в почвах в районе предприятия цветной металлургии // Экология и промышленность России. 2023. Т. 27, № 7. С. 48-52. DOI 10.18412/1816-0395-2023-7-48-52. EDN FWNDYS.
218. *Колесников С.И., Шерстнёв А.К., Дмитриева А.А.* Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2022623476 РФ. Содержание тяжелых металлов в почвах Юга России: № 2022623359: опубл. 15.12.2022; заявитель ЮФУ. EDN CPUPVA.
219. *Колотов В.П., Догадкин Д.Н., Зайчик В.Е., Широкова В.И., Догадкин Н.Н.* Анализ биологических образцов малой массы методом мс-исп с использованием кислотного микроволнового разложения нескольких образцов в общей атмосфере стандартного автоклава // Журнал аналитической химии. 2023. Т. 78, № 3. С. 216-222. DOI 10.31857/S0044450223030064. EDN FUIMUN.
220. *Колпак Е.П., Романова А.Б.* Математическая модель антропогенного воздействия на популяцию // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2020. № 11-2(50). С. 23-30. DOI 10.24411/2500-1000-2020-11376. EDN PYANGG.
221. *Кольченко О.Р., Корниенко В.О.* Эколого-биологическая характеристика *Acer platanoides* L. в условиях г. Донецка // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. 2019. № 3-4. С. 151-161. EDN PAUIGC.
222. *Комарницкая Е.А., Демьяненко Т.В.* Особенности механических тканей в стебле видов рода *Salvia* L., произрастающих в городских условиях // Донецкие чтения 2018: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности. Донецк. 2018. С. 186-187. EDN YPAMSD.
223. *Кондакова Л.В., Ашихмина Т.Я.* Особенности озеленения урбанизированных территорий в промышленном городе // Экологические проблемы промышленных городов. Саратов. 2023. С. 158-162. EDN ZVUOUK.
224. *Кондакова Л.В., Дабах Е.В.* Мониторинг почвенной альгоцианофлоры на техногенной территории // Теоретическая и прикладная экология. 2023. № 2. С. 47-55. DOI 10.25750/1995-4301-2023-2-047-055. EDN AMTWFG.
225. *Кондакова Л.В., Дабах Е.В., Кислицына А.П.* Формирование биоценоза на техногенных отходах // Теоретическая и прикладная экология. 2020. № 4. С. 129-135. DOI 10.25750/1995-4301-2020-4-129-135. EDN ZTZRZL.
226. *Корженевский В.В., Квитницкая А.А.* Фитоиндикация рельефообразования и опыт ее применения // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. 2010. № 100. С. 5-28. EDN UIHRED.
227. *Корниенко В.О.* Механическая устойчивость древесных растений в городской среде // Сборник научных трудов VI съезда биофизиков России. 2019. С. 353. EDN DKHQXD.
228. *Корниенко В.О.* Ретроспективный анализ антропогенного загрязнения города Донецка. Вибрационно-акустическое зашумление // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. 2024. № 1. С. 93-100. DOI 10.5281/zenodo.12532574. EDN TSWEOI.
229. *Корниенко В.О., Дощечкина Э.А.* Оценка жизнеспособности древесных растений, произрастающих вдоль автомагистралей г. Донецка // Донецкие чтения 2019: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности. Донецк. 2019. С. 177-179. EDN RTSKLQ.

230. *Корниенко В.О., Калаев В.Н.* Механическая устойчивость можжевельника виргинского в условиях степной зоны восточно-Европейской равнины // Лесоведение. 2024. № 1. С. 70-78. DOI 10.31857/S0024114824010084. EDN SLLJXY.
231. *Корниенко В.О., Калаев В.Н.* Эколого-биологические особенности и механическая устойчивость древесных растений, используемых в озеленении города Донецка. Воронеж: Издательский дом ВГУ, 2021. 107 с. ISBN 978-5-9273-3220-5. EDN HCFNFD.
232. *Корниенко В.О., Калаев В.Н.* Эколого-морфологические и биомеханические особенности *Gleditsia triacanthos* L. в условиях антропогенного загрязнения города Донецка // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. 2018. № 2. С. 143-151. EDN XUWIMP.
233. *Корниенко В.О., Калаев В.Н., Елизаров А.О.* Влияние температуры на биомеханические свойства древесных растений в условиях закрытого и открытого грунта // Сибирский лесной журнал. 2018. № 6. С. 91-102. DOI 10.15372/SJFS20180608. EDN YVCYNN.
234. *Корниенко В.О., Калаев В.Н., Преображенский А.П., Львович И.Я., Чопоров О.Н., Фирсов А.В.* Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021666288 Российская Федерация. Эколого-биологические особенности и механическая устойчивость древесных растений, используемых в озеленении города Донецка: № 2021665290: опубл. 12.10.2021; заявитель Воронежский государственный университет. EDN GJJJBR.
235. *Корниенко В.О., Хархота Л.В.* Мониторинг состояния древесных растений центральной части города Донецка // Самарский научный вестник. 2023. Т. 12, № 2. С. 46-51. DOI 10.55355/snv2023122107. EDN BATLWA.
236. *Корниенко В.О., Яицкий А.С.* Жизнеспособность древесных растений в условиях зашумления городской территории (на примере г. Донецка) // Естественные и технические науки. 2022а. № 12(175). С. 166-170. EDN JJZVTE.
237. *Корниенко В.О., Яицкий А.С.* Онтогенетические изменения механической устойчивости основных видов древесных растений в экосистемах города Донецка // Самарский научный вестник. 2024. Т. 13, № 1. С. 30-38. DOI 10.55355/snv2024131104. EDN LYEGSZ.
238. *Корниенко В.О., Яицкий А.С.* Экологические последствия шумового загрязнения города Донецка // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. 2022б. № 11-2. С. 28-34. DOI 10.37882/2223-2966.2022.11-2.13. EDN VGFTLL.
239. *Коротеева Е.В., Веселкин Д.В., Куянцева Н.Б., Чащина О.Е.* В градиенте влияния выбросов Карабашского медеплавильного комбината изменяется размер, но не флуктуирующая асимметрия листа березы повислой // Доклады Академии наук. 2015. Т. 460, № 3. С. 364. DOI 10.7868/S0869565215020279. EDN TGWDBN.
240. *Коротенко Н.В., Сафонов А.И.* Учет частоты встречаемости аномальных проявлений у *Amaranthus retroflexus* L. при проведении экологического мониторинга в г. Донецке // Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет». 2021. Т. 1, № 13. С. 97-101. EDN RTISWR.
241. *Кособуцкая А.Ю., Загорная Т.О.* Пространственно-функциональная динамика интенсивности обслуживания автодорожной инфраструктурой экономических подсистем регионов // Региональная экономика: теория и практика. 2024. Т. 22, № 7(526). С. 1250-1275. DOI 10.24891/re.22.7.1250. EDN JMYBQD.
242. *Косумов Р.С., Сулумханова Х.Л., Оказова З.П.* Морфологические изменения растений, как параметр биоиндикационной оценки // Природопользование и устойчивое развитие регионов России. Пенза. 2024. С. 58-61. EDN HQEHIP.
243. *Кошелева Е.Г.* Инновационные аспекты формирования антикризисной стратегии развития предпринимательских структур // Торговля и рынок. 2022. Т. 2, № 4-1(64). С. 183-188. EDN YFOWCS.
244. *Кошелева Е.Г., Гокунь Ю.С.* Роль экологического фактора в формировании демографической политики Донецкой Народной Республики // Донецкие чтения 2023: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности. Донецк. 2023. С. 160-161. EDN DNHRQS.
245. *Кужелева А.А.* К вопросу понимания стратегий развития экономических систем // Географические и экономические исследования в контексте устойчивого развития государства и региона. Донецк. 2022а. С. 205-207. EDN WXZTEM.
246. *Кужелева А.А.* Организация стратегического планирования на предприятии в условиях кризиса // Торговля и рынок. 2021. № 3-2(59). С. 162-169. EDN LPXLOE.
247. *Кужелева А.А.* Факторный анализ моделей развития экономических систем // Вестник Донецкого национального университета. Серия В. Экономика и право. 2022б. № 2. С. 139-147. EDN FRBIQD.
248. *Кулагин А.Ю.* Ретроспективный анализ формирования ландшафтно-экологического подхода при лесной рекультивации нарушенных ландшафтов // Лесной вестник. Forestry Bulletin. 2022. Т. 26, № 6. С. 48-54. DOI 10.18698/2542-1468-2022-6-48-54. EDN VOGSGR.
249. *Кулагин А.Ю.* Термины, определения, понятия и суждения в решении теоретических и прикладных экологических вопросов // Проблемы экологии Южного Урала. Оренбург. 2021. С. 203-208. EDN VHKVLN.
250. *Кулагин А.Ю.* Техногенная трансформация ландшафтов при добыче полезных ископаемых и лесная рекультивация как способ оптимизации состояния окружающей среды // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2010. № 2(26). С. 219-220. EDN MQGCWB.

251. *Кулакова Ю.Ю.* Карпологические коллекции сорных видов растений: современное состояние и перспективы развития // Фитосанитария. Карантин растений. 2020. № 4(4). С. 14-22. EDN GUJPDJ.
252. *Купреев В.Э., Семенищенков Ю.А., Телеганова В.В., Мучник Е.Э.* Экологические и флористические особенности пионерной травяной растительности на автоморфных песчаных почвах как этапа восстановления сосновых лесов в Южном Нечерноземье России // Сибирский экологический журнал. 2020. Т. 27, № 1. С. 26-45. DOI 10.15372/SEJ20200103. EDN YZCUVZ.
253. *Куролап С.А., Клепиков О.В., Кульнев В.В., Кизеев А.Н., Сюрин С.А., Енин А.В.* Канцерогенный риск, связанный с загрязнением атмосферного воздуха промышленных городов Центрального Черноземья // Гигиена и санитария. 2023. Т. 102, № 8. С. 853-860. DOI 10.47470/0016-9900-2023-102-8-853-860. EDN EWEUMJ.
254. *Куролап С.А., Клепиков О.В., Прожорина Т.И., Клевцова М.А., Акимов Л.М., Епринцев С.А., Сарычев Д.В., Кондауров Р.А., Чубирко М.И., Лунёва Е.А., Кузмичев М.К., Седых В.А., Суханов П.А., Акимов Е.Л., Преснякова Ю.А., Попова Л.В.* Урбоэкодиагностика промышленных городов Центрального Черноземья. Воронеж. 2022. 255 с. ISBN 978-5-907669-06-2. EDN HEQQGA.
255. *Куролап С.А., Попова И.В., Владимиров Д.Р.* Микроклимат и сезонная динамика полей аэрогенного загрязнения городской среды обитания (на примере города Воронежа) // Экология регионов. Владимир. 2010. С. 34-39. EDN XMJADS.
256. *Курочкина В.А., Бронникова Ю.А.* Реализация энергоэффективных подходов в зеленом строительстве // Вестник евразийской науки. 2024. Т. 16, № 1. EDN FGRNWI.
257. *Кутявина Т.И., Ашихмина Т.Я.* Современное состояние и проблемы мониторинга поверхностных водных объектов России (обзор) // Теоретическая и прикладная экология. 2021. № 2. С. 13-21. DOI 10.25750/1995-4301-2021-2-013-021. EDN QOYTRX.
258. *Кутявина Т.И., Рутман В.В., Ашихмина Т.Я.* Использование вегетационных индексов в мониторинге водоемов (на примере водохранилищ Кировской области) // Экология родного края: проблемы и пути их решения. Киров. 2024а. С. 218-222. EDN MRNGNI.
259. *Кутявина Т.И., Рутман В.В., Ашихмина Т.Я.* Оценка динамики зарастания высшими водными растениями акватории эвтрофного водохранилища с использованием спутниковых изображений // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2024б. Т. 21, № 1. С. 299-307. DOI 10.21046/2070-7401-2024-21-1-299-307. EDN YNCPGA.
260. *Кутявина Т.И., Рутман В.В., Ашихмина Т.Я.* Спутниковые данные как инструмент мониторинга процессов эвтрофирования водохранилищ кировской области // Экология речных бассейнов. Владимир. 2023. С. 455-460. EDN XWYNSK.
261. *Кучерова А.В., Колесников С.И.* Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2023623165 РФ. Влияние полигона твёрдых коммунальных отходов на фитотоксичность чернозёма обыкновенного: № 2023623003: опубл. 20.09.2023; заявитель ЮФУ. EDN DFNADC.
262. *Лазарева Н.В., Розенберг Г.С., Аристова М.А., Костина Н.В.* Здоровье среды и здоровье населения: модели, прогноз, ущербы // Вестник медицинского института «РЕАВИЗ»: реабилитация, врач и здоровье. 2020. № 2(44). С. 112-122. EDN SLJCIJ.
263. *Ландшафтоведение* и природный дизайн: учебник / А.И. Сафонов. Донецк: ДонНУ, 2021. 475 с.
264. *Левченко Е.А., Фрунзе О.В.* Изменение морфометрических показателей декоративных травянистых растений в условиях загрязнения почвы ионами кобальта и свинца // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2023. № 3. С. 44-50. EDN XLSQZQ.
265. *Литвинова В.А., Авдеева А.В., Сафонов А.И.* Ботаническая экспертиза в экологическом мониторинге промышленного региона // Донецкие чтения 2016. Образование, наука и вызовы современности. Донецк. 2016. С. 314-317. EDN YUAPBQ.
266. *Литвинская С.А., Горбов С.Н., Дзигунова Ю.В.* Ruderalophyton трансформированных местообитаний Ростовской урбоэкосистемы // Юг России: экология, развитие. 2023. Т. 18, № 3(68). С. 69-80. DOI 10.18470/1992-1098-2023-3-69-80. EDN FQVSRS.
267. *Логофет Д.О.* Графы и матрицы в динамике популяций: математические изыски или инструмент познания // Современные методы оценки и рационального использования водных биологических ресурсов. Москва. 2023. С. 82-86. EDN MBAYQI.
268. *Логофет Д.О., Уланова Н.Г.* От мониторинга популяции к математической модели: новая парадигма популяционного исследования // Журнал общей биологии. 2021. Т. 82, № 4. С. 243-269. DOI 10.31857/S0044459621040035. EDN LHUWKE.
269. *Маркелов Д.А., Алешко-Ожевская О.С., Акользин А.П., Григорьева М.А., Минеева Н.Я.* Жизненные стратегии популяций как информационный ресурс гештальтгеографии // Инженерная экология – 2021. Москва. 2021. С. 147-150. EDN VRIXHH.
270. *Маркелов Д.А., Алешко-Ожевская О.С., Акользин А.П., Григорьева М.А., Минеева Н.Я.* Биобарьерная функция территории в концепции защиты биосферы // Инженерная экология – 2021. Москва. 2021. С. 44-47. EDN MJTTNK.
271. *Маркелов Д.А., Маркелов А.В., Минеева Н.Я., Акользин А.П., Григорьева М.А., Малышева Н.Н., Кочуров Б.И., Шаповалов Д.А., Хуторова А.О.* Биомониторинг тератологический: концепция, проекты, фотобанк //

Проблемы региональной экологии. 2019. № 5. С. 53–58. DOI 10.24411/1728-323X-2019-17053. EDN CMWEJI.
272. *Маркелов Д.А., Минеева Н.Я., Акользин А.П., Григорьева М.А., Алешко-Ожевская О.С.* Разработка и моделирование систем биодоочистки и реабилитации территорий // Московский экономический журнал. 2020. № 11. С. 9. DOI 10.24411/2413-046X-2020-10814. EDN BNOWMD.
273. *Маркелов Д.А., Минеева Н.Я., Акользин А.П., Шаповалов Д.А., Григорьева М.А., Конуров Б.И., Алешко-Ожевская О.С.* Биоиндикация в технологиях, проектах, решениях, как сигнальная система биосферы // Проблемы региональной экологии. 2022. № 2. С. 49-54. DOI 10.24412/1728-323X-2022-2-49-54. EDN JGNNSB.
274. *Мейсурова А.Ф., Еремеева О.А., Савинов А.Б.* Индикаторные возможности некоторых видов растений в биомониторинге состояния среды по данным фенетического анализа // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Биология и экология. 2023. № 3(71). С. 127-138. DOI 10.26456/vtbio324. EDN QQJCMV.
275. *Мельник С.В., Сафонов А.И.* Атипичный морфогенез пыльцы в местах фоновых геохимических аномалий // Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет». 2024. Т. 1, № 16. С. 123-127. EDN YCLRLL.
276. *Меньшикова Е.А., Караваева Т.И., Хайрулина Е.А., Митракова Н.В.* Особенности грунтов и потенциал восстановления природно-технической системы «Хвостохранилище ЕВРАЗ КГОК» // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2021. Т. 332, № 9. С. 54-66. DOI 10.18799/24131830/2021/9/3353. EDN SAQOFD.
277. *Минаев А.И.* Доктрина «Русский Донбасс» как составляющая «идейного ядра» современного российского общества // Журнал исторических, политологических и международных исследований. 2023. № 1(84). С. 105-113. EDN JRPTVH.
278. *Миркин Б.М.* О растительных континуумах // Журнал общей биологии. 1990. Т. 51, № 3. С. 316-326. EDN WPMUJL.
279. *Миркин Б.М.* Современное состояние основных концепций науки о растительности. Уфа: Гилем, 2012. 488 с. ISBN 978-5-7501-1350-7. EDN QKVBLZ.
280. *Миркин Б.М., Наумова Л.Г., Голуб В.Б., Хазиахметов Р.М.* Экологическая классификация видов растений // Журнал общей биологии. 2018. Т. 79, № 1. С. 64-75. EDN YKWEWI.
281. *Миркин Б.М., Усманов И.Ю., Наумова Л.Г.* Типы стратегий растений: место в системах видовых классификации и тенденции развития // Журнал общей биологии. 1999. Т. 60, № 6. С. 581-595. EDN MPDUYF.
282. *Мирненко Н.С.* Анализ пыльцевых спектров в ландшафтно-растительных системах на урбанизированных территориях г. Донецка // Донецкие чтения 2023: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности. Донецк. 2023а. С. 108-110. EDN AWWFTG.
283. *Мирненко Н.С.* Виды адвентивной флоры Донбасса в контексте палинологических экспертиз // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2022а. № 3-4. С. 21-29. EDN SSMJMN.
284. *Мирненко Н.С.* Диагностика состояния экотопов Донецка по палинологическим данным *Betula pendula* Roth // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2018а. № 1-2. С. 20-24. EDN USDKXR.
285. *Мирненко Н.С.* Жизнеспособность пыльцы некоторых видов древесных растений Донецкой агломерации // Лесной вестник. Forestry Bulletin. 2022б. Т. 26, № 6. С. 55-61. DOI 10.18698/2542-1468-2022-6-55-61. EDN GGMVXI.
286. *Мирненко Н.С.* Качество пыльцы *Diplotaxis muralis* (L.) DC. в условиях пгт. Новый свет Старобешевского района // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. 2018б. № 3-4. С. 157-161. EDN YVEOSL.
287. *Мирненко Н.С.* Мониторинг экотопов г. Донецка по палинологическим данным *Populus nigra* L. // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2021. № 3-4. С. 24-29. EDN RPLWJI.
288. *Мирненко Н.С.* Палинация алергенных растений в городе Донецке // Донецкие чтения 2018: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности. Донецк. 2018в. С. 198-200. EDN YPAMTZ.
289. *Мирненко Н.С.* Палиноструктурный анализ *Ambrosia artemisiifolia* L. в условиях техногенных экотопов // Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов. Донецк. 2019. С. 108-110. EDN JMMUHC.
290. *Мирненко Н.С.* Сезонный анализ пыльцевых спектров сорно-рудеральных растений г. Донецка // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2023б. № 1-2. С. 29-34. EDN UIOBVD.
291. *Мирненко Н.С.* Состояние пыльцевых зерен *Ambrosia artemisiifolia* L. и *Artemisia absinthium* L. в г. Донецке // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2017а. № 3-4. С. 12-16. EDN YTCDRU.
292. *Мирненко Н.С.* Сравнительный анализ антропогенных изменений флоры Донбасса по палинологическим данным // Донецкие чтения 2022: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности. Донецк. 2022в. С. 96-97. EDN ANEARA.
293. *Мирненко Н.С.* Тератоморфы пыльцевых зёрен *Ambrosia artemisiifolia* L. селитебных территорий г. Донецка // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2017б. № 1-2. С. 26-31. EDN YPPBQU.

294. *Мирненко Н.С.* Фертильность и жизнеспособность пыльцы *Salix alba* L. в условиях г. Донецка // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2020а. № 1-2. С. 6-11. EDN MOCEOP.
295. *Мирненко Н.С.* Цитологический анализ пыльцевых зерен *Aesculus hippocastanum* L. в г. Донецке // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2020б. № 3-4. С. 20-25. EDN GRCBCF.
296. *Мирненко Н.С., Сафонов А.И.* Пыльца как тест-система индикации неблагоприятной городской среды (на примере г. Донецка) // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2023. № 3. С. 12-17. EDN JQCOXN.
297. *Мирненко Н.С., Сафонов А.И.* Спорово-пыльцевой метод в Донбассе на основе научных рекомендаций ученых России // Донецкие чтения 2017: Русский мир как цивилизационная основа научно-образовательного и культурного развития Донбасса. Донецк. 2017. С. 97-99. EDN YOUSUW.
298. *Мирненко Э.И.* Гидрохимические особенности и формирование фитопланктона в искусственных водоемах Донбасса // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2019а. № 1-2. С. 13-21. EDN PVMMVG.
299. *Мирненко Э.И.* Гидрохимический режим прудов Старобешевского района // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. 2019б. № 1. С. 115-120. EDN ALGSBZ.
300. *Мирненко Э.И.* Минерализация водных экосистем как фактор трансформации комплексов фитопланктона прудов г. Донецка // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2021. № 3-4. С. 30-35. EDN WQDSUN.
301. *Мирненко Э.И.* Особенности выбора биоиндикаторов состояния водной среды // Экология родного края: проблемы и пути их решения. Киров. 2020. С. 166-169. EDN UQNZSS.
302. *Мирненко Э.И.* Особенности эвтрофирования Нижнекальмиусского водохранилища // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2019в. № 3-4. С. 24-30. EDN CNIMLZ.
303. *Мирненко Э.И.* Оценка загрязнения органическими соединениями прудов г. Донецка // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2017а. № 3-4. С. 17-23. EDN TGEOLF.
304. *Мирненко Э.И.* Разработка региональной базы фитопланктона континентальных водоемов Донбасса // Донецкие чтения 2023: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности. Донецк. 2023. С. 111-112. EDN EKIMYH.
305. *Мирненко Э.И.* Таксономическое разнообразие фитопланктона реки Кальмиус и водохранилищ, расположенных на ней // Трансформация экосистем. 2022. Т. 5, № 2(16). С. 63-73. DOI 10.23859/estr-220204. EDN KANIXE.
306. *Мирненко Э.И.* Токсические Cyanophyta в фитопланктоне Нижнекальмиусского водохранилища // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. 2018. № 3-4. С. 162-167. EDN VSNTJX.
307. *Мирненко Э.И.* Факторы сукцессии фитопланктона Нижнекальмиусского водохранилища // Проблемы трансформации естественных ландшафтов в результате антропогенной деятельности и пути их решения. Краснодар. 2021. С. 526-527. EDN JLAMHC.
308. *Мирненко Э.И.* Эмпирическая коррекция списков экологических групп водорослей фитопланктона прудов г. Донецка // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2017б. № 1-2. С. 32-40. EDN YPPBRD.
309. *Мирненко Э.И.*, *Касько А.А.* Оценка состояния водохранилищ Донбасса по показателям степени сапробности // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2020. № 1-2. С. 12-17. EDN WBUJIT.
310. *Мирненко Э.И., Макуха А.О.* Фитопланктон как показатель экологического состояния прудов г. Донецка // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2018. № 3-4. С. 44-49. EDN YSXHRB.
311. *Мирненко Э.И., Макуха А.О.* Экологическое состояние прудов г. Донецка по содержанию органического вещества // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2021. № 1-2. С. 17-22. EDN CIGAXK.
312. *Морозова Е.И., Сафонов А.И.* Мониторинг в условиях промышленных экотопов с помощью мохообразных // Донецкие чтения 2016. Образование, наука и вызовы современности. Донецк. 2016. С. 317-318. EDN YUAPBZ.
313. *Мощенко Д.И., Колесников С.И., Кузина А.А.* Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2023622950 РФ. Оценка микробиологического состояния горно-луговой дерново-торфянистой почвы Центрального Кавказа при загрязнении нефтью и тяжелыми металлами: № 2023622627: опубл. 28.08.2023; заявитель ЮФУ. EDN JSBUFM.
314. *Мощенко Д.И., Колесников С.И., Кузина А.А., Меженков А.А., Литвинов Ю.А.* Разработка прогнозных картосхем нарушения экосистемных функций почв Центрального Предкавказья и Кавказа при их загрязнении разными концентрациями меди // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2023. № 5-1. С. 104-116. DOI 10.25018/0236_1493_2023_51_0_104. EDN PMLDFW.
315. *Муза Д.Е.* Ноосферное сознание в борьбе с актуальными формами «ложного сознания»: основные интриги и смыслы // Ноосферное образование в евразийском пространстве. Санкт-Петербург. 2018. С. 251-260. EDN XCZGTH.
316. *Муза Д.Е.* Русская культура в условиях цивилизационных войн: к транскрипции проблемы самосохранения и развития // Культура в фокусе научных парадигм. 2021. № 12-13. С. 10-16. EDN NRZIER.

317. *Муза Д.Е.* Стратегическое планирование и менеджмент военных операций: некоторые вопросы методологии // Донецкие чтения 2022: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности. Донецк. 2022. С. 150-153. EDN: KPEFXP.
318. *Муза Д.Е.* Философско-историческая концепция академика Н.Н. Моисеева и проблема выбора стратегии России в XXI веке // Актуальные эколого-политологические аспекты современности. Донецк. 2020. С. 65-70. EDN UBWVLJ.
319. *Мустафаева Н.И., Коноплева А.Д.* Современные тенденции в ландшафтной архитектуре России // Русский язык и русская культура в мировом культурном. Москва. 2023. С. 245-251. EDN EKIKNZ.
320. *Нарциссова С.Ю., Киселева А.И.* Восприятие и оценка риска: социально-психологические и экологические аспекты. Москва: МНЭПУ, 2021. 240 с. EDN JVIGFE.
321. *Нарциссова С.Ю., Соловьев А.А., Маклаков В.В., Розанова Е.В.* Специфика риска и экологическая безопасность современности. Москва. 2022. 360 с. ISBN 978-5-00149-801-8. EDN DPLFGL.
322. *Насыров А.Н., Кулагин А.Ю.* Проблемы рекультивации нарушенных земель: способы рекультивации шламоотстойников на производственных объектах // Организация территории: статика, динамика, управление. Уфа. 2020. С. 112-116. EDN LPMQSW.
323. *Научные* направления биологического факультета ДонНУ: профориентация и специализация: справочно-информационное пособие / А. И. Сафонов. Донецк: ДонНУ, 2019. 80 с.
324. *Немцова Е.В., Телеганова В.В., Семенищенков Ю.А., Михайлюкова Е.А., Курило В.А.* Молекулярно-генетическое исследование образцов растений редкого в России вида *Isopyrum thalictroides* L. (Ranunculaceae) для изучения полиморфизма его популяций // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Биология и экология. 2023. № 3(71). С. 35-45. DOI 10.26456/vtbio317. EDN IGBIOI.
325. *Неспирный В.Н., Сафонов А.И.* Алгоритм восстановления пропущенных данных в выборке фитоиндикационного мониторинга с использованием метода главных компонент // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2024а. № 1. С. 15-26. EDN PUCOJO.
326. *Неспирный В.Н., Сафонов А.И.* Метод главных компонент в экологической диагностике Донбасса // Актуальные проблемы экологии и природопользования. Москва: РУДН, 2024б. Т. 1. С. 391–396.
327. *Николаева А.В., Загуменный Р.А., Стрельников И.И.* Динамика морфометрических показателей листьев при различном уровне освещенности укорененных черенков *Laurus nobilis* L. // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2020. № 3-4. С. 33-39. EDN LAKKSS.
328. *Никулина Я.Ю., Демьяненко Т.В., Николаева А.В.* Влияние температурного режима на ритм развития видов р. *Passiflora* L. // Развитие интеллектуально-творческого потенциала молодежи: из прошлого в современность. Донецк. 2018. С. 26-27. EDN ZAPENF.
329. *Новицкий М.Л., Азиатцева М.В.* Современные тенденции, состояние и особенности рекультивации полигонов твёрдых бытовых отходов (обзор) // Биология растений и садоводство: теория, инновации. 2022. № 3(164). С. 29-42. DOI 10.36305/2712-7788-2022-3-164-29-42. EDN VDNOQP.
330. *Новожилова Е.В., Бойко Э.В.* Морфолого-анатомическое строение семянок видов рода *Olgaea* (Asteraceae: Cardueae) // Turczaninowia. 2021. Т. 24, № 4. С. 23-46. DOI 10.14258/turczaninowia.24.4.3. EDN SHTLFH.
331. *Нормирование* и снижение загрязнения окружающей среды. А.И. Сафонов. Донецк: ДонНУ, 2021. 68 с.
332. *Носова М.Б.* Исследования современных пыльцевых спектров: инструменты, подходы, современные направления // Ботанический журнал. 2020. Т. 105, № 12. С. 1147-1168. DOI 10.31857/S0006813620120145. EDN CUQHGY.
333. *Носова М.Б., Волкова Е.М.* Современные спорово-пыльцевые спектры лесостепного экотона и их связь с составом растительности // Проблемы изучения и восстановления ландшафтов лесостепной зоны. Тула. 2011. С. 115-120. EDN JMDJLS.
334. *Огородникова С.Ю.* Фитоиндикационные исследования в условиях техногенного загрязнения // Экологическая работа в музеях Кировской области. Киров. 2010. С. 75-78. EDN WLQWUX.
335. *Олимпиада* по дисциплине Экология: учебник / А.И. Сафонов. Донецк: ДонНУ, 2018. 458 с.
336. *Олонова М.В., Высоких Т.С.* Исследование экологической ниши в систематике растений // Ботанические исследования Сибири и Казахстана. 2021. № 27. С. 3-21. EDN XJEKPT.
337. *Онипченко В.Г.* Памяти Фила Грайма (J.P. Grime, 1935-2021) // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический. 2021. Т. 126, № 5. С. 48-60. EDN MNLXWW.
338. *Онипченко В.Г., Дудова К.В., Гулов Д.М., Ахметжанова А.А., Текеев Д.К., Елумеева Т.Г.* Функциональные признаки листьев растений важны для формирования состава альпийских растительных сообществ // Журнал общей биологии. 2022. Т. 83, № 2. С. 127-137. DOI 10.31857/S004445962202004X. EDN RKCIDC.
339. *Онипченко В.Г., Замалетдинова К.Н., Макаров М.И., Кадулин М.С., Малышева Т.И., Клинк Г.В., Полошевец Т.В., Елумеева Т.Г.* Химический состав листьев растений как функциональный признак формирования альпийских растительных сообществ // Экология. 2023. № 6. С. 407-415. DOI 10.31857/S0367059723060069. – EDN BMNTTJ.
340. *Опекунов А.Ю., Дэн В.* Особенности геоэкологического мониторинга на территории вольфрамового месторождения Яоган (Южный Китай) // География: развитие науки и образования. Санкт-Петербург. 2015. С. 330-333. EDN NQVFNJ.

341. *Опекунова М.Г.* Биоиндикация загрязнений. 2-е издание. Санкт-Петербург. 2016. 300 с. ISBN 978-5-288-05674-1. EDN YRAIEB.
342. *Опекунова М.Г., Арестова И.Ю., Елсукова Е.Ю., Шейнерман Н.А.* Методы физико-химического анализа почв и растений. Санкт-Петербург. 2015. 86 с. ISBN 978-5-288-05633-8. EDN VIRKSP.
343. *Опекунова М.Г., Никулина А.Р., Опекунов А.Ю., Кукушкин С.Ю., Федькина М.Ю.* Скрининг ключевых биогеохимических индикаторов экологического состояния крупных промышленных агломераций (на примере Московского района Санкт-Петербурга) // Экология и промышленность России. 2024. Т. 28, № 3. С. 44-49. DOI 10.18412/1816-0395-2024-3-44-49. EDN YBAAUI.
344. *Опекунова М.Г., Никулина А.Р., Смешко И.В., Кириченко В.С.* Сравнительный анализ эффективности методов биоиндикации при мониторинговых исследованиях состояния окружающей среды в Санкт-Петербурге // Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле. 2023. Т. 68, № 2. С. 331-356. DOI 10.21638/spbu07.2023.207. EDN DBPMHX.
345. *Опекунова М.Г., Никулина А.Р., Федькина М.Ю.* Об эффективности применения методов биоиндикации при мониторинге состояния городской среды // Экологические проблемы промышленных городов. Саратов. 2023. С. 86-89. EDN HMQEWB.
346. *Опекунова М.Г., Опекунов А.Ю., Сомов В.В., Кукушкин С.Ю., Папян Э.Э.* Миграция химических элементов в системе «почва - растение» и ее изменение под влиянием горнорудного производства (Сибай, Башкортостан) // Степи Северной Евразии: материалы девятого международного симпозиума. Оренбург. 2021. С. 620-626. DOI 10.24412/cl-36359-2021-620-626. EDN RVRHGH.
347. *Осадчий Д.М., Малая Е.В.* Восстановление земель, нарушенных в ходе антропогенного воздействия человека // Вопросы фундаментальных и прикладных научных исследований. Санкт-Петербург. 2024. С. 12-16. DOI 10.37539/240405.2024.38.94.005. EDN GCMHJM.
348. *Осинцева М.А., Дюкова Е.А., Бурова Н.В., Осинцев А.М.* Влияние особенностей рельефа и эрозионных процессов на эффективность биологической рекультивации техногенно нарушенных земель угледобывающих предприятий // Уголь. 2024. № 7(1182). С. 100-105. DOI 10.18796/0041-5790-2024-7-100-105. EDN DLRJSC.
349. *Осинцева М.А., Крюк В.А., Дюкова Е.А., Бурова Н.В.* Изучение метода гидропосева как способа повышения приживаемости растений при проведении биологической рекультивации техногенно нарушенных земель // Уголь. 2024. № 5(1180). С. 65-71. DOI 10.18796/0041-5790-2024-5-65-71. EDN COEXMW.
350. *Охрана* природы. Экологические программы Донбасса: учебное пособие / А.И. Сафонов. Донецк: ДонНУ, 2019. 154 с.
351. *Павлова В.А*. Терапевтический ландшафт. Особенности изучения // Архитектура и современные информационные технологии. 2024. № 2(67). С. 213-229. DOI 10.24412/1998-4839-2024-2-213-229. EDN LUBXNH.
352. *Павлюченко И.И., Клименко Я.В., Мороз А.Н., Коков Е.А., Прозоровская Ю.И., Сепиашвили Р.И., Федотова Н.В.* Сравнительный анализ пыления травянистых аллергенных растений и обращаемости населения за аллергологической помощью в период 2020-2021 гг. в г. Краснодаре // Аллергология и иммунология. 2022. Т. 23, № 2. С. 14-19. EDN LVJLUF.
353. *Палагута А.П.* Роль студенческого научного общества в экологических проектах Донецкого государственного университета // Качественное экологическое образование. Саратов. 2024. С. 79-85. EDN KYTUZN.
354. *Палагута А.П., Саофнов А.И.* Экспозиции научных разработок кафедры ботаники и экологии ДонГУ на международном форуме 2023 года // Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет». 2024. Т. 1, № 16. С. 128-132. EDN XHQZMH.
355. *Папян Э.Э., Опекунова М.Г., Ильина И.В., Ягафарова Г.А.* Определение значимости морфологических признаков растений при оценке техногенного загрязнения территорий // Устойчивое развитие территорий. Сибай. 2021. С. 187-189. EDN XVWELG.
356. *Пенькова Ю.И., Алемасова А.С.* Микроэкстракционное концентрирование и атомно- абсорбционное определение палладия в дорожной пыли // Химические проблемы современности 2020. Донецк. 2020. С. 84-85. EDN WFUUAW.
357. *Петкогло О.В., Сафонов А.И.* Научный ресурс ботанического музея в Донецке // Донецкие чтения 2016. Образование, наука и вызовы современности. Донецк. 2016. С. 139-140. EDN WCLWCT.
358. *Петкогло О.В., Сафонов А.И.* Ретроспективный анализ интерьерной и ландшафтной фитооптимизации промышленной среды (к 100-летию профессора М.Л. Ревы) // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. 2022. № 3. С. 72-79. EDN GTDLEL.
359. *Петухов А.С., Хритохин Н.А., Петухова Г.А., Кремлева Т.А.* Ответная реакция антиоксидантных систем травянистых растений на повреждение клеток в условиях техногенного загрязнения городской среды // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Биология. Химия. 2020. Т. 6 (72), № 1. С. 134-149. DOI 10.37279/2413-1725-2020-6-1-134-149. EDN TUVKHD.
360. *Плеханова И.О., Золотарёва О.А., Тарасенко И.Д.* Применение методов биотестирования при оценке экологического состояния почв // Вестник Московского университета. Серия 17: Почвоведение. 2018. № 4. С. 36-46. EDN MFNRVB.

361. *Плугатарь Ю.В., Корженевский В.В., Абраменков А.А., Корженевская Ю.В.* Биоморфологическая характеристика флоры высших сосудистых растений мониторингового профиля Могаби - Ай-Петри // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. 2023. № 146. С. 71-83. DOI 10.36305/0513-1634-2023-146-71-83. EDN VIFKCA.
362. *Плугатарь Ю.В., Корженевский В.В., Головнёв И.И., Славгородская О.А.* Оптимизация техногенных ландшафтов Крыма. Сообщение 1. Карьеры и котлованы // Биология растений и садоводство: теория, инновации. 2021а. № 1(158). С. 7-25. DOI 10.36305/2712-7788-2021-1-158-7-25. EDN HYJDKH.
363. *Плугатарь Ю.В., Корженевский В.В., Головнёв И.И., Славгородская О.А.* Оптимизация техногенных ландшафтов Крыма. Сообщение 2. Свалки, насыпи и отвалы // Биология растений и садоводство: теория, инновации. 2021б. № 4(161). С. 7-26. DOI 10.36305/2712-7788-2021-4-161-7-26. EDN JIPWIY.
364. *Плугатарь Ю.В., Т.М. Сахно.* Биометрические характеристики и аэродинамические свойства пыльцевых зерен североамериканских сосен в условиях Южного берега Крыма // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. 2018. Т. 18, № 4. С. 462-468. DOI 10.18500/1816-9775-2018-18-4-462-468. EDN YVKPMT.
365. *Плугатарь Ю.В., Шевченко С.В.* Репродуктивная биология цветковых растений для решения теоретических и практических задач // Эмбриология, генетика и биотехнология. Ялта. 2022. С. 6-11. EDN PCFHOM.
366. *Подлевских М.М., Кондакова Л.В.* Биоиндикационная оценка экологического состояния лесных экосистем в районе памятника природы регионального значения «дендропарк лесоводов Кировской области» // Экология родного края: проблемы и пути их решения. Киров. 2022. С. 299-302. EDN IZTVZN.
367. *Позолотина В.Н., Безель В.С., Жуйкова Т.В.* Механизмы адаптации к техногенному стрессу в ценопопуляциях растений (*Taraxacum officinale* s.l.) // Доклады Академии наук. 2000. Т. 371, № 4. С. 565-568. EDN KCEEHM.
368. *Половян А.В., Ялунер А.Ф.* Опыт реализации принципов устойчивого развития в Донецкой Народной Республике // Вестник Донецкого национального университета. Серия В. Экономика и право. 2021. № 1. С. 169-178. EDN SNDFIP.
369. *Полянчева С.А., Волкова Е.М.* Применение экологических шкал Д.Н. Цыганова для оценки экологического состояния опытных полей Куликова поля // Экотоксикология-2020. Тула. 2020. С. 194-195. EDN WCFFVM.
370. *Полянчева С.А., Волкова Е.М.* Разнообразие групп растительных сообществ при восстановлении луговых степей разными методами // Экотоксикология-2021. Тула. 2021. С. 236-238. EDN SGUJSB.
371. *Посевина Ю.М., Иванов Е.С., Северова Е.Э.* Палиноэкологическая оценка качества атмосферного воздуха // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2010. № 5. С. 15-23. EDN YWHZVB.
372. *Приходько С.А., Глухов А.З., Остапко В.М., Николаева А.В., Козуб-Птица В.В.* Развитие фундаментальных и прикладных исследований биокомпонента единых экосистем Донецкой и Луганской Народных Республик и Российской Федерации для проведения согласованной политики в области охраны окружающей среды // Россия и Донбасс: перспективы сотрудничества и интеграции. Москва. 2022. С. 363-367. EDN XZWCJC.
373. Промышленная ботаника / *Кондратюк Е.Н., Тарабрин В.П., Бакланов В.И., Бурда Р.И., Хархота А.И.* Киев: Наук. думка, 1980. 260 с.
374. *Просеков А.Ю., Тимощук И.В., Горелкина А.К., Михайлова Е.С., Голубева Н.С., Иванова Л.А.* Сравнительная оценка содержания загрязняющих примесей в карьерных сточных водах угольных предприятий Кузбасса // Уголь. 2023. № 4(1166). С. 69-73. DOI 10.18796/0041-5790-2023-4-69-73. EDN SBSKKN.
375. *Пчеленко О.В., Сафонов А.И.* Опыт фитотестирования почвогрунтов в Донбассе // Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет». 2021. Т. 1, № 13. С. 134-138. EDN GGOSJA.
376. *Пчеленко О.В., Сафонов А.И.* Первичная оценка эстетической ценности видов природной флоры в антропогенно нарушенной среде // Донецкие чтения 2017: Русский мир как цивилизационная основа научно-образовательного и культурного развития Донбасса. Донецк. 2017. С. 109-110. EDN YOUSWY.
377. *Разливаева А.В., Сафонов А.И.* Поверхность листа растений как индикатор состояния среды в промышленном регионе // Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет». 2021. Т. 1, № 13. С. 138-142. EDN PNDQBH.
378. *Раменская А.С., Дегтярева С.И., Дорофеева В.Д.* Современные способы мониторинга лесных экосистем // Биоразнообразие и устойчивость естественных и искусственных растительных сообществ. Воронеж. 2022. С. 103-108. DOI 10.34220/BSNAPC2022_103-108. EDN VHLACW.
379. *Рахматуллина И.Р., Рахматуллин З.З., Гильманова Г.Р.* Экологическое картографирование. Уфа: Башкирский ГПУ, 2023. 100 с. ISBN 978-5-907730-16-8. EDN DRKTRT.
380. *Репецкая А.И.* Ассортимент для городского озеленения: взгляд ботаника, питомниковода, ландшафтного архитектора и чиновника // Ботанические сады в современном мире. Санкт-Петербург. 2023. Т. 3, С. 153-157. DOI 10.24412/cl-36595-2023-3-153-157.
381. *Репродуктивные* системы растений / А.И. Сафонов, Донецк: ДонНУ, 2021. 150 с.
382. *Репродуктивные* стратегии растений / А.И. Сафонов, Н.С. Мирненко, Ю.С. Калинина и др.; Донецк: ДонНУ, 2018. 447 с.

383. *Розенберг Г.С.* Биосфера + Ноосфера + Техносфера = Экосфера (Вернадский и Наве*)* // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2019а. Т. 28, № 3. С. 33-43. DOI 10.24411/2073-1035-2019-10238. EDN YMSLRK.
384. *Розенберг Г.С.* Гомологические ряды и теоретическая экология // Биосфера. 2022а. Т. 14, № 3. С. 145-150. DOI 10.24855/biosfera.v14i3.690. EDN DBIPYA.
385. *Розенберг Г.С.* Еще раз о редукционизме и холизме в системологии // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2022б. № 4. С. 57-72. DOI 10.12737/2306-174X-2023-11-4-38-53. EDN GVOHMZ.
386. *Розенберг Г.С.* Количественные методы классификации растительности: состояние, проблемы, оптимизация // Биология растений и садоводство: теория, инновации. 2020. № 1(154). С. 45-55. DOI 10.36305/2712-7788-2020-1-154-45-55. EDN VYCGOB.
387. *Розенберг Г.С.* Количественные методы фитоценологии в работах Б.М. Миркина и их современное состояние // Фиторазнообразие Восточной Европы. 2018. Т. 12, № 3. С. 31-54. DOI 10.24411/2072-8816-2018-10024. EDN YOVLUL.
388. *Розенберг Г.С.* Несколько комментариев переводчика о «правде, лжи и статистике» // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2019б. Т. 28, № 4. С. 53-58. DOI 10.24411/2073-1035-2019-10274. EDN XQIVPH.
389. *Розенберг Г.С.* По волнам моей памяти... (количественная фитоценология) // Фиторазнообразие Восточной Европы. 2024. Т. 18, № 3. С. 145-174. DOI 10.24412/2072-8816-2024-18-3-145-174. EDN RTXPMJ.
390. *Розенберг Г.С.* Простота сложности и сложность простоты // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2019в. Т. 28, № 4. С. 38-42. DOI 10.24411/2073-1035-2019-10272. EDN JSWYMC.
391. *Розенберг Г.С.* Раменский: геоботаник-романтик // Историко-биологические исследования. 2023. Т. 15, № 2. С. 179-186. DOI 10.24412/2076-8176—2023-2-179-186. EDN UNTQEQ.
392. *Розенберг Г.С.* Что есть истина в глобально-экологическом мире // Век глобализации. 2021. № 4(40). С. 81-89. DOI 10.30884/vglob/2021.04.06. EDN UTIPEV.
393. *Розенберг Г.С., Зибарев А.Г., Костина Н.В., Кудинова Г.Э., Розенберг А.Г.* Оценки рисков и ущербов как инструмент социальной экологии // Биосфера. 2019. Т. 11, № 2. С. 75-86. DOI 10.24855/biosfera.v11i2.48575. EDN SNTFIU.
394. *Розенберг Г.С., Костина Н.В., Кудинова Г.Э., Кузнецова Р.С., Розенберг А.Г.* О перспективах создания особых экологических зон // Использование и охрана природных ресурсов в России. 2023. № 2(174). С. 34-38. EDN ZCNOIY.
395. *Розенберг Г.С., Шитиков В.К., Костина Н.В., Кузнецова Р.С., Лифиренко Н.Г., Костина М.А., Кудинова Г.Э., Розенберг А.Г.* Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2015620402 Российская Федерация. Экспертно-информационная база данных состояния социо-эколого-экономических систем разного масштаба «REGION»: № 2014621464: опубл. 27.02.2015; заявитель Институт экологии Волжского бассейна РАН. EDN JAHJJV.
396. *Розенцвет О.А., Нестеров В.Н., Кособрюхов А.А., Богданова Е.С., Розенберг Г.С.* Физиолого-биохимические детерминанты адаптивных стратегий галофитов // Экология. 2021. № 1. С. 31-39. DOI 10.31857/S0367059721010121. EDN YPJHLC.
397. *Савинов А.Б., Новожилов Д.А.* Изменения фенофондов *Plantago major* L. и *Aegopodium podagraria* L. по градиенту загрязнения почв тяжелыми металлами // Современные проблемы естественных наук и медицины. Йошкар-Ола. 2021. С. 146-151. EDN DZFDDT.
398. *Сайранова П.Ш., Хайрулина Е.А., Митракова Н.В., Порошина Н.В.* Моделирование как прогноз трансформации почв при техногенном засолении // Теоретическая и прикладная экология. 2023. № 4. С. 52-60. DOI 10.25750/1995-4301-2023-4-052-060. EDN NVCJJB.
399. *Саксонов С.В.* Мода на науку, или о необходимости популяризации науки // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2021. Т. 30, № 1. С. 21-24. DOI 10.24412/2073-1035-2021-10370. EDN HEFGTV.
400. *Салугин А.Н.* Имитационное моделирование деградации пастбищных экосистем аридной зоны // Российская сельскохозяйственная наука. 2023. № 2. С. 7-10. DOI 10.31857/S2500262723020023. EDN AOMXGY.
401. *Сальник Н.В., Горбов С.Н., Захарихина Л.В.* Специфика элементного состава черноземов миграционно-сегрегационных Ростовской области на фоновом уровне и в условиях антропогенеза // АгроЭкоИнфо. 2024. № 2(62). DOI 10.51419/202142221. EDN XWEMXX.
402. *Сальник Н.В., Корбань В.А., Горбов С.Н., Козырев Д.А.* Распределение тяжелых металлов и их миграция в системе почва – растение на примере парка Н. Островского города Ростова-на-Дону // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. 2023. № 4(220). С. 126-136. DOI 10.18522/1026-2237-2023-4-126-136. EDN MKBOIS.
403. *Самошкина Э.Д., Сафонов А.И.* Экотопическая обусловленность тератогенеза растений // Донецкие чтения 2016. Образование, наука и вызовы современности. Донецк. 2016. С. 323-324. EDN YUAPDJ.
404. *Сарбаева Е.В.* Структурные и функциональные особенности ассимиляционного аппарата некоторых однолетних декоративных растений в условиях урбанизированной среды // Вестник Оренбургского государственного педагогического университета. Электронный научный журнал. 2024. № 1(49). С. 168-179. DOI 10.32516/2303-9922.2024.49.8. EDN WZZIPF.

405. *Сафонов А.И.* Актуальные позиции индикационных разработок на кафедре ботаники и экологии ДонНУ // Донецкие чтения 2020: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности. Донецк. 2020а. С. 252-254. EDN IGTWBF.
406. *Сафонов А.И.* Актуальный фитомониторинг в Донбассе // Охрана окружающей среды – основа безопасности страны. Краснодар. 2022а. С. 411-414. EDN GUQKVO.
407. *Сафонов А.И.* Аномалии эмбриональных структур растений-индикаторов Донбасса // Разнообразие растительного мира. 2022б. № 3(14). С. 5-18. DOI 10.22281/2686-9713-2022-3-5-18. EDN GQUFYH.
408. *Сафонов А.И.* Аспекты учения В.И. Вернадского о живом веществе в научных и образовательных программах Донбасса // Ноосфера. 2023а. № 1. С. 170-181.
409. *Сафонов А.И.* Ботаника антропотехногенеза – новая государственная бюджетная научно-исследовательская тема в Донецком национальном университете // Степная Евразия – устойчивое развитие. Ростов-на-Дону. 2022г. С. 239-240. EDN SDFZRL.
410. *Сафонов А.И.* Ботанико-экологические маркеры квантификации природных сред в Донбассе // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2020г. № 3-4. С. 40-47. EDN IJFPCB.
411. *Сафонов А.И.* Весовые коэффициенты фитоквантификации в антропогенно трансформированной среде Донбасса // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2022д. № 1-2. С. 17-22. EDN GUYSXP.
412. *Сафонов А.И.* Гистологические маркеры эмбрионального аппарата фитоиндикаторов Донбасса // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем. Киров. 2020б. С. 86-89. EDN SPADIZ.
413. *Сафонов А.И.* Динамика фитомониторинговых показателей антропотехногенеза в Донбассе (2000-2019 гг.) // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2020в. № 1-2. С. 31-36. EDN NONHOA.
414. *Сафонов А.И.* Идентификация некоторых родов астровых по палинологическим оттискам // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. 2021а. № 3. С. 69-77. EDN XZGHLZ.
415. *Сафонов А.И.* Инвентаризация промышленных объектов Донбасса по фитоиндикационным критериям // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. 2019б. № 1. С. 121-128. EDN AQBELV.
416. *Сафонов А.И.* Индикаторная роль растений в системе управления городом в промышленном регионе // Экологическая ситуация в Донбассе. 2016а. Т. 1. С. 288-293. EDN WKFUUH.
417. *Сафонов А.И.* Итоги многоцелевого изучения бриоразнообразия в Донбассе (2015-2022 гг.) // Вестник Тульского государственного университета. 2023б. С. 120-130. EDN FQNQVV.
418. *Сафонов А.И.* Критерии фитоиндикационного мониторинга в антропогенно трансформированной среде // Инновационные технологии защиты окружающей среды в современном мире. Казань. 2021б. С. 1611-1615. EDN ARPDUN.
419. *Сафонов А.И.* Ландшафтно-индикационные разработки как элемент оптимизации техногенных экотопов (к 100-летию профессора М. Л. Ревы) // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2022в. № 3-4. С. 7-15. EDN UALPJN.
420. *Сафонов А.И.* Макромаркеры антогенеза в диагностике природных сред Донбасса // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем. Киров. 2023в. С. 93-96. EDN GDAIQG.
421. *Сафонов А.И.* Межфазные точки роста в фокусе внимания стратегической фитоиндикации // Донецкие чтения 2021: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности. Донецк. 2021в. С. 146-148. EDN XQFBRO.
422. *Сафонов А.И.* Морфогенетические аномалии растений в диагностике природно-техногенных систем Донбасса // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем. Киров. 2022е. С. 54-58. EDN LNYROV.
423. *Сафонов А.И.* Морфологические тераты растений вследствие техногенного загрязнения // Биоморфология растений: традиции и современность. Киров. 2022з. С. 498-503. EDN MLXSZL.
424. *Сафонов А.И.* Новые виды растений в экологическом мониторинге Донбасса // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. 2020д. № 1. С. 96-100. EDN QKKMHH.
425. *Сафонов А.И.* Опорные разработки в рамках тематического направления по ботанике антропотехногенеза (2022 г.) // Донецкие чтения 2022: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности. Донецк. 2022ж. С. 113. EDN ZSZAOG.
426. *Сафонов А.И.* Опыт построения аутфитоиндикационных экологических шкал для антропогенно трансформированного региона // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. 2022и. № 3. С. 80-86. EDN MQVROV.
427. *Сафонов А.И.* Опыт проведения экологической олимпиады в вузах Донбасса (2015-2023 гг.) // Куражсковские чтения. Астрахань. 2023г. С. 431-435. EDN ZBNIFW.
428. *Сафонов А.И.* Первичный скрининг семенного банка фитоиндикаторов техногенных нагрузок на эдафотопы Донбасса // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2010. № 1(10). С. 92-96. EDN YCQNEK.
429. *Сафонов А.И.* Перспективные фитоиндикаторы Донбасса для биотестирования // Экология родного края: проблемы и пути их решения. Киров. 2020е. С. 161-163. EDN WITSTV.

430. *Сафонов А.И.* Потенциальные нео-очаги генотоксичности природных сред в Донбассе // Экология родного края: проблемы и пути их решения. Киров. 2024а. С. 99-104. EDN EMTXVS.
431. *Сафонов А.И.* Преемственность экологического образования в системе «школа – университет – предприятие» // Экологическая ситуация в Донбассе. 2016б. Т. 1. С. 151-154. EDN WKFUMF.
432. *Сафонов А.И.* Принципиальное расширение полномочий эколого-ботанического мониторинга в Донбассе // Экология родного края: проблемы и пути их решения. Киров. 2023д. С. 261-264. EDN OQBDVW.
433. *Сафонов А.И.* Пространственные модели цветков в градиенте антропогенной нагрузки // Донецкие чтения 2023: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности. Донецк. 2023е. С. 121-123. EDN EELESC.
434. *Сафонов А.И.* Роль бриофитов в оптимизации техногенных ландшафтов Донбасса // Актуальные вопросы биологии, селекции и агротехники садовых культур. Москва. 2023ж. С. 235-240. EDN BXSSPA.
435. *Сафонов А.И.* Способы идентификации полемострессовых аномалий в Центральном Донбассе // Куражсковские чтения. Астрахань. 2024б. С. 163-167. EDN ESLJEW.
436. *Сафонов А.И.* Способы повышения мотивации студентов при изучении экологических дисциплин в Донбассе // Качественное экологическое образование. Саратов. 2024г. С. 128-134. EDN PUVRYR.
437. *Сафонов А.И.* Стратегическая потенциализация фитоиндикаторов техногенных загрязнений // Аграрная Россия. 2009. № S1. С. 58-59. EDN TNHVPJ.
438. *Сафонов А.И.* Структурная разнокачественность эмбриональных структур фитоиндикаторов в Донбассе // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2016в. № 3-4. С. 23-29. EDN YUDMKW.
439. *Сафонов А.И.* Структурные аспекты оптимизации и фитоиндикации ландшафтов Донбасса (к 100-летию профессора М.Л. Ревы) // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. 2022к. № 1. С. 135-140. EDN AXOXSS.
440. *Сафонов А.И.* Тератогенез растений-индикаторов промышленного Донбасса // Разнообразие растительного мира. 2019в. № 1(1). С. 4-16. DOI 10.22281/2686-9713-2019-1-4-16. EDN IJNXJE.
441. *Сафонов А.И.* Технология биоиндикации в Донецком экономическом регионе // Донецкие чтения 2016. Образование, наука и вызовы современности. Донецк. 2016г. С. 285-286. EDN YUAOWU.
442. *Сафонов А.И.* Тканевая диагностика эмбриональных структур фитоиндикаторов Донбасса // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. 2020ж. № 3-4. С. 110-115. EDN DXVKCE.
443. *Сафонов А.И.* Фитогеохимический мониторинг антропогенноизмененных территорий Донбасса // Актуальные проблемы экологии и природопользования. Москва: РУДН, 2024в. Т. 1. С. 199–203.
444. *Сафонов А.И.* Фитоиндикационная тематика в учебном процессе на кафедре ботаники и экологии ДонНУ // Проблемы экологического образования в XXI веке. Владимир. 2021г. С. 121-126. EDN PDBBMU.
445. *Сафонов А.И.* Фитоиндикационная экспертиза в экологическом мониторинге Донбасса // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем. Киров. 2019г. С. 10-12. EDN UUIORJ.
446. *Сафонов А.И.* Фитоиндикация промышленно-индустриальных ландшафтов Донбасса // Современные исследования в науках о Земле: ретроспектива, актуальные тренды и перспективы внедрения. Астрахань. 2022л. С. 154-156. EDN QVTIDW.
447. *Сафонов А.И.* Фитомониторинг в решении экологических проблем степной зоны Восточной Европы // Экология родного края: проблемы и пути их решения. Киров. 2022м. С. 62-65. EDN LQGSTW.
448. *Сафонов А.И.* Фитоэмбриональный скрининг в экологическом мониторинге Донбасса // Зеленый журнал – Бюллетень ботанического сада Тверского государственного университета. 2017а. № 3. С. 5-12. EDN UYHXGO.
449. *Сафонов А.И.* Фоновые фитоиндикационные реакции на факторы военных действий в Донбассе // Актуальные экологические проблемы и экологическая безопасность в современных условиях. Саратов. 2023з. С. 345-351. EDN OKMKIN.
450. *Сафонов А.И.* Фронтальный спектр фитодиагностики в Донбассе (2018-2019 гг.) // Донецкие чтения 2019: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности. Донецк. 2019д. С. 270-271. EDN LJTXSY.
451. *Сафонов А.И.* Функциональная ботаника в Донбассе: экологический мониторинг, информационные ресурсные технологии, фитодизайн // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2017б. № 1-2. С. 6-12. EDN YPPBQC.
452. *Сафонов А.И.* Функциональная значимость меристем растений-индикаторов в биодиагностике природных сред // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем. Киров. 2021е. С. 10-13. EDN HZNFPP.
453. *Сафонов А.И.* Чек-лист индикаторных признаков сорно-рудеральной фракции урбанофлоры г. Донецка (1998-2018 гг.) // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2018. № 3-4. С. 67-72. EDN VQNWZM.
454. *Сафонов А.И.* Экологический фитомониторинг в Донбассе в контексте учения В.И. Вернадского о живом веществе // Космос и биосфера. Симферополь. 2023и. С. 103-105. EDN VOIXGX.
455. *Сафонов А.И.* Эколого-палинологическая ситуация в Донбассе (2014-2020 гг.) // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2021д. № 1-2. С. 32-38. EDN SGJBRJ.

456. Сафонов А.И. Экотопическая фитодиагностика в регионе антропогенных трансформаций // Проблемы трансформации естественных ландшафтов в результате антропогенной деятельности и пути их решения. Краснодар. 2021ж. С. 681-684. EDN CWQXUC.
457. *Сафонов А.И.* Экспертиза промышленных предприятий Донбасса по состоянию фитокомпонентов // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2019а. № 1-2. С. 35-43. EDN XDXZEY.
458. *Сафонов А.И.* Экспозиции раритетных растений на кафедре ботаники и экологии Донецкого государственного университета // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2023к. № 4. С. 18-33. EDN QQCBET.
459. *Сафонов А.И.* Эмпирика фитоквантификации антропогенно трансформированной среды // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2021з. № 3-4. С. 42-47. EDN NIEQSD.
460. *Сафонов А.И., Алемасова А.С., Зиньковская И.И., Вергель К.Н., Юшин Н.С., Кравцова А.В., Чалигава О.* Концентрационная способность бриобионтов-индикаторов в антропогенно трансформированных экотопах Донбасса // Современное развитие биогеохимических идей В.И. Вернадского. 2023а. С. 350-357. EDN YCUYVJ.
461. *Сафонов А.И., Алемасова А.С., Зиньковская И.И., Вергель К.Н., Юшин Н.С., Кравцова А.В., Чалигава О.* Морфогенетические аномалии бриобионтов в условиях геохимически контрастной среды Донбасса // Геохимия. 2023б. Т. 68, № 10. С. 1032-1044. DOI 10.31857/S0016752523100114. EDN NURQVW. *Переводное издание*: *Safonov A.I., Alemasova A.S., Zinicovscaia I.I., Vergel K.N., Yushin N.S., Kravtsova A.V., Chaligava O.* Morphogenetic Abnormalities of Bryobionts in Geochemically Contrasting Conditions of Donbass // Geochemistry International. 2023. Vol. 61, No. 10. P. 1036-1047. DOI 10.1134/s0016702923100117. EDN FICFYS.
462. *Сафонов А.И., Беломеря П.С.* Эколого-палинологический анализ некоторых аллергенов городской среды // Научные труды ДонНТУ. Проблемы экологии. 2007. № 1-2. С. 79-85. EDN TAHBQV.
463. *Сафонов А.И., Гермонова Е.А.* Динамика фитоиндикационных показателей по картографическим данным в Донбассе (2013-2023 гг.) // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2023а. № 4. С. 6-17. EDN PIVHWY.
464. *Сафонов А.И., Гермонова Е.А.* Комплексный показатель нарушенности экотопов по фитоиндикационному критерию в г. Донецке // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. 2019а. № 3-4. С. 171-175. EDN KXGBLU.
465. *Сафонов А.И., Гермонова Е.А.* Макромаркеры ландшафтных трансформаций в Донбассе: анализ картографического материала // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. 2023б. № 4. С. 68-75. EDN NSSBBY.
466. *Сафонов А.И., Гермонова Е.А.* Оценка геосистем Донбасса: фитоиндикация тератогенности и картографический анализ // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. 2023в. № 1. С. 98-104. EDN PHAMBH.
467. *Сафонов А.И., Гермонова Е.А.* Экологические сети фитомониторингового назначения в Донбассе // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2019б. № 3-4. С. 37-42. EDN TZQVLA.
468. *Сафонов А.И., Гермонова Е.А*. Экологический мониторинг в Донбассе: ГИС-технологии фитоквантификации // География, экология, туризм: новые горизонты исследований. Воронеж: ВГУ, Т.1. 2024. С. 203-205.
469. *Сафонов А.И., Глухов А.З.* Ведущие семейства для фитомониторинга в условиях техногенной среды Донбасса // Теоретические и прикладные аспекты организации, проведения и использования мониторинговых наблюдений. Минск. 2023а. С. 96-97. EDN OVQWFC.
470. *Сафонов А.И., Глухов А.З.* Комплексная оценка техногенной нагрузки в импактном фитомониторинге Донбасса // ЭкоБиоТех 2021. Уфа. 2021а. С. 150-154. EDN FRFVEH.
471. *Сафонов А.И., Глухов А.З.* Фитомониторинг антропогенно измененной среды: формализация терминологии и реализация на практике // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. 2023б. № 3. С. 62-70. EDN NTNOHR.
472. *Сафонов А.И., Глухов А.З.* Фитомониторинг в техногенно трансформированной среде: методология и практика // Экосистемы. 2021б. № 28. С. 16-28. EDN ISPEHB.
473. *Сафонов А.И., Глухов А.З.* Формирование фитомониторинговых программ в Донбассе на основе научных школ России // Донецкие чтения 2017: Русский мир как цивилизационная основа научно-образовательного и культурного развития Донбасса. Донецк. 2017. С. 17-19. EDN YOUSIK.
474. *Сафонов А.И., Глухов А.З.* Экологический фитомониторинг в Донбассе с использованием геостратегического картографирования // Проблемы промышленной ботаники индустриально развитых регионов. Кемерово. 2021в. С. 77-79. DOI 10.53650/9785902305606_77. EDN EWUOLD.
475. *Сафонов А.И., Глухов А.З.* Экологический фитомониторинг в Донбассе: эмпирические блоки методологии // Татищевские чтения: актуальные проблемы науки и практики. Тольятти. 2021г. С. 225-227. EDN ORSAOM.
476. *Сафонов А.И., Глухов А.З.* Эмпирические критерии фитомониторинга техногенной нагрузки в Донбассе // Экобиотех. 2021д. Т. 4, № 3. С. 195-202. DOI 10.31163/2618-964X-2021-4-3-195-202. EDN UXLNLJ.
477. *Сафонов А.И., Догадкин Д.Н., Неспирный В.Н.* Фитогеохимические особенности некоторых отвалов угольных шахт в Донбассе // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. 2024. № 3. С. 86-99. DOI 10.5281/zenodo.13758560. EDN OZLOUB

478. *Сафонов А.И., Захаренкова Н.С.* Диагностика воздуха в г. Донецке по спектру скульптур поверхности пыльцы сорно-рудеральных видов растений // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2016. № 1-2. С. 18-24. EDN YTUHVC.
479. *Сафонов А.И., Калинина Ю.С.* Внедрение научных разработок по озеленению в образовательный процесс ДонГУ // Ботанические сады и озеленение населенных мест. Симферополь. 2024. С. 252-254. DOI 10.5281/zenodo.12813138.
480. *Сафонов А.И., Калинина Ю.С., Палагута А.П.* Тератогенные эффекты как индикаторные свойства цветковых растений урбанизированных территорий Донецкой агломерации // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2024. № 2. С. 23-34.
481. *Сафонов А.И., Мирненко Н.С.* Палинологический скрининг в мониторинговой программе Центрального Донбасса // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2019. № 3-4. С. 43-48. EDN KCBQTF.
482. *Сафонов А.И., Мирненко Э.И., Мирненко Н.С., Калинина А.В., Калинина Ю.С., Палагута А.П.* Экспозиционный материал кафедры ботаники и экологии ДонГУ для представления ДНР на Форуме ВДНХ «Россия» в 2024 году // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2024. № 1. С. 27-38. EDN NSZYBT.
483. *Сафонов А.И., Морозова Е.И.* Видовое разнообразие бриобионтов мониторинговой сети Центрального Донбасса // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2021. № 1-2. С. 39-43. EDN AOINBS.
484. *Сафонов А.И., Морозова Е.И.* Видовое разнообразие мохообразных Донецко-Макеевской промышленной агломерации // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2017. № 3-4. С. 24-31. EDN YTCDSM.
485. *Сафонов А.И., Морозова Е.И.* Мохообразные Донецкой агломерации: иллюстрированный атлас и биоиндикация. Донецк: ДонНУ, 2018. 128 с.
486. *Сафонов А.И., Морозова Е.И.* Редкие виды мохообразных Донецко-Макеевской промышленной агломерации // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2018. № 1-2. С. 33-43. EDN XRAFBR.
487. *Сафонов А.И., Неспирный В.Н.* Анализ CSR стратегий фитоиндикаторов в Донбассе по методу глобального калькулятора // Донецкие чтения 2024. Донецк: ДонГУ. 2024. С. 281-282.
488. *Сафонов А.И., Фрунзе О.В.* Фиторемедиационный эффект по данным экологического мониторинга в Донбассе // Среда, окружающая человека: природная, техногенная, социальная. Брянск. 2019. С. 159-162. EDN YTBELV.
489. *Северова Е.Е., Полевова С.В.* Мониторинг пыльцы в режиме реального времени // Актуальные проблемы современной палинологии. Москва. 2022. С. 325-326. DOI 10.54896/9785891188532_2022_69. EDN NAQYHC.
490. *Семенищенков Ю.А.* Некоторые итоги сравнительного анализа двух подходов к крупномасштабному картографированию лесной растительности в Южном Нечерноземье России // Современные проблемы экспериментальной ботаники. Минск. 2017. С. 19-23. EDN HFOAAM.
491. *Семенищенков Ю.А., Корсиков Р.С.* Сравнительный анализ двух подходов к крупномасштабному картографированию лесной растительности в Южном Нечерноземье России // Геоботаническое картографирование. 2020. № 2020. С. 3-23. DOI 10.31111/geobotmap/2020.3. EDN PWZXOO.
492. *Синюшин А.А.* Фасциация цветка. I. Происхождение увеличенной меристемы // Вестник Московского университета. Серия 16: Биология. 2010. № 3. С. 11-16. EDN NDUCUB.
493. *Скугорева С.Г., Домрачева Л.И., Фокина А.И., Кутявина Т.И., Абдухалилов О.М., Кулаков В.Н., Ашихмина Т.Я.* Комплексный подход в оценке экологического состояния городских парковых почв // Юг России: экология, развитие. 2023. Т. 18, № 2(67). С. 102-112. DOI 10.18470/1992-1098-2023-2-102-112. EDN OIWRZR.
494. *Скугорева С.Г., Кутявина Т.И., Огородникова С.Ю., Кондакова Л.В., Симакова В.С., Блинова А.Л., Зыкова Ю.Н., Домрачева Л.И., Ашихмина Т.Я.* Комплексный подход в оценке экологического состояния городских почв // Теоретическая и прикладная экология. 2019. № 3. С. 57-65. DOI 10.25750/1995-4301-2019-3-057-065. EDN IBHYVE.
495. *Современные* вопросы экологии / А.И. Сафонов. Донецк: ДонНУ, 2019. 442 с.
496. *Современные* достижения в биологии. Ботаника: учебное пособие / А.И. Сафонов. Донецк: ДонНУ, 2019. 150 с.
497. *Созинов О.В.* Ботаническая учебно-полевая практика как основа практико-ориентированного экологического образования // Практическая подготовка специалистов в условиях университетского образования. Витебск. 2008. С. 286-287. EDN SYJPGC.
498. *Созинов О.В.* Информационные технологии в ботаническом ресурсоведении: результаты и перспективы // Растительные ресурсы. 2015. Т. 51, № 3. С. 449-462. EDN TYQOAL.
499. *Созинов О.В., Щукина К.В., Кессель Д.С., Ликсакова Н.С.* Долгосрочная изменчивость спектра жизненных форм растений луговых фитоценозов // Биоморфология растений: традиции и современность. Киров. 2022. С. 435-440. EDN GLEGLN.

500. *Солтани Г.А.* Использование растительных ресурсов ботанических садов для проведения эколого-просветительских мероприятий // Ботанические сады в современном мире. Санкт-Петербург. 2023. Том выпуск 4. С. 123-125. DOI 10.24412/cl-36595-2023-4-123-125. EDN WGEWZN.
501. *Сомов В.В., Опекунов А.Ю., Опекунова М.Г., Дергилева Е.В., Коршунова Д.В., Кукушкин С.Ю.* Формы нахождения металлов в почвах степных ландшафтов в зоне воздействия горнорудного производства (Южный Урал) // Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле. 2023. Т. 68, № 4. С. 764-782. DOI 10.21638/spbu07.2023.409. EDN BNMYNK.
502. *Специализация* на кафедре ботаники и экологии ДонНУ: справочно-методическое пособие / А.И. Сафонов. Донецк: ДонНУ, 2021. 52 с.
503. *Старостина М.А., Катков К.А.* Оценка качества семян дикорастущих травянистых растений // Наука Юга России. 2023. Т. 19, № 2. С. 85-93. DOI 10.7868/S25000640230210. EDN SWCSKD.
504. *Стёпкин Ю.И., Калашников Ю.С., Лиходедова Е.И., Клепиков О.В., Молоканова Л.В., Артемова А.В.* Анализ выполнения региональной компоненты федерального проекта «Генеральная уборка» Национального проекта «Экология» // Гигиенические, эпидемиологические и экологические аспекты профилактики заболеваемости. Воронеж. 2024. С. 228-235. EDN HRWCRH.
505. *Стреблянская Е.В., Сафонов А.И.* Тератность соцветий растений в условиях антропогенно трансформированной среды // Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет». 2021. Т. 1, № 13. С. 160-163. EDN KZDFMY.
506. *Стреблянская Е.В., Сафоов А.И.* Эмбриотоксическое тератообразование видов *Asteraceae* Bercht. & Presl. в г. Донецке // Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет». 2022. Т. 1, № 14. С. 90-94. EDN BFBHMU.
507. *Стрельников И.И., Глухов А.З., Николаева А.В., Мудрецова К.В.* Подготовка цифровых карт для обеспечения экологических исследований в Донбассе // Промышленная ботаника. 2018. Т. 18, № 3. С. 42-50. EDN AYJAWC.
508. *Судник А.В., Степанович И.М., Толкачева Н.В., Голушко Р.М., Потапенко А.М., Комар А.Ю., Машков И.А., Серенкова В.А., Созинов О.В.* Результаты экологической оценки земель с измененным гидрологическим режимом в лесном фонде Беларуси и предложения по их использованию // Ботаника. Исследования. 2021. № 50. С. 231-247. EDN FTBZVF.
509. *Суецкая Я.А., Иванова Д.В., Сафонов А.И.* Апробация геохимических и фитоиндикационных профилей маршрутным способом в Центральном Донбассе // Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет». 2023. Т. 1, № 15. С. 113-117. EDN FFDJIW.
510. *Сыщиков Д.В., Агурова И.В.* Влияние фиторекультивации на миграцию некоторых элементов минерального питания в эдафотопах техногенных экосистем // Донецкие чтения 2020: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности. Донецк. 2020а. С. 263-265. EDN GUDZTJ.
511. *Сыщиков Д.В., Агурова И.В.* Снижение фитотоксичности породы в техногенных экотопах как результат рекультивационных мероприятий // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2020б. № 1-2. С. 92-98. EDN HEQNQA.
512. *Сыщиков Д.В., Агурова И.В.* Содержание минерального азота в почвах постехногенных экосистем: оценка успешности проведения фиторекультивационных работ // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2022а. № 1-2. С. 54-67. EDN BHSEYW.
513. *Сыщиков Д.В., Агурова И.В.* Содержание органического вещества в эдафотопах антропогенно трансформированных экосистем как один из показателей их успешного самовозобновления // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. 2022б. № 1. С. 141-148. EDN OZTYJR.
514. *Сыщиков Д.В., Агурова И.В.* Состояние эдафотопов посттехногенных экосистем Донбасса: комплексный подход // Экологический Вестник Северного Кавказа. 2019а. Т. 15, № 2. С. 82-86. EDN IALGPV.
515. *Сыщиков Д.В., Агурова И.В.* Средообразующее влияние растений на агрохимические показатели эдафотопов техногенно нарушенных земель // Новости науки в АПК. 2019б. № 1-2(12). С. 162-166. DOI 10.25930/b61n-wf86. EDN GODHCC.
516. *Сыщиков Д.В., Агурова И.В., Березовский А.С., Трискиба С.Д.* Агрохимическая характеристика и биологическая активность почв ландшафтно-рекреационного парка «Донецкий Кряж» // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. 2024. № 1. С. 125-132. DOI 10.5281/zenodo.12533055. EDN XMGMCK.
517. *Тамахина А.Я., Аххубекова А.А.* Реализация адаптивного потенциала у лекарственных растений (семейства Boraginaceae, Asteraceae) Кабардино-Балкарии. Нальчик. 2019. 195 с. ISBN 978-5-907150-17-1. EDN MRZCKR.
518. *Теркулов В.И.* Лингвистика войны: тактики восприятия и воздействия // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Гуманитарные науки. 2023а. Т. 16, № 6. С. 862-870. EDN DUIPLZ.

519. *Теркулов В.И.* Общая характеристика астионимов донецкого Донбасса // Известия Волгоградского государственного социально-педагогического университета. Филологические науки. 2023б. № 4(4). С. 62-69. EDN AQRMOZ.
520. *Теркулов В.И.* Сложносокращённые слова: новые параметры выделения и описания // Мир русского слова. 2022. № 1. С. 31-40. DOI 10.24412/1811-1629-2022-1-31-40. EDN ETGKGB.
521. *Технологии* фитоиндикации: новейшие технологии биоиндикации и экологические проблемы Донбасса / А.И. Сафонов. Донецк: ДонНУ, 2019. 104 с.
522. *Тимофеева Е.А., Молодцова А.С.* Содержание подвижных форм тяжелых металлов в нефтезагрязненном чернозёме типичном Республики Башкортостан в условиях полевого эксперимента // Фундаментальные основы биогеохимических технологий и перспективы их применения в охране природы, сельском хозяйстве и медицине. Тула. 2021. С. 199-202. EDN UJFFYQ.
523. *Тимофеева Е.А., Якушев А.В.* Опыт проведения занятий в Школе юного почвоведа-эколога на Факультете Почвоведения МГУ имени М.В. Ломоносова // Экология речных бассейнов. Суздаль. 2018. С. 708-713. EDN LKHGHZ.
524. *Тимощук И.В., Асякина Л.К., Горелкина А.К., Осинцева М.А., Голубцова Ю.В., Милентьева И.С.* Почвенно-экологическая оценка техногенно нарушенного ландшафта в районе отвала угольного разреза // Юг России: экология, развитие. 2024. Т. 19, № 1(70). С. 105-113. DOI 10.18470/1992-1098-2024-1-11. EDN SWMMMU.
525. *Тишков А.А.* Новые подходы к сохранению степей староосвоенных черноземных регионов России // Вопросы степеведения. 2024. № 1. С. 22-31. DOI 10.24412/2712-8628-2024-1-22-31. EDN AWBCUN.
526. *Тишков А.А., Белоновская Е.А., Титова С.В., Царевская Н.Г.* Степи России в мировой сводке по грассландам земли // Степи Северной Евразии. Оренбург. 2021. С. 799-806. DOI 10.24412/cl-36359-2021-799-806. EDN KQMMGE.
527. *Тишков А.А., Белоновская Е.А., Царевская Н.Г., Титова С.В., Чендев Ю.Г.* Использование резервов аборигенной флоры для восстановления техногенных ландшафтов в горнопромышленных районах Белгородской области // Закономерности трансформации экологических функций геосфер крупных горнопромышленных регионов. Воронеж. 2020. С. 247-252. EDN FIVOOE.
528. *Ткачев В.Н.* Тератогенез в архитектуре // Academia. Архитектура и строительство. 2023. № 3. С. 64-72. DOI 10.22337/2077-9038-2023-3-64-72. EDN KKVGAT.
529. *Ткаченко А.Н., Сафонов А.И.* Индикационная значимость палинологических экспертиз видов вторичной осенней ревитализации в Донбассе // Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет». 2022. Т. 1, № 14. С. 98-102. EDN NNUURQ.
530. *Ткаченко А.Н., Сафонов А.И.* Палинологические экспертизы видов вторичной осенней ревитализации в Донбассе // Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет». 2021. Т. 1, № 13. С. 164-167. EDN WZAWPE.
531. *Торохова О.Н., Агурова И.В.* Оценка пригодности пород промышленных отвалов Донбасса для произрастания растений // Промышленная ботаника. 2008. № 8. С. 12-16. EDN HHOWKU.
532. *Турчанинова А.В., Сафонов А.И.* Видометаллоспецифичность в фитотестировании // Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет». 2023. Т. 1, № 15. С. 122-125. EDN RWGEZY.
533. *Турчанинова А.В., Сафонов А.И.* Первичные реакции фитоиндикатора на загрязнение почв тяжелыми металлами при прорастании // Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет». 2022. Т. 1, № 14. С. 102-105. EDN ARJYWL.
534. *Турчанинова А.В., Сафонов А.И.* Ризологическое фитотестирование почв Донбасса // Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет». 2024. Т. 1, № 16. С. 160-164. EDN GDQXZC.
535. *Тютиков С.Ф., Ермаков В.В., Данилова В.Н.* Способ выявления техногенной составляющей загрязнения почвогрунтов молибденом и вольфрамом // Почвы и окружающая среда. Новосибирск. 2023. С. 687-690. EDN HLGBQK.
536. *Тютиков С.Ф., Ермаков В.В., Данилова В.Н.* Способ диагностики загрязнения почвогрунтов молибденом и вольфрамом в условиях горных степей Северного Кавказа // Степная Евразия – устойчивое развитие. Ростов-на-Дону. 2022. С. 289-291. EDN EQKRCL.
537. *Тютиков С.Ф., Ермаков В.В., Дегтярёв А.П., Данилова В.Н., Гуляева У.А.* Флуктуирующая асимметрия в комплексном эколого-биогеохимическом мониторинге хвостохранилища // Теоретическая и прикладная экология. 2021. № 4. С. 98-103. DOI 10.25750/1995-4301-2021-4-098-103. EDN JWEENW.
538. *Узденова А.Б.* Рекультивация нарушенных земель и устранение накопленного вреда окружающей среде на территории Кабардино-Балкарии // Успехи современного естествознания. 2022. № 12. С. 223-228. DOI 10.17513/use.37975. EDN PRFSDP.
539. *Уразгильдин Р.В., Кулагин А.Ю.* Техногенез и структурно-функциональные реакции древесных видов: повреждения, адаптации, стратегии. Часть 4. Влияние на жизненное состояние и выработку адаптивных стратегий древостоев // Биосфера. 2021. Т. 13, № 4. С. 206-223. EDN AVCNZM.

540. *Федоркина И.А.* Анализ риска и функции экологического благополучия по фитоиндикационным данным // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. 2023. № 4. С. 99-105. EDN JIIQJM.
541. *Федоркина И.А.* Индикационная значимость некоторых видов растений для экологического мониторинга в Донбассе // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. 2020б. № 1. С. 101-106. EDN JHDFAP.
542. *Федоркина И.А.* Фитоиндикационные корреляты уровня антропогенной нагрузки в Донбассе // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2020а. № 1-2. С. 37-42. EDN AIGLDJ.
543. *Федорова С.А., Федоров А.В.* Проблема современного благоустройства городских зон на примере Центральной площади г. Ижевска // Современные проблемы истории и теории архитектуры, Санкт-Петербург. 2022. С. 185-189. EDN GBOZQE.
544. *Фесенко О.О., Сафонов А.И.* Палинологическая информация при проведении экологического мониторинга // Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет». 2022. Т. 1, № 14. С. 105-109. EDN RIWVEU.
545. *Фитоэргономика* и функциональная ботаника: учебное пособие / А.И. Сафонов. Донецк: ДонНУ, 2019. 126 с.
546. *Фрейберг И.А.*, *Стеценко С.К.* Тератогенез сеянцев сосны – биоиндикатор загрязнения почвы лесных питомников пестицидами // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 5. С. 587-596. EDN SZVRJT.
547. *Фрунзе О.В.* Изменение ростовых показателей некоторых видов газонных трав в условиях контролируемого загрязнения почвы ионами свинца // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. 2023а. № 4. С. 106-114. EDN FXBQDM.
548. *Фрунзе О.В.* Сорбционная способность декоративных травянистых растений в условиях загрязнения почвы ионами хрома // Экосистемы. 2023б. № 33. С. 152-159. EDN DMWIJH.
549. *Фрунзе О.В.* Сорбционная способность некоторых видов газонных трав в условиях контролируемого загрязнения почвы ионами свинца // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2023в. № 1-2. С. 85-91. EDN VDFNUY.
550. *Фрунзе О.В.* Сорбционная способность некоторых видов декоративных травянистых растений в условиях контролируемого загрязнения почвы ионами кадмия // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. 2023г. № 1. С. 105-111. EDN UMMCJB.
551. *Фрунзе О.В.* Фиторемедиация почв, загрязненных ионами тяжелых металлов, с помощью древесных и кустарниковых растений // Лесной вестник. Forestry Bulletin. 2022. Т. 26, № 6. С. 92-98. DOI 10.18698/2542-1468-2022-6-92-98. EDN ADGBCT.
552. *Фрунзе О.В., Конопленко М.Н.* Содержание кобальта и марганца в проростках декоративных травянистых растений в условиях контролируемого // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2018. № 3-4. С. 132-136. EDN YSXHUT.
553. *Фрунзе О.В., Кузьменко М.С.* Влияние ионов цинка на морфометрические показатели декоративных травянистых растений // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. 2023. № 3. С. 76-83. EDN ILZRQC.
554. *Фрунзе О.В., Олюнина Е.А.* Содержание ионов кобальта и марганца в проростках газонных трав в условиях контролируемого загрязнения // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2021. № 3-4. С. 108-114. EDN AULEGO.
555. *Храпай Е.С., Кузина А.А., Колесников С.И., Минникова Т.В., Казеев К.Ш.* Оценка здоровья почвы рекультивированного хвостохранилища по показателям фитотоксичности // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. 2024. № 1(221). С. 162-168. DOI 10.18522/1026-2237-2024-1-162-168. EDN RGJNQO.
556. *Храпай Е.С., Кузина А.А., Павлюк М.В., Септарова А.Ю., Кучерова А.В., Колесников С.И.* Оценка химических и физико-химических свойств почвы рекультивированного хвостохранилища Урупского горно-обогатительного комбината // Наука Юга России: достижения и перспективы. Ростов-на-Дону. 2024. С. 18. EDN LHKRVD.
557. *Цаценко Л.В., Дмитрова Е.С.* Явление фасциации – феномен в развитии у растений // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2023. № 190. С. 117-127. DOI 10.21515/1990-4665-190-015. EDN FASZNX.
558. *Цаценко Л.В., Леденева А.Р.* Тераты у одуванчика (*Taraxacum officinale* Wigg.) – база образов // статья в открытом архиве № 351704056 от 19.05.2021. 42 с. DOI 0.13140/RG.2.2.27844.35201.
559. *Цаценко Л.В., Логвинов А.В.* Тератные формы растений: подходы и методы изучения. Краснодар: Просвещение-Юг, 2023. 110 с. EDN FKDBRZ.
560. *Цепина Н.И., Колесников С.И., Минникова Т.В., Русева А.С., Труфанов Д.А.* Оценка фитотоксичности наночастиц серебра в черноземе обыкновенном // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. 2024. № 2(222). С. 138-143. DOI 10.18522/1026-2237-2024-2-138-143. EDN JAFVYJ.

561. *Чадаева В.А., Цепкова Н.Л.* Интеграция методов индикационной геоботаники и популяционно-онтогенетических исследований при проведении биомониторинга состояния горно-луговых экосистем Кабардино-Балкарии // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2017. Т. 11, № 4. С. 94-100. EDN XNGIVV.
562. *Чадаева В.А., Шхагапсоев С.Х.* Теоретические аспекты стратегий жизни дикорастущих видов растений // Юг России: экология, развитие. 2016. Т. 11, № 4. С. 93-109. EDN XIQAYD.
563. *Червоная А.Н., Сулейманова Ю.Б., Сафонов А.И.* Индикационная значимость *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik. в условиях урбанизированных ландшафтов Донбасса // Донецкие чтения 2016. Образование, наука и вызовы современности. Донецк. 2016. С. 324-325. EDN YUAPDS.
564. *Черкашин К.В., Теркулов В.И., Тамерьян Т.Ю.* Этническая самоидентификация жителей Донбасса // Политическая лингвистика. 2023. № 1(97). С. 113-128. DOI 10.26170/1999-2629_2023_01_13. EDN LKZMZN.
565. *Черятова Ю.С., Джафарова А.Ф., Гресько А.И.* Ландшафтная индикация в решении задач природопользования // Природообустройство. 2024. № 2. С. 111-116. DOI 10.26897/1997-6011-2024-2-111-116. EDN LBWDYJ.
566. *Чибилёва А.А., Тишков А.А.* Сохранение экосистем степного и лесостепного междуречья Днепра и Дона // Вестник Российской академии наук. 2024. Т. 94, № 2. С. 149-157. DOI 10.31857/S0869587324020079. EDN GIAUYN.
567. *Чунаева Н.В., Сафонов А.И.* Гербарий кафедры ботаники и экологии ДонГУ как источник климатических данных в Донбассе с 1965 года // Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет». 2024. Т. 1, № 16. С. 170-174. EDN KGZAPH.
568. *Чуфицкий С.В.* Биотестирование токсичности вод волынцевского водохранилища с применением методов флуориметрии // Биодиагностика и экологическая оценка окружающей среды: современные технологии, проблемы и решения. Москва. 2023. С. 288-289. EDN SNQXGO.
569. *Чуфицкий С.В., Беспалова С.В.* Биомониторинг состояния поверхностных вод русла реки Кальмиус с применением метода флуориметрии // Съезд биофизиков России. Краснодар. 2023. С. 101-102. EDN ZDHFXJ.
570. *Шамраев А.А., Шамраева Е.О., Щербинина Н.В., Аверин Г.В.* Региональная система мониторинга состояния атмосферного воздуха // Информационные технологии в науке, образовании и производстве. Белгород. 2020. С. 240-245. EDN IKNMKU.
571. *Шаров С.А., Ашихмина Т.Я.* Особенности системы экологического мониторинга на этапе ликвидации последствий деятельности объектов по хранению и уничтожению химического оружия и реабилитации территорий // Химическое разоружение-2015. Ижевск. 2015. С. 204-208. EDN ONYOWJ.
572. *Шарый П.А., Шарая Л.С., Иванова А.В., Костина Н.В., Розенберг Г.С.* Зависимость состава спектров жизненных форм сосудистых растений от факторов среды в Среднем // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2019. Т. 21, № 2(88). С. 26-34. EDN SVIVWU.
573. *Шевченко С.В., Кузьмина Т.Н., Мирошниченко Н.Н.* Структурно-функциональная организация генеративной сферы цветковых растений. Симферополь. 2020. 162 с. ISBN 978-5-907376-00-7. EDN DSFPZP.
574. *Шеставин Н.С.* Архитектура региональной цифровой платформы спутникового мониторинга экологических, техносферных и продовольственных рисков на территориях Донбасса // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. Москва. 2021а. С. 122. EDN VRPQQI.
575. *Шеставин Н.С.* Перспективы использования данных космического мониторинга для оценки экологических последствий военных действий и чрезвычайных ситуаций на территориях Донбасса и сопредельных регионов // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. Москва. 2022. С. 122. EDN RZRIND.
576. *Шеставин Н.С.* Системный подход к формированию цифровой платформы спутникового мониторинга экологической, климатической, техносферной и продовольственной безопасности Донбасса // Донецкие чтения 2021: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности. Донецк. 2021б. С. 69-71. EDN PPKVLP.
577. *Шеставин Н.С., Кишкань Р.В., Недопекин Ф.В., Несова А.В., Хархордин Е.В., Юрченко В.В.* Концепция создания и деятельности региональной системы спутникового мониторинга состояния окружающей среды и последствий чрезвычайных ситуаций на Донбассе // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. Москва. 2020. С. 105. EDN VMDRNM.
578. *Шеставин Н.С., Несова А.В.* Возможности анализа спутниковых данных для оценки экологических последствий военных действий и чрезвычайных ситуаций на территориях Донбасса и сопредельных регионов // Донецкие чтения 2023: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности. Донецк. 2023. С. 94-97. EDN AAJFJN.
579. *Шеставин Н.С.*, *Несова А.В., Кудокоцев Н.С.* Спутниковый мониторинг пожаров и состояния растительности в 2021-2022 гг. на территориях Донбасса и сопредельных регионов // Экология. Экономика. Информатика. Серия: Геоинформационные технологии и космический мониторинг. 2022. Т. 2, № 7. С. 25-31. DOI 10.23885/2500-123X-2022-2-7-25-31. EDN THXZLC.
580. *Ширвани Т.С., Аннагиева М.А., Бабаева Г.Х., Алиева Ф.К.* Изменения морфо-физиологического статуса растения тыквы при ее адаптации к тяжелым металлам в условиях засоления // Физиология растений –

теоретическая основа инновационных агро- и фитобиотехнологий. Калининград. 2014. С. 492-494. EDN TMZINR.
581. *Широких И.Г., Боков Н.А., Дабах Е.В., Кондакова Л.В., Широких А.А., Ашихмина Т.Я.* Прокариотные сообщества при самозарастании хранилища отходов предприятия химической промышленности // Сибирский экологический журнал. 2024. Т. 31, № 2. С. 344-358. DOI 10.15372/SEJ20240213. EDN KPGHHQ.
582. *Шитиков В.К., Розенберг Г.С., Зинченко Т.Д.* Экологические ниши, их современная интерпретация и перспективы моделирования // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2021. Т. 30, № 4. С. 80-88. DOI 10.24412/2073-1035-2021-10427. EDN LZFJBP.
583. *Шульгина Н.С., Сафонов А.И.* Оценка антропогенной нагрузки на экотопы по данным структурного фитомониторинга // Донецкие чтения 2017: Русский мир как цивилизационная основа научно-образовательного и культурного развития Донбасса. Том 2. Донецк. 2017. С. 127-128. EDN YOUSZS.
584. *Эволюционная* биология: учебник / А.И. Сафонов. Донецк: ДонНУ, 2019. 441 с.
585. *Эйдензон Д.В., Ижмулкина Е.А., Ганиева И.А., Лошкарева О.В.* Концепция информационно-аналитической системы мониторинга природной среды техногенно нарушенных аграрных ландшафтов // Достижения науки и техники АПК. 2012. № 7. С. 75-77. EDN PBGUXJ.
586. *Экологическая* сеть Европы / А.И. Сафонов. Донецк: ДонНУ, 2021. 134 с.
587. *Экологическая* стандартизация и сертификация. А.И. Сафонов. Донецк: ДонНУ, 2021. 144 с.
588. *Экологический* мониторинг: учебник / А.И. Сафонов. Донецк: ДонНУ, 2021. 478 с.
589. *Экология* в Донецкой Народной Республике (2014-2018): библиографический указатель. Вып. 4. Донецкая республиканская универсальная научная библиотека имени Н.К. Крупской; научн. ред. А.И. Сафонов. Донецк, 2019. http://library.donnu.ru/el/ed/2391_ZCTE.pdf
590. *Экология* в Донецкой Народной Республике (2019-2022): библиографический указатель. Вып. 5. Донецкая республиканская универсальная научная библиотека имени Н.К. Крупской; научн. ред. А.И. Сафонов. Донецк, 2024. 218 с.
591. *Экология* и рациональное природопользование: учебное пособие / А.И. Сафонов. Донецк: ДонНУ, 2021. 104 с.
592. *Юзбеков А.К., Юзбеков М.А.* Экологические проблемы и пути их решения в регионах Российской Федерации. Москва: МГУ, 2023. 170 с. ISBN 978-5-19-011921-3. EDN HPNBRP.
593. *Янин Е.П.* Из архивного наследия академика В.И. Вернадского. История и судьба сборника «Живое вещество». Москва: АРСО, 2022. 372 с. ISBN 978-5-906731-00-5. EDN FCEHON.
594. *Янников И.М., Телегина М.В., Кузнецов Н.П.* Методика оценки экологической ситуации загрязненных территорий // Экология промышленного производства. 2020. № 1(109). С. 28-32. EDN NZQQVI.
595. *Яшков И.А., Иванов А.В., Виноградова Т.Н., Кузин А.Г.* Опыт геоэкологического анализа свалочного тела в условиях урбанизированной территории (на примере г. Саратова) // Сергеевские чтения. Инженерно-геологические и геоэкологические проблемы городских агломераций. Москва. 2015. С. 458-462. EDN UBWFKV.
596. *Abraham V., Veski S., Pędziszewska A., Weiser M., Giesecke T., Hicks S., Svobodová-Svitavská H., Bozilova E., Panajiotidis S., Filipova-Marinova M., Jensen C.E., Tonkov S., Pidek I.A., Å więta-Musznicka J., Zimny M., Kvavadze E., Filbrandt-Czaja A., Hättestrand M., Karlloğlu Klllç N., Kosenko J. et al.* Patterns in recent and holocene pollen accumulation rates across Europe - the pollen monitoring programme database as a tool for vegetation reconstruction /// Biogeosciences. 2021. Vol. 18, No. 15. P. 4511-4534. DOI 10.5194/bg-18-4511-2021. EDN LVLLLD.
597. *Abrica-González P., Gómez-Arroyo S., Jazcilevich-Diamant A., Sotelo-López A., Flores-Márquez A.R., Cortés-Eslava J.* Evaluation of toxicological effects of ZnO and CuO nanoparticles with *Taraxacum officinale* as bioindicator // Water, Air, & Soil Pollution. 2023. Vol. 234, No. 7. P. 443. DOI 10.1007/s11270-023-06432-3. EDN NJHCBT.
598. *Adamovich T.A., Domnina E.A., Timonov A.S., Rutman V.V., Ashikhmina T.Ya.* Methodological techniques for identifying plant communities based on Earth remote sensing data and field research // Theoretical and Applied Ecology. 2019. No. 2. P. 39-43. DOI 10.25750/1995-4301-2019-2-039-043. EDN ODSPCQ.
599. *Adhikari S., Siebert S.J., Jordaan A., Beukes J.P.* Anthropogenic sources dominate foliar chromium dust deposition in a mining-based urban region of South Africa // International Journal of Environmental Research and Public Health. 2022. Vol. 19, No. 4. DOI 10.3390/ijerph19042072. EDN QIIDLG.
600. *Agathokleous E., Calabrese E.J.* Editorial overview: Hormesis and dose-response // Current Opinion in Toxicology. 2022. Vol. 30. P. 100343. DOI 10.1016/j.cotox.2022.03.004. EDN NDPYPF.
601. *Agathokleous E., Feng Zh., Blande Ja., Peñuelas J.* Pollution shows no mercy to pollination: Act yesterday // Journal of Safety and Sustainability. 2023. DOI 10.1016/j.jsasus.2023.10.001. EDN LNKAEF.
602. *Agathokleous E., Liu Ch.J., Calabrese E.J.* Applications of the hormesis concept in soil and environmental health research // Soil & Environmental Health. 2023. Vol. 1, No. 1. P. 100003. DOI 10.1016/j.seh.2023.100003. EDN MJZERL.
603. *Agrawal A.A.* A scale-dependent framework for trade-offs, syndromes, and specialization in organismal biology // Ecology. 2020. Vol. 101, No. 2. P. e02924. DOI 10.1002/ecy.2924. EDN XUZLMG.

604. *Agurova I.V., Syshchykov D.V.* Acidity of degraded soils of agricultural lands in the Donetsk People's Republic // Moscow University Soil Science Bulletin. 2023. Vol. 78, No. 3. P. 301-306. DOI 10.3103/s014768742303002x. EDN MYVSCJ.
605. *Ahler S.J., Ladwig L.M., Charton K.T., Henn J.J., Damschen E.I.* Dispersal and persistence traits inform long-term herbaceous plant community change in encroached savannas // Plant Ecology. 2023. Vol. 224, No. 4. P. 361-371. DOI 10.1007/s11258-023-01307-3. EDN MSBRZA.
606. *Albert Á.-J., Bitomský M., Götzenberger L., Mudrák O., Klimešová J.* Seed production of co-occurring species: Regenerative strategies, plant economic spectrum or architectural constraints? // Basic and Applied Ecology. 2022. Vol. 58. P. 121-129. DOI 10.1016/j.baae.2021.12.001. EDN SZJJMW.
607. *Albertini R.J., Vacek P.M., Carter E.W., Nicklas J.A., Squibb K.S., Gucer P.W., Mcdiarmid M.A., Engelhardt S.M.* Mutagenicity monitoring following battlefield exposures: longitudinal study of HPRT mutations in gulf war i veterans exposed to depleted uranium // Environmental and Molecular Mutagenesis. 2015. Vol. 56, No. 7. P. 581-593. DOI 10.1002/em.21955. EDN SNYYRM.
608. *Alemasova A.S., Shevchuk I.A., Shchepina N.D., Moreva V.V.* Complexing modifiers in atomic-absorption determination of heavy metals in surface waters // Industrial Laboratory. 1996. Vol. 62, No. 12. P. 762-764. EDN XLLQNP.
609. *Amin H., Ahmed Arain B., Jahangir T.M., Abbasi A.R., Abbasi M.S., Amin F.* Comparative zinc tolerance and phytoremediation potential of four biofuel plant species // International Journal of Phytoremediation. 2023. Vol. 25, No. 8. P. 1014-1028. DOI 10.1080/15226514.2022.2125496. EDN ACJHFF.
610. *Anjum S., Hussain M., Hameed M., Ahmad R.* Phyto-monitoring of spatio-temporal variations in traffic related metal pollution using native species // International Journal of Agriculture and Biology. 2020. Vol. 24, No. 4. P. 953-960. DOI 10.17957/IJAB/15.1521. EDN EUEOLY.
611. *Antoniadis V., Levizou E., Shaheen S.M., Rinklebe J., Stärk H.-J., Wennrich R., Merbach I.* Phytoremediation potential of twelve wild plant species for toxic elements in a contaminated soil // Environment International. 2021. Vol. 146. P. 106233. DOI 10.1016/j.envint.2020.106233. EDN YNMJHQ.
612. *Averin G.V., Zviagintseva A.V., Konstantinov I.S., Shvetsova A.A.* Method and criteria for assessing sustainable development // The Journal of Social Sciences Research. 2018. Vol. 2018, No. Special Issue 5. P. 181-187. DOI 10.32861/jssr.spi5.181.187. EDN CRQEYU.
613. *Baczewska-Dąbrowska A.H., Gworek B., Dmuchowski W.* The use of mosses in biomonitoring of air pollution in the terrestrial environment: a review // Ochrona Srodowiska i Zasobow Naturalnych. 2023. Vol. 34, No. 2. P. 19-30. DOI 10.2478/oszn-2023-0005. EDN LOVSML.
614. *Bahadur S., Rehman Sh., Long W., Ahmad M., Ullah F., Butt M.A.* Foliar micromorphology with emphasis on the trichomes diversity and its taxonomic relevance in selected tribes of Asteraceae from Hainan Island // Flora: Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants. 2023. Vol. 300. P. 152229. DOI 10.1016/j.flora.2023.152229. EDN BRHJKP.
615. *Barbinta-Patrascu M.E., Bita B., Negut I.* From nature to technology: exploring the potential of plant-based materials and modified plants in biomimetics, bionics, and green innovations // Biomimetics. 2024. Vol. 9, No. 7. P. 390. DOI 10.3390/biomimetics9070390. EDN XCPGST.
616. *Baroni D., Ancora S., Franzaring J., Loppi S., Monaci F.* Tree-rings analysis to reconstruct atmospheric mercury contamination at a historical mining site // Frontiers in Plant Science. 2023. Vol. 14. DOI 10.3389/fpls.2023.1260431. EDN KCDRPV.
617. *Basak T., Bhattacharya K.* Seasonal pollinosis due to kans grass pollen: prevalence and immune-biochemical approach // Aerobiology. 2023. Vol. 1, No. 1. P. 37-53. DOI 10.3390/aerobiology1010004. EDN BFIOSP.
618. *Baskin C.C., Baskin J.M.* Seed dormancy in Asteraceae: a global vegetation zone and taxonomic/phylogenetic assessment // Seed Science Research. 2023. Vol. 33, No. 2. P. 135-169. DOI 10.1017/s0960258523000107. EDN FKKCYA.
619. *Basto S., Thompson K., Grime J.P., Rees M., Fridley J.D., Askew A.P., Calhim S.* Severe effects of long-term drought on calcareous grassland seed banks // NPJ Climate and Atmospheric Science. 2018. Vol. 1, No. 1. P. 1. DOI 10.1038/s41612-017-0007-3. EDN OJFRZY.
620. *Basu S.K., Kovalchuk I.* Biosensing with plants: Plant receptors for sensing environmental pollution // Recognition Receptors in Biosensors, 2010. P. 383-413. DOI 10.1007/978-1-4419-0919-0_10. EDN YEODKT.
621. *Bauer M., Huber Ja.K., Kollmann J.* Fit by design: Developing seed–substrate combinations to adapt dike grasslands to microclimatic variation // Journal of Applied Ecology. 2023. Vol. 60, No. 11. P. 2413-2424. DOI 10.1111/1365-2664.14497. EDN THOGPB.
622. *Belogurov V.* Generalized assessment of region environmental state based on mathematico-cartographic modeling with GIS // Industrial Technologies and Engineering (ICITE 2023). Vol. 474. Les Ulis, 2024. P. 02001. DOI 10.1051/e3sconf/202447402001. EDN CPOQAF.
623. *Belyakov A.M., Koshelev A.V.* Manifestation of degradation processes in agricultural landscapes of the dry-steppe zone in Volgograd oblast // Arid Ecosystems. 2023. Vol. 13, No. 1. P. 105-114. DOI 10.1134/S207909612301002X. EDN GZWHJN.

624. *Bezel' V.S., Zhuikova T.V., Gordeeva V.A., Goloushkina E.V.* Biogeochemistry of impact regions: the role of edaphic and phytocoenotic environmental factors // Geochemistry International. 2020. Vol. 58, No. 10. P. 1135-1144. DOI 10.1134/S0016702920100043. EDN TVCIVB.
625. *Boahen F., Száková J., Kališová A., Najmanová Ja., Tlustoš P.* The assessment of the soil–plant-animal transport of the risk elements at the locations affected by brown coal mining // Environmental Science and Pollution Research. 2023. Vol. 30, No. 1. P. 337-351. DOI 10.1007/s11356-022-22254-y. EDN AYMZYQ.
626. *Bobrov A.V.F.C., Romanov M.S.* Morphogenesis of fruits and types of fruit of angiosperms // Botany Letters. 2019. Vol. 166, No. 3. P. 366-399. DOI 10.1080/23818107.2019.1663448. EDN QSIMXJ.
627. *Boch S., Küchler H., Küchler M., Bedolla A., Ecker K.T., Graf U.H., Moser T., Holderegger R., Bergamini A.* Observer-driven pseudoturnover in vegetation monitoring is context-dependent but does not affect ecological inference // Applied Vegetation Science. 2022. Vol. 25, No. 3. DOI 10.1111/avsc.12669. EDN ZEZRJH.
628. *Bogaard A., Hodgson J.G., Wilson P.J., Band S.R.* An index of weed size for assessing the soil productivity of ancient crop fields // Vegetation History and Archaeobotany. 1998. Vol. 7, No. 1. P. 17-22. DOI 10.1007/bf01393414. EDN GUYPSA.
629. *Boyarskikh I.G., Klyuchevskaya A.I., Syso A.I., Agatova A.R.* Plant morphofunctional response to environmental changes in active fault zones of the Kurai Ridge (Gorny Altai) // Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics. 2020. Vol. 56, No. 8. P. 773–798. DOI 10.1134/S0001433820080022. EDN HDHJMJ.
630. *Braga L., Furia E., Buldrini F., Mercuri A.M.* Pollen and flora as bioindicators in assessing the status of polluted sites: the case study of the Mantua Lakes // Sustainability. 2023. Vol. 15, No. 12. P. 9414. DOI 10.3390/su15129414. EDN XUWIJP.
631. *Budzyńska S., Budka A., Roszyk E., Niedzielski P., Mleczek M.* Trace of negative changes in environment recorded in cores of trees growing near busy city roads in Poznań, Poland – dendromonitoring of urban pollution // Ecological Indicators. 2023. Vol. 149. P. 110198. DOI 10.1016/j.ecolind.2023.110198. EDN XANJAU.
632. *Bundschuh M.* Ecological theory and concepts in ecotoxicology // Environmental Toxicology and Chemistry. 2023. Vol. 42, No. 9. P. 1855-1856. DOI 10.1002/etc.5697. EDN QAVCKY.
633. *Burlutskiy V.A., Mazurov V.N., Osokin I.E., Peliy A.F., Semeshkina P.S., Borodina E.S., Gins M.S., Peliy A.F.* Development and use of synanthropic phytocenoses with complex invasion in Kaluga region // RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries. 2019. Vol. 14, No. 2. P. 114-122. DOI 10.22363/2312-797X-2019-14-2-114-122. EDN TTXAOD.
634. *Cakaj A., Drzewiecka K., Hanć A., Lisiak-Zielińska M., Ciszewska L., Drapikowska M.* Plants as effective bioindicators for heavy metal pollution monitoring // Environmental Research. 2024. Vol. 256. P. 119222. DOI 10.1016/j.envres.2024.119222. EDN XAGWLV.
635. *Capone P., Lancia A., D'Ovidio M.C.* Interaction between air pollutants and pollen grains: effects on public and occupational health // Atmosphere. 2023. Vol. 14, No. 10. P. 1544. DOI 10.3390/atmos14101544. EDN EBVVPQ.
636. *Carta A., Vandelook F., Ramírez-Barahona S., Chen Si.Ch., Dickie J., Steinbrecher T., Thanos C.A., Moles A.T., Leubner-Metzger G., Mattana E.* The seed morphospace, a new contribution towards the multidimensional study of angiosperm sexual reproductive biology // Annals of Botany. 2024. DOI 10.1093/aob/mcae099. EDN ZUSDYW.
637. *Cepoi L., Valuta A., Codreanu L., Rudi L., Chiriac T., Zinicovscaia I., Yushin N., Grozdov D., Peshkova A.* Bioremediation capacity of edaphic cyanobacteria Nostoc linckia for chromium in association with other heavy-metals-contaminated soils // Environments. 2022. Vol. 9, No. 1. DOI 10.3390/environments9010001. EDN DKKKRV.
638. *Cervigón P., Ferencova Z., Cascón Á., Romero-Morte J., Galán Díaz Ja., Sabariego S., Torres M., Montserrat Gutiérrez-Bustillo A., Rojo J.* Progressive pollen calendar to detect long-term changes in the biological air quality of cities in the Madrid Region, Spain // Landscape and Urban Planning. 2024. Vol. 247. P. 105053. DOI 10.1016/j.landurbplan.2024.105053. EDN UIXZGX.
639. *Chandrasekhar C., Ray J.G.* Plant response to excess of copper in soils: a review // Metal toxicity in higher plants, 2020. P. 137-155. EDN UKIECL.
640. *Chase M.W., Christenhusz M.J.M., Fay M.F., Byng J.W., Judd W.S., Soltis D.E., Mabberley D.J., Sennikov A.N., Soltis P.S., Stevens P.F., Briggs B., Brockington S., Chautems A., Clark J.C., Conran J., Haston E., Möller M., Moore M., Olmstead R., Perret M. et al.* An update of the Angiosperm phylogeny group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV // Botanical Journal of the Linnean Society. 2016. Vol. 181, No. 1. P. 1-20. – DOI 10.1111/boj.12385. EDN WWACMB.
641. *Chen Ch.* Three-dimensional system modeling and design of ecological garden landscape based on the interlaced spatial pattern of light and shadow // Journal of Computational Methods in Sciences and Engineering. 2023. Vol. 23, No. 3. P. 1503–1516. DOI 10.3233/jcm-226712.
642. *Costa M.G., de Mello Prado R., Palaretti L.F., de Souza Júnior J.P.* The effect of abiotic stresses on plant C:N:P homeostasis and their mitigation by silicon // The Crop Journal. 2024. Vol. 12, No. 2. P. 340-353. DOI 10.1016/j.cj.2023.11.012. EDN HBATPF.
643. *Dai H., Dai W., Hu Zh., Zhang W., Zhang G., Guo R.* Advanced composites inspired by biological structures and functions in nature: architecture design, strengthening mechanisms, and mechanical-functional responses // Advanced Science. 2023. Vol. 10, No. 14. DOI 10.1002/advs.202207192. EDN EJZLUO.

644. *Dalle Fratte M., Brusa G., Zanzottera M., Cerabolini B.E.L., Pierce S.* Plant trait variation along environmental indicators to infer global change impacts // Flora: Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants. 2019. Vol. 254. P. 113-121. DOI 10.1016/j.flora.2018.12.004. EDN WYQJKR.
645. *Daoud R.M., Kolesnikov S.I., Kuzina A.A., Kazeev K.Sh., Cuong D.H., Hoi N.D.* Assessment of south Russia arid soils resistance to gasoline contamination using biological indicators // Biogeosystem Technique. 2020. No. 7(2). P. 55-65. DOI 10.13187/bgt.2020.2.55. EDN CGPBQL.
646. *Daz S., Cabido M.* Vive la difference: plant functional diversity matters to ecosystem processes // Trends in Ecology & Evolution. 2001. Vol. 16, No. 11. P. 646-655. EDN ARJBVV.
647. *de la Paz Pollicelli M., Márquez F., Idaszkin Ya.L.* Towards a comprehensive understanding of zinc tolerance in Limonium brasiliense as a useful tool for environmental remediation and monitoring // Environmental Science and Pollution Research. 2024. Vol. 31, No. 17. P. 25299-25311. DOI 10.1007/s11356-024-32811-2. EDN MBAJHQ.
648. *de Lira-Quezada C.E., González-Díaz S.N., Cotera-de Lira A.G., Macouzet-Sánchez C., Acuña-Ortega N., Guzman-Avilán R.I., Macías-Weinmann A.* The association of air pollution in respiratory allergy: Its impact in an industrial city // World Allergy Organization Journal. 2024. Vol. 17, No. 2. P. 100867. DOI 10.1016/j.waojou.2023.100867. EDN WQUFXW.
649. *Deák B., Bede Á., Valkó O., Báthori F., Tóth C.A., Lisetskii F., Buryak Z., Bragina T.M., Apostolova I., Bán M.* Eurasian kurgan database – a new initiation for conserving steppic burial mounds // Journal of Landscape Ecology. 2021. Vol. 18, No. 2. P. 97-111. EDN LPSJTD.
650. *Delalandre L., Violle C., Coq S., Garnier E.* Trait–environment relationships depend on species life history // Journal of Vegetation Science. 2023. Vol. 34, No. 6. DOI 10.1111/jvs.13211. EDN MMZWHO.
651. *Dhiman Sh., Singh A.D., Kour Ja., Kumar V., Bhardwaj R.* Heavy metal-induced phyto-hormetic morpho-physio-biochemical adjustments: a critical review // Journal of Plant Growth Regulation. 2024. DOI 10.1007/s00344-024-11408-6. EDN MMYCBE.
652. *Díaz Rizo O., Casanova Díaz A.O., Torres Ramos A.G., Ramos López D.* Heavy metals concentration, pollution indexes, and health risk assessment of urban road dust in the historical center of Havana, Cuba // Environmental Monitoring and Assessment. 2023. Vol. 195, No. 2. P. 349. DOI 10.1007/s10661-022-10875-2. EDN WKKECF.
653. *Díaz S., Kattge J., Cornelissen J.H.C., Wright Ia.J., Lavorel S., Dray S., Reu B., Kleyer M., Wirth Ch., Prentice I.C., Garnier E., Bönisch G., Westoby M., Poorter H., Reich P.B., Moles A.T., Dickie J., Zanne A.E., Chave J., Wright S.J. et al.* The global spectrum of plant form and function: enhanced species-level trait dataset // Scientific Data. 2022. Vol. 9, No. 1. DOI 10.1038/s41597-022-01774-9. EDN RFBBJA.
654. *Dogadina M.A., Botuz N.I.* Rational nature management of urban flora in urban floristry // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Vol. 315. Institute of Physics and IOP Publishing Limited, 2019. P. 52072. DOI 10.1088/1755-1315/315/5/052072. EDN XHKPSP.
655. *Dogadkin D., Safonov A., Danilova V., Degtyarev A.* Biogeochemical monitoring of terricones of Central Donbass, screening of 2023 // Green economy and adaptation of industry to climate changes, Beograd, 2024 (Zemun: Akademska izdanja). P. 52.
656. *Dong Yu., Kuang W., Ren Zh., Dou Y., Deng X.* Green or grain? Impact of green space expansion on grain production in Chinese cities and its implications for national urban greening schemes // Landscape Ecology. 2024. Vol. 39, No. 7. P. 117. DOI 10.1007/s10980-024-01921-0.
657. *Dorogova Y.A., Zhukova L.A., Turmuhametova N.V., Polyanskaya T.A., Notov A.A., Dementyeva S.M.* Methods of analysis of environmental diversity of plants // Biology and Medicine. 2016. Vol. 8, No. 7. P. 354. DOI 10.4172/0974-8369.1000354. EDN YVAHVB.
658. *Dujardin S., Linard C., Dendoncker N., Stas M., Van Eupen C., Aerts R., Van Orshoven J., Somers B., Aerts J.-M., Nawrot T.S., Hendrickx M., Delcloo A.W., Duchêne F., Hamdi R., Van Nieuwenhuyse A.* Mapping abundance distributions of allergenic tree species in urbanized landscapes: A nation-wide study for Belgium using forest inventory and citizen science data // Landscape and Urban Planning. 2022. Vol. 218. P. 104286. DOI 10.1016/j.landurbplan.2021.104286. EDN VCHHHD.
659. *Durant P.C., Bhasin A., Juenger T.E., Heckman R.W.* Genetically correlated leaf tensile and morphological traits are driven by growing season length in a widespread perennial grass // American Journal of Botany. 2024. Vol. 111, No. 5. DOI 10.1002/ajb2.16349. EDN KPLERW.
660. *Elliott C.P., Commander L.E., Merino-Martín L., Golos P.J., Stevens J., Miller B.P.* An approach to defining and achieving restoration targets for a threatened plant community // Ecological Applications. 2022. Vol. 32, No. 6. DOI 10.1002/eap.2613. EDN FGWDUN.
661. *Elvira N.J., Medina N.G., Leo M., Cala V., Estébanez B.* Copper content and resistance mechanisms in the terrestrial moss ptychostomum capillare: a case study in an abandoned copper mine in central spain / // Archives of Environmental Contamination and Toxicology. 2020. Vol. 79, No. 1. P. 49-59. DOI 10.1007/s00244-020-00739-6. EDN GWCPAT.
662. *Erdős L., Kiss M., Kröel-Dulay G., Molnár Z., Ambarlı D., Anenkhonov O.A., Bátori Z., Tölgyesi C., Cserhalmi D., Liu H., Magnes M., Naqinezhad A., Semenishchenkov Y.A., Török P.* The edge of two worlds: A new review and synthesis on Eurasian forest-steppes // Applied Vegetation Science. 2018. Vol. 21, No. 3. P. 345-362. DOI 10.1111/avsc.12382. EDN YBXVCP.

663. *Ermakov V., Gulyaeva U., Tyutikov S., Safonov V., Danilova V., Bech J., Roca N.* Relationship of the mobile forms of calcium and strontium in soils with their accumulation in meadow plants in the area of Kashin-Beck endemia // Environmental Geochemistry and Health. 2020. Vol. 42, No. 1. P. 159-171. DOI 10.1007/s10653-019-00323-5. EDN ELYEVH.
664. *Ermakov V., Safonov V., Dogadkin D.* Characteristic features of molybdenum, copper, tungsten and rhenium accumulation in the environment // Innovative Infrastructure Solutions. 2021. Vol. 6, No. 2. DOI 10.1007/s41062-021-00481-5. EDN VHXNIF.
665. *Ermakov V.V., Tyutikov S.F., Danilova V.N.* Ecological monitoring of the Unal depression, Northern Ossetiya-Alania, using techniques of biogeochemical indication // Geochemistry International. 2020. Vol. 58, No. 3. P. 332-341. DOI 10.1134/S0016702920030040. EDN NORPAM.
666. *Erofeeva E. A.* Environmental hormesis in living systems: the role of hormetic trade-offs // Science of the Total Environment. 2023. Vol. 901. P. 166022. DOI 10.1016/j.scitotenv.2023.166022. EDN JSUDJN.
667. *Erofeeva E.A.* Environmental hormesis of non-specific and specific adaptive mechanisms in plants // Science of the Total Environment. 2022a. Vol. 804. P. 150059. DOI 10.1016/j.scitotenv.2021.150059. EDN FVVWEU.
668. *Erofeeva E.A.* Environmental hormesis: from cell to ecosystem // Current Opinion in Environmental Science and Health. 2022b. Vol. 29. P. 100378. DOI 10.1016/j.coesh.2022.100378. EDN IKKJLM.
669. *Erofeeva E.A.* Hormesis in plants: Its common occurrence across stresses // Current Opinion in Toxicology. 2022c. Vol. 30. P. 100333. DOI 10.1016/j.cotox.2022.02.006. EDN MIYYSO.
670. *Erofeeva E.A., Gelashvili D.B., Rozenberg G.S.* The modern concept of hormesis: an overview of the issue and its significance for ecology // Biology Bulletin Reviews. 2023. Vol. 13, No. S3. P. 229-239. DOI 10.1134/s2079086423090037. EDN XYJWYX.
671. *Esmaeilzadeh M., Tavakol M., Mohseni F., Mahmoudi M., Nguyen U.P., Fattahi M.* Biomarkers for monitoring heavy metal pollution in the Anzali Wetland // Marine Pollution Bulletin. 2023. Vol. 196. P. 115599. DOI 10.1016/j.marpolbul.2023.115599. EDN RCEQNV.
672. *Evstegneeva N.A., Kolesnikov S.I., Timoshenko A.N., Minnikova T.V., Tsepina N.I., Kazeev K.Sh.* Assessment of thallium ecotoxicity by biological properties of soils // Eurasian Soil Science. 2024. Vol. 57, No. 3. P. 482-492. DOI 10.1134/S1064229323602998. EDN YBAGDD.
673. *Fadeev N.B., Sidelnikov N.I., Skrypitsyna T.N., Kurkov V.M.* Use of remote sensing data and GIS technologies for monitoring stocks of medicinal plants: problems and // Springer Proceedings in Earth and Environmental Sciences. 2019. P. 14-21. DOI 10.1007/978-3-030-11720-7_3. EDN FXZMXS.
674. *Fang X., Kong L.* Recent trends in landscape sustainability research – a bibliometric assessment // Land. 2024. Vol. 13, No. 6. P. 811. DOI 10.3390/land13060811. EDN VUTCAJ.
675. *Fenesi A., Sándor D., Ruprecht E., Pyšek P., Pergl J., Essl F., Dawson W., Kreft H., Weigelt P., Winter M., Van Kleunen M.* The role of fruit heteromorphism in the naturalization of Asteraceae // Annals of Botany. 2019. Vol. 123, No. 6. P. 1043-1052. DOI 10.1093/aob/mcz012. EDN ACWINN.
676. *Fernández-Alvarado J.F., Fernández-Rodríguez S.* Environmental risk assessment based on the allergenicity of urban green infrastructure: case study of an urban park // Sustainable Cities and Society. 2023. Vol. 94. P. 104532. DOI 10.1016/j.scs.2023.104532. EDN OVDZBA.
677. *Fernández-González M., Ribeiro H., Rodríguez-Rajo F.Ja., Cruz A., Abreu I.* Short-term exposure of dactylis glomerata pollen to atmospheric gaseous pollutants is related to an increase in ige binding in patients with grass pollen allergies // Plants. 2023. Vol. 12, No. 1. P. 76. DOI 10.3390/plants12010076. EDN VRNDWB.
678. *Fomina N.V.* Modern methodological approaches to environmental education at the university // Journal of Physics. Vol. 1691. IOP Publishing Limited, 2020. P. 12148. DOI 10.1088/1742-6596/1691/1/012148. EDN ZAYPWH.
679. *Freschet G.T., Wardle D.A., Jackson B.G., Cornwell W.K., Soudzilovskaia N.A., Cornelissen J.H.C., Elumeeva T.G., Onipchenko V.G., Liu W., Tao J.* Linking litter decomposition of above- and below-ground organs to plant-soil feedbacks worldwide // Journal of Ecology. 2013. Vol. 101, No. 4. P. 943-952. DOI 10.1111/1365-2745.12092. EDN RFISVP.
680. *Frisk C.A., Apangu G.P., Petch G.M., Creer S., Hanson M., Adams-Groom B., Skjøth C.A.* Microscale pollen release and dispersal patterns in flowering grass populations // Science of the Total Environment. 2023. Vol. 880. P. 163345. DOI 10.1016/j.scitotenv.2023.163345. EDN KSXOXR.
681. *Fristoe T.S., Bleilevens J., Kinlock N.L., Yang Q., Zhang Zh., Dawson W., Essl F., Kreft H., Pergl Ja., Pyšek P., Weigelt P., Dufour-Dror J.M., Sennikov A.N., Wasowicz P., Westergaard K.B., van Kleunen M.* Evolutionary imbalance, climate and human history jointly shape the global biogeography of alien plants // Nature Ecology and Evolution. 2023. Vol. 7, No. 10. P. 1633-1644. DOI 10.1038/s41559-023-02172-z. EDN GZALMQ.
682. *Fröhlichová A., Száková J., Najmanová J., Tlustoš P.* An assessment of the risk of element contamination of urban and industrial areas using *Taraxacum* sect. Ruderalia as a bioindicator / Environmental Monitoring and Assessment. 2018. Vol. 190, No. 3. P. 150. DOI 10.1007/s10661-018-6547-0. EDN VFBVUQ.
683. *Frunze O.* Sorption capacity of ornamental herbaceous plants under conditions of soil contamination with lead // E3S Web of Conf. 2023. Vol. 462. P. 02004. DOI 10.1051/e3sconf/202346202004.
684. *Gawecka K.A., Bascompte J.* Habitat restoration and the recovery of metacommunities // Journal of Applied Ecology. 2023. Vol. 60, No. 8. P. 1622-1636. DOI 10.1111/1365-2664.14445. EDN AXVKHS.

685. *Gelviz-Gelvez S.M., Barragán F., Téllez-Valdés O., Paz H., Álvarez R.* Functional traits of nurse plants impact recruitment based on life form of beneficiary plants // Brazilian Journal of Botany. – 2024. – DOI 10.1007/s40415-024-00996-y. EDN MGYSSP.
686. *Germonova E., Nespirnyi V., Safonov A.* GIS technologies and methods of mathematical statistics for assessing degraded lands of Donbass // Green economy and adaptation of industry to climate changes, Beograd, 2024 (Zemun: Akademska izdanja). P. 32.
687. *Ghimire A., Chen P.-Y.* Seed protection strategies of the brainy Elaeocarpus ganitrus endocarp: Gradient motif yields fracture tolerance // Acta Biomaterialia. 2022. Vol. 138. P. 430-442. DOI 10.1016/j.actbio.2021.10.050. EDN RFFLNU.
688. *Gholizadeh H., Rakotoarivony M.Ny.A., Hassani K., Johnson K.G., Hamilton R.G., Fuhlendorf S.D., Schneider F.D., Bachelot B.* Advancing our understanding of plant diversity-biological invasion relationships using imaging spectroscopy // Remote Sensing of Environment. 2024. Vol. 304. P. 114028. DOI 10.1016/j.rse.2024.114028. EDN LTQRDS.
689. *Githumbi E., Poska A., Gaillard M.-J., Trondman A.-K., Fyfe R., Woodbridge J., Mazier F., Nielsen A.-B., Persson T., Lisytstina O., Veski S., Sugita S., Azuara J., Lebreton V., Nebout-Combourieu N., Feurdean A., Grindean R., Tanţău I., Marquer L., Stančikaite M. et al.* European pollen-based REVEALS land-cover reconstructions for the Holocene: Methodology, mapping and potentials // Earth System Science Data. 2022. Vol. 14, No. 4. P. 1581-1619. DOI 10.5194/essd-14-1581-2022. EDN FVELAK.
690. *Giupponi L.* Intraspecific variation in functional strategy and leaf shape of *Campanula elatinoides* reveals adaptation to climate // Flora: Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants. 2020. Vol. 268. P. 151605. DOI 10.1016/j.flora.2020.151605. EDN PXLCKR.
691. *Glinushkin A.P., Kudeyarov V.N., Sokolov M.S., Zinchenko V.E., Chernenko V.V.* Nature-similar technologies of the biogeosystem technique in solving a global social and environmental problem // Biogeosystem Technique. 2018. No. 5(2). P. 159–196. DOI 10.13187/bgt.2018.2.159. EDN VUOCPC.
692. *Glukhov A., Safonov A.* From phytomonitoring to practical remediation in Donbass // Green economy and adaptation of industry to climate changes. Beograd. 2024a. (Zemun: Akademska izdanja). P. 31.
693. *Glukhov A.Z., Safonov A.I.* Phytomonitoring concept for anthropogenically disturbed regions // Scientific research of the SCO countries: synergy and integration. Beijing. 2024b. P. 96-104. DOI 10.34660/INF.2024.87.72.160. EDN WLKXRD.
694. *Glukhov O.Z., Kharkhota G.I., Prokhorova S.I., Agurova I.V.* Adaptive strategies of the halophyte populations // Annali di Botanica. 2014. Vol. 4. P. 115-124. DOI 10.4462/annbotrm-10268. EDN UTKTRJ.
695. *Gogoi B.B., Yeasin Md., Paul R.K., Borgohain A., Deka D., Malakar H., Saikia J., Rahman F.H., Panja S., Sarkar A., Maiti C.S., Bordoloi Ju., Karak T.* The level of selected metals in made tea and tea infusion from the roadside tea plants and health risk assessment // Biological Trace Element Research. 2023. DOI 10.1007/s12011-023-03865-z. EDN YIZAVO.
696. *Gómez-arroyo S., Barba-garcía A., Arenas-huertero F., Cortés-eslava J., De la mora M.G., García-martínez R.* Indicators of environmental contamination by heavy metals in leaves of *Taraxacum officinale* in two zones of the metropolitan area of Mexico City // Environmental Science and Pollution Research. 2018. Vol. 25, No. 5. P. 4739-4749. DOI 10.1007/s11356-017-0809-1. EDN TCLZRC.
697. *Gómez-arroyo S., Zavala-sánchez M.Á., Alonso-murillo C.D., Cortés-eslava J., Amador-muñoz O., Jiménez-garcía L.F., Morton-bermea O.* Moss (*Hypnum amabile*) as biomonitor of genotoxic damage and as bioaccumulator of atmospheric pollutants at five different sites of Mexico City and metropolitan area // Environmental Science and Pollution Research. 2021. Vol. 28, No. 8. P. 9849-9863. DOI 10.1007/s11356-020-11441-4. EDN INDCVV.
698. *Gorbov S.N., Bezuglova O.S., Varduni T.V., Gorovtsov A.V., Tagiverdiev S.S., Hildebrant Y.A.* Genotoxicity and contamination of natural and anthropogenically transformed soils of the city of Rostov-on-Don with heavy metals // Eurasian Soil Science. 2015. Vol. 48, No. 12. P. 1383-1392. DOI 10.1134/S106422931512008X. EDN WRDIDL.
699. *Gorbunova N., Gromovik A., Cherepukhina I., Vladimirov D., Fedotov S., Jiaolong Ye., Hongmei Zh., Hong Yu., Chanhua Ma.* Sorption capacity of organic matter to heavy metals and its use for polluted soils recover soils recover // AgroEcoInfo. 2022. Vol. 6, No. 54. P. 20. DOI 10.51419/202126620. EDN VCVUQK.
700. *Gorelova S.V., Muratova A.Y., Zinicovscaia I., Okina O.I., Kolbas A.* Prospects for the use of Echinochloa frumentacea for phytoremediation of soils with multielement anomalies // Soil Systems. 2022. Vol. 6, No. 1. DOI 10.3390/soilsystems6010027. EDN ABENRC.
701. *Grigorjevskaya A.Y., Vladimirov D.R., Podobed E.A., Subbotin A.S., Miroshnikova A.A.* Perspective steppe protected areas of the Central Chernozem region of Russia (a case study of Voronezh oblast) // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. P. 012038. DOI 10.1088/1755-1315/817/1/012038. EDN CCNNPN.
702. *Guo W.Y., Pergl J., Pyšek P., van Kleunen M., Stein A., Maurel N., Winter M., Weigelt P., Kreft H., Pierce S., Moser D., Lenzner B., Essl F., Dawson W.* The role of adaptive strategies in plant naturalization // Ecology Letters. 2018. Vol. 21, No. 9. P. 1380-1389. DOI 10.1111/ele.13104. EDN MENSHZ.
703. *Hanousková B., Száková J., Najmanová J., Košnář Z., Tlustoš P., Rychlíková E.* The risk assessment of inorganic and organic pollutant levels in an urban area affected by intensive industry // Environmental Monitoring and Assessment. 2021. Vol. 193, No. 2. P. 68. DOI 10.1007/s10661-020-08825-x. EDN LNGKMJ.

704. *Haq S., Bhatti A.A., Dar Z.A., Bhat S.A.* Phytoremediation of heavy metals: An eco-friendly and sustainable approach // Bioremediation and Biotechnology: Sustainable Approaches to Pollution Degradation, 2020. P. 215-231. DOI 10.1007/978-3-030-35691-0_10. EDN NQZZOV.
705. *He Sh., Niu Yu., Xing Lu., Liang Z., Song X., Ding M., Huang W.* Research progress of the detection and analysis methods of heavy metals in plants // Frontiers in Plant Science. 2024. Vol. 15. DOI 10.3389/fpls.2024.1310328. EDN PAXEDV.
706. *Herden J., Stift M., van Kleunen M., Eckert S., Joshi J.* No evidence for local adaptation and an epigenetic underpinning in native and non-native ruderal plant species in Germany // Ecology and Evolution. 2019. Vol. 9, No. 17. P. 9412-9426. DOI 10.1002/ece3.5325. EDN EDCDFB.
707. *Hodgson J.G., Wilson P.J., Band S.R., Jones G., Palmer C., Warham G., Montserrat Marti G., Šerá B., Bogaard A., Charles M., Styring A., Diffey C., Green L., Nitsch E., Stroud E., Font X., Ater M., Hmimsa Y., Taleb A., Santini B.A. et al.* Seed size, number and strategies in annual plants: A comparative functional analysis and synthesis // Annals of Botany. 2020. Vol. 126, No. 7. P. 1109-1128. DOI 10.1093/aob/mcaa151. EDN MGAFYM.
708. *Hosseini N.S., Sobhanardakani S., Cheraghi M., Lorestani B., Merrikhpour H.* Heavy metal concentrations in roadside plants (*Achillea wilhelmsii* and *Cardaria draba*) and soils along some highways in Hamedan, west of Iran // Environmental Science and Pollution Research. 2020. Vol. 27, No. 12. P. 13301-13314. DOI 10.1007/s11356-020-07874-6. EDN QKVSEG.
709. *Hosseini N.S., Sobhanardakani S., Cheraghi M., Lorestani B., Merrikhpour H.* Expansive herbaceous species as bio-tools for elements detection in the vicinity of major roads of Hamedan, Iran // International Journal of Environmental Science and Technology. 2021. DOI 10.1007/s13762-021-03183-8. EDN VIUXNB.
710. *Hristozova G., Marinova S., Svozilík V., Zinicovscaia I., Motyka O.* Multivariate assessment of atmospheric deposition studies in Bulgaria based on moss biomonitors: trends between the 2005/2006 and 2015/2016 surveys // Environmental Science and Pollution Research. 2020. Vol. 27, No. 31. P. 39330-39342. DOI 10.1007/s11356-020-10005-w. EDN XQVFKK.
711. *Hu X., He Yu., Gao Lu., Umer M., Guo Yu., Tan Q., Kang L., Fang Zh., Shen K., Xia T.* Strategy trade-off of predominant stress tolerance relative to competition and reproduction associated with plant functional traits under karst forests // Forests. 2023. Vol. 14, No. 6. P. 1258. DOI 10.3390/f14061258. EDN UOIHMO.
712. *Huss J.C., Gierlinger N.* Functional packaging of seeds // New Phytologist. 2021. Vol. 230, No. 6. P. 2154-2163. DOI 10.1111/nph.17299. EDN ECWHBS.
713. *Ibáñez J.-J., Brevik E.C.* Divergence in natural diversity studies: The need to standardize methods and goals // Catena. 2019. Vol. 182. P. 104110. DOI 10.1016/j.catena.2019.104110. EDN ATARJO.
714. *Ibáñez J.J., Pérez-Gómez R., Brevik E.C., Cerdà A.* Islands of biogeodiversity in arid lands on a polygons map study: Detecting scale invariance patterns from natural resources maps // Science of the Total Environment. 2016. Vol. 573. P. 1638-1647. DOI 10.1016/j.scitotenv.2016.09.172. EDN YWOKOP.
715. *İnceer H., Özgürlük Ö.* Stem anatomy of some Crepis L. (Asteraceae) taxa and its taxonomic significance // Journal of Agriculture and Nature. 2024. DOI 10.18016/ksutarimdoga.vi.1385768. EDN MFCXKC.
716. *Iqbal K., Yahya S., Jadoon M., Yaseen E., Nadeem Z.* Strategies for cadmium remediation in nature and their manipulation by molecular techniques: a comprehensive review // International Journal of Environmental Science and Technology. 2024. DOI 10.1007/s13762-024-05690-w. EDN NCMJTK.
717. *Isinkaralar O., Świsłowski P., Isinkaralar K., Rajfur M.* Moss as a passive biomonitoring tool for the atmospheric deposition and spatial distribution pattern of toxic metals in an industrial city // Environmental Monitoring and Assessment. 2024. Vol. 196, No. 6. P. 513. DOI 10.1007/s10661-024-12696-x. EDN EWHRHB.
718. *Iskhakov F.F., Rakhmatullina I.R., Serova O.V., Gatin I.* Monuments of nature as a part of socio-ecologo-economic system // European Proceedings of Social and Behavioural Sciences EpSBS: HPEPA 2019, Vol. 93. 2020. P. 493-500. EDN HZFDJX.
719. *Ivanisova N.V., Kurinskaya L.V., Kolesnikov S.I.* Invasion processes in plant communities in the aspect of the landscape anthropogenization // International Scientific GeoConference SGEM 2019. P. 373-380. DOI 10.5593/sgem2019V/1.4/S03.046. EDN KBJWHW.
720. *Ivanova N.* Global overview of the application of the Braun-Blanquet approach in research // Forests. 2024. Vol. 15, No. 6. P. 937. DOI 10.3390/f15060937. EDN KKMNOG.
721. *Ivanova N., Zolotova E.* Landolt indicator values in modern research: a review // Sustainability. 2023. Vol. 15, No. 12. P. 9618. DOI 10.3390/su15129618. EDN DSBSAH.
722. *Ivashchenko K., Gavrichkova O., Korneykova M., Vasenev V., Salnik N., Saltan N., Sarzhanov D., Babenko E., Urabova S., Slukovskaya M., Zavodskikh M., Gorbov S., Petrov D., Dolgikh A., Yu S., Vasileva M., Skripnikov P., Ryzhkov O., Nikerova K., Sushko S.* Extension of the soil monitoring network via tea bag initiatives: A 3000 km latitudinal gradient in European Russia // Science of the Total Environment. 2024. Vol. 927. P. 171881. DOI 10.1016/j.scitotenv.2024.171881. EDN HCDVZM.
723. *Jaźwa M., Heise W., Klimek B.* Substrate factors determine roadside vegetation structure and species richness: a case study along a meridional gradient in Fennoscandia // Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology. 2016. Vol. 97, No. 4. P. 554-560. DOI 10.1007/s00128-016-1895-3. EDN XTCVBX.

724. *Jetschni J., Fritsch M., Jochner-Oette S.* How does pollen production of allergenic species differ between urban and rural environments? // International Journal of Biometeorology. 2023. Vol. 67, No. 11. P. 1839-1852. DOI 10.1007/s00484-023-02545-w. EDN LRDINW.
725. *Jiang Z., Yang Sh., Luo Sh.* Source analysis and health risk assessment of heavy metals in agricultural land of multi-mineral mining and smelting area in the Karst region – a case study of Jichangpo Town, Southwest China // Heliyon. 2023. Vol. 9, No. 7. P. e17246. DOI 10.1016/j.heliyon.2023.e17246. EDN ZNIJKQ.
726. *Kabata-Pendias A., Mukherjee A.B.* Trace elements from soil to human: Springer, Berlin, Heidelberg, 2007. 550 p. ISBN 978-3-540-32713-4. DOI 10.1007/978-3-540-32714-1. EDN SQLCEN.
727. *Kambach S., Sabatini F.M., Attorre F., Biurrun I., Boenisch G., Bonari G., Čarni A., Carranza M.L., Chiarucci A., Chytrý M., Dengler J., Garbolino E., Golub V., Güler B., Jandt U., Jansen Ja., Jašková A., Jiménez-Alfaro B., Karger D.N., Kattge J. et al.* Climate-trait relationships exhibit strong habitat specificity in plant communities across Europe // Nature Communications. 2023. Vol. 14, No. 1. P. 712. DOI 10.1038/s41467-023-36240-6. EDN EYJDNN.
728. *Kato-Noguchi H., Kato M.* Allelopathy and allelochemicals of *Solidago canadensis* L. and *S. altissima* L. for their naturalization // Plants. 2022. Vol. 11, No. 23. P. 3235. DOI 10.3390/plants11233235. EDN DNCDUC
729. *Kattge J., Bönisch G., Tautenhahn S., Frank D., Günther A., Reichstein M., Sierra C., Weber U., Wirth C., Bruelheide H., De Frutos A., Durka W., Erfmeier A., Jandt U., Klotz S., Kühn I., Onstein R.E., Römermann C., Roscher C., Rüger N. et al.* Try plant trait database – enhanced coverage and open access // Global Change Biology. 2020. Vol. 26, No. 9. P. 119-188. DOI 10.1111/gcb.14904. EDN BXAOPJ.
730. *Khalid N., Noman A., Aqeel M., Masood A., Tufail A.* Phytoremediation potential of *Xanthium strumarium* for heavy metals contaminated soils at roadsides // International Journal of Environmental Science and Technology. 2019. Vol. 16, No. 4. P. 2091-2100. DOI 10.1007/s13762-018-1825-5. EDN BASZKK.
731. *Khalid N., Noman A., Nazir A., Tufail A., Hadayat N., Alzuaibr F.M., Ikram S., Akhter N., Hussain M., Aqeel M.* Nerium oleander could be used for sustainable management of traffic-borne elemental-enriched roadside soils // Environmental Science and Pollution Research. 2023. Vol. 30, No. 14. P. 40551-40562. DOI 10.1007/s11356-023-25160-z. EDN CVIREB.
732. *Khalilzadeh R., Pirzad A., Sepehr E., Khan S., Anwar S.* Long-term effect of heavy metal–polluted wastewater irrigation on physiological and ecological parameters of *Salicornia europaea* L. // Journal of Soil Science and Plant Nutrition. 2020. Vol. 20, No. 3. P. 1574-1587. DOI 10.1007/s42729-020-00299-7. EDN UMRQBS.
733. *Khaustov A., Redina M., Aleinikova A., Mamadzhanov R.* Green campus of the green university: the RUDN-university experience // 17th international multidisciplinary scientific geoconference SGEM 2017. Vol. 17. Albena, Bulgaria. 2017. P. 65-72. DOI 10.5593/sgem2017/54/S22.009. EDN YZEPBK.
734. *Khiem L.H., Nam L.D., Hong K.T., Mai N.N., Sera K., Hosokawa T., Quyet N.H., My N.T.B., Van Thang D., Frontasyeva M., My T.T.T., Zinicovscaia I., Nghia N.T., Trung T.D., Son N.A., Thanh T.T., Xayheungsy S.* Active moss biomonitoring technique for atmospheric elemental contamination in Hanoi using proton induced X-ray emission // Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry. 2020. Vol. 325, No. 2. P. 515-525. DOI 10.1007/s10967-020-07253-y. EDN HRXHVE.
735. *Kim E.J., Lee S.H., Kim Se.H., Park Ja.H., You Y.H.* Changes in competitors, stress tolerators, and ruderals (CSR) ecological strategies after the introduction of shrubs and trees in disturbed semiarid steppe grasslands in Hulunbuir, Inner Mongolia // Biology. 2023. Vol. 12, No. 12. P. 1479. DOI 10.3390/biology12121479. EDN KCCCUC.
736. *Kirschner Ja., Stepanova N.Yu., Nosova M.B., Štěpánek Ja.* Sexual reproduction in Taraxacum sect. Borealia (Asteraceae, Crepidinae) first documented in the continental Russian Far East // Turczaninowia. 2022. Vol. 25, No. 2. P. 155-162. DOI 10.14258/turczaninowia.25.2.15. – EDN GTNMQI.
737. *Klepikov O.V., Kurolap S.A., Prozhorina T.I.* Carcinogenic risk to public health from air pollution in industrial cities of the central black earth region // AIP Conference Proceedings. 2022. P. 080019. DOI 10.1063/5.0093678. EDN SKXZAB.
738. *Klinkovská K., Glaser M., Danihelka J., Kaplan Z., Knollová I., Novotný P., Pyšek P., Řezníčková M., Wild Ja., Chytrý M.* Dynamics of the Czech flora over the last 60 years: Winners, losers and causes of changes // Biological Conservation. 2024. Vol. 292. P. 110502. DOI 10.1016/j.biocon.2024.110502. EDN NWPSKO.
739. *Klinkovská K., Sperandii M.G., Trávníček B., Chytrý M.* Significant decline in habitat specialists in semi-dry grasslands over four decades // Biodiversity and Conservation. 2024. Vol. 33, No. 1. P. 161-178. DOI 10.1007/s10531-023-02740-6. EDN TYATPW.
740. *Kolesnikov S., Timoshenko A., Varduni V., Minnikova T., Tsepina N., Mandzhieva S., Sushkova S., Minkina T., Rajput V.D.* Comparative estimation of ecotoxicity of nano- and microparticles of CuO, ZnO, NiO, Co3O4 by the integral biological indicator of soil state // Nanotechnology for Environmental Engineering. 2024. DOI 10.1007/s41204-024-00358-9. EDN GZOIVJ.
741. *Kolesnikov S.I., Kazeev K.Sh., Valkov V.F., Ponomareva S.V.* Ranking of chemical elements according to their ecological hazard for soil // Russian Agricultural Sciences. 2010. Vol. 36, No. 1. P. 32-34. DOI 10.3103/S1068367410010106. EDN NXULIZ.
742. *Kolesnikov S.I., Kuzina A.A., Minnikova T.V., Akimenko Yu.V., Nevedomaya E.N., Ter-misakyants T.A., Kazeev K.Sh.* Approaches to the development of environmental standards for the content of petroleum hydrocarbons and Pb, Cr, Cu, Ni in soils of Greatest Caucasus // Sains Tanah. 2022. Vol. 19, No. 2. P. 192-204. DOI 10.20961/stjssa.v19i2.60119. EDN BBADQZ.

743. *Kolesnikov S.I., Kuzina A.A., Minnikova T.V., Ter-misakyants T.A., Nevedomaya E.N., Akimenko Yu.V., Trufanov D.A., Kazeev K.Sh., Burachevskaya M.V., Minkina T.M., Shende S.S., Barakhov A.V.* Biodiagnostics of resistance to the copper (Cu) pollution of forest soils at the dry and humid subtropics in the Greater Caucasus region // Forests. 2022. Vol. 13, No. 10. P. 1720. DOI 10.3390/f13101720. EDN GEVKEQ.
744. *Kolesnikov S.I., Minnikova T.V., Tsepina N.I., Evstegneeva N.A., Timoshenko A.N.* Assessment of the ecotoxicity of Ag, Bi, Te and Tl according to the biological indicators of haplic chernozem // Applied Sciences (Switzerland). 2022. Vol. 12, No. 24. P. 12854. DOI 10.3390/app122412854. EDN ITWEQC.
745. *Kolesnikov S.I., Vernigorova N.A., Kuzina A.A., Kazeev K.Sh., Akimenko Yu.V., Dadenko E.V., Tyshchenko S.A.* Standardization of heavy metals and oil content by biological indicators in the southern chernozems of the Taman // Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences. 2017. Vol. 5, No. 5. P. 706-712. DOI 10.18006/2017.5(5).706.712. EDN SCIDLI.
746. *Kolesnikov S.I., Zubkov D.A., Zharkova M.G., Kazeev K.Sh., Akimenko Yu.V.* Influence of oil and lead contamination of ordinary chernozem on growth and development of spring barley // Russian Agricultural Sciences. 2019. Vol. 45, No. 1. P. 57-60. DOI 10.3103/S1068367419010075. EDN USDWAE.
747. *Kolupaev Y.E., Karpets Y.V., Yastreb T.O., Shemet S.A., Bhardwaj R.* Antioxidant system and plant cross-adaptation against metal excess and other environmental stressors // Metal toxicity in higher plants, 2020. P. 21-66. EDN KXSJDA.
748. *Kornienko V., Safonov A., Kalinina A., Mirnenko N., Kalinina Yu., Mirnenko E., Palaguta A.* Plant state as a tool for assessing the disturbed ecosystems of Donbass // Green economy and adaptation of industry to climate changes. Beograd. 2024 (Zemun: Akademska izdanja). P. 63.
749. *Korniyenko V.O., Kalaev V.N.* Impact of natural climate factors on mechanical stability and failure rate in silver birch trees in the city of Donetsk // Contemporary Problems of Ecology. 2022. Vol. 15, No. 7. P. 806-816. DOI 10.1134/s1995425522070150. EDN EUVZMY.
750. *Kosarev N.S., Kolesnikov A.A., Reznik A.V., Nemova N.A., Ozhogin D.S.* The use of geospatial data in the industrially disturbed land evaluation // Journal of Mining Science. 2023. Vol. 59, No. 6. P. 1058-1065. DOI 10.1134/s1062739123060182. EDN TDOJES.
751. *Kozáková R., Dreslerová D., Bobek P., Svobodová-Svitavská H., Abraham V.* The prehistory and early history of the Šumava Mountains (Czech Republic) as seen through anthropogenic pollen indicators and charcoal data // The Holocene. 2021. Vol. 31, No. 1. P. 145-159. DOI 10.1177/0959683620961484. EDN LKSQJZ.
752. *Krak K., Mráz P.* Trichomes in the tribe Lactuceae (Asteraceae) – taxonomic implications // Biologia. 2008. Vol. 63, No. 5. P. 616-630. DOI 10.2478/s11756-008-0106-z. EDN XCLSOD.
753. *Krauss L., Rippy M.A.* Adaptive strategy biases in engineered ecosystems: Implications for plant community dynamics and the provisioning of ecosystem services to people // People and Nature. 2022. Vol. 4, No. 6. P. 1644-1663. DOI 10.1002/pan3.10413. EDN BINZBC.
754. *Krinitsina A.A., Omelchenko D.O., Kasianov A.S., Karaseva V.S., Selezneva Yu.M., Chesnokova O.V., Shirobokov V.A., Polevova S.V., Severova E.E.* Aerobiological monitoring and metabarcoding of grass pollen // Plants. 2023. Vol. 12, No. 12. P. 2351. DOI 10.3390/plants12122351. EDN PYPKXE.
755. *Krupnova T.G., Rakova O.V., Antoshkina E.G., Baranov E.O., Dmitrieva A.P., Somova A.V., Gavrilkina S.V.* Extremely high concentrations of zinc in birch tree leaves collected in Chelyabinsk, Russia // Environmental Geochemistry and Health. 2021. Vol. 43, No. 7. P. 2551-127799. DOI 10.1007/s10653-020-00605-3. EDN KJIOZY.
756. *Krzesłowska M., Mleczek M., Luboński A., Weręża K., Woźny A., Goliński P., Samardakiewicz S.* Alterations in the anatomy and ultrastructure of leaf blade in norway maple (*Acer platanoides* L.) growing on mining sludge: prospects of using this tree species for phytoremediation // Plants. 2024. Vol. 13, No. 10. P. 1295. DOI 10.3390/plants13101295. EDN MAYLHN.
757. *Kuklová M., Kukla J., Pivková I., Hniličková H., Hnilička F.* Impact of car traffic on metal accumulation in soils and plants growing close to a Motorway (Eastern Slovakia) // Toxics. 2022. Vol. 10, No. 4. DOI 10.3390/toxics10040183. EDN IQQXCN.
758. *Kulik A.K., Vlasenko M.V.* Global planning strategy for the restoration of degraded and desertified ecosystems // Proceedings of Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Education. 2024. No. 2(74). P. 125-141. DOI 10.32786/2071-9485-2024-02-15. EDN XSMJVF.
759. *Kulik K.N., Pugacheva A.M.* The structure of plant communities of fallow land in the system of protective forest plantations in dry steppes // Arid Ecosystems. 2016. Vol. 6, No. 1. P. 63-69. DOI 10.1134/S2079096115040058. EDN RZJEKJ.
760. *Kulik K.N., Vlasenko M.V.* Experience in implementing major national projects to combat degradation and desertification in Russia // Case Studies in Chemical and Environmental Engineering. 2024. Vol. 9. P. 100583. DOI 10.1016/j.cscee.2023.100583. EDN FCNVNC.
761. *Kumar A., Tripti, Raj D., Maiti S.K., Maleva M., Borisova G.* Soil pollution and plant efficiency indices for phytoremediation of heavy metal(loid)s: two-decade study (2002–2021) // Metals. 2022. Vol. 12, No. 8. P. 1330. DOI 10.3390/met12081330. EDN MYUPUP.
762. *Kumari M., Kumar A., Bhattacharya T.* Assessment of heavy metal contamination in street dust: concentrations, bioaccessibility, and human health risks in coal mine and thermal power plant complex // Environmental Geochemistry and Health. 2023. Vol. 45, No. 10. P. 7339-7362. DOI 10.1007/s10653-023-01695-5. EDN LQIOSH.

763. *Kunakh O.M., Lisovets O.I., Zhukova Y.O., Yorkina N.V.* Phytoindication assessment of the effect of reconstruction on the light regime of an urban park // Biosystems Diversity. 2021. Vol. 29, No. 3. P. 276-285. DOI 10.15421/012135. EDN HHLZKO.
764. *Kupreev V.E., Semenishchenkov Yu.A.* The survey of the psammophylous grass vegetation syntaxa in the Southern Nechernozemye of Russia // Vegetation of Russia. 2022. No. 45. P. 39-73. DOI 10.31111/vegrus/2022.45.39. EDN MBNQSE.
765. *Kurganskiy A., Kaas E., Smyshlyaev S., Ambelas Skjøth C., Baklanov A., Sofiev M., Saarto A., Severova E.* Incorporation of pollen data in source maps is vital for pollen dispersion models // Atmospheric Chemistry and Physics. 2020. Vol. 20, No. 4. P. 2099-2121. DOI 10.5194/acp-20-2099-2020. EDN TEMTIL.
766. *Kurolap S.A., Klepikov O.V., Yeprintsev S.A.* Environmental assessment of the impact of the meteorological conditions on technogenic formaldehyde and carbon black pollution of the air in Voronezh // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. P. 62058. DOI 10.1088/1757-899X/919/6/062058. EDN BLKXRT.
767. *Kutyavina T.I., Rutman V.V., Ashikhmina T.Ya.* Using digital maps to identify areas of mass development of phytoplankton in small freshwater reservoirs // Theoretical and Applied Ecology. 2022. No. 2. P. 35-41. DOI 10.25750/1995-4301-2022-2-035-041. EDN BEQKWR.
768. *Kuznetsova V., Kuznetsova E., Kushanova A.* Geographic information mapping of flood zones for sustainable development and urban landscape planning // Scientific GeoConference SGEM 2018. Bulgaria 2018. P. 393-400. DOI 10.5593/sgem2018/2.3/S11.050. EDN VNAQXA.
769. *Ladouceur E., Garbowski M., Harpole W.S., Knight T., Chase J.M., Shackelford N., Bouazza K., Brudvig L., Bucharova A., Conradi T., Erickson T.E., Garvy K., Jones H.P., Nsikani M.M., Paterno G., Suding K., Temperton V.M., Török P., Winkler D.E.* Knowledge sharing for shared success in the decade on ecosystem restoration // Ecological Solutions and Evidence. 2022. Vol. 3, No. 1. P. e12117. DOI 10.1002/2688-8319.12117. EDN HUCDLC.
770. *Lalrammawia K., Buragohain A., Kakki B., Zote L., Marak N.K., Lalrinhlupuii, Malsawmtluangi, Muthukumaran R.B., Lalmuanpuii R., Kumar N.S., Jahau L., Sudarshan M., Chaligava O., Yushin N., Grozdov D., Nekhoroshkov P., Vergel K., Zinicovscaia I.* Determination of multi elements in tobacco plant of northeast India by neutron activation analysis and atomic absorption spectrometry // Biological Trace Element Research. 2021. DOI 10.1007/s12011-021-03040-2. EDN DLLTBV.
771. *Langley J.A., Grman E., Wilcox K.R., Avolio M.L., Komatsu K.J., Collins S.L., Koerner S.E., Smith M.D., Baldwin A.H., Bowman W., Suding K.N., Chiariello N., Eskelinen A., Harmens H., Hovenden M., Klanderud K., McCulley R.L., Onipchenko V.G., Robinson C.H.* Do trade-offs govern plant species' responses to different global change treatments? // Ecology. 2021. DOI 10.1002/ecy.3626. EDN DGVLTQ.
772. *Lavanya M.B., Viswanath D.S., Sivapullaiah P.V.* Phytoremediation: An eco-friendly approach for remediation of heavy metal-contaminated soils-A comprehensive review // Environmental Nanotechnology, Monitoring and Management. 2024. Vol. 22. P. 100975. DOI 10.1016/j.enmm.2024.100975. EDN AIWCZE.
773. *Lavrinenko Y., Plieva A., Zinicovscaia I., Hristozova G., Frontasyeva M., Tkachenko K., Dogadkin D., Gromyak I., Kolotov V.* Elemental composition of infusions of herbs (Tisanes) of North Ossetia (the Caucasus) // Agriculture. 2021. Vol. 11, No. 9. DOI 10.3390/agriculture11090841. EDN NWXYTN.
774. *Lazareva N.V., Sapova O.A., Rosenberg G.S.* Model of sustainable development of regional ecological and economic systems // Digital Age: Chances, Challenges and Future: Springer Nature, 2020. P. 433-440. DOI 10.1007/978-3-030-27015-5_52. EDN NCLAHL.
775. *Levetin E., Pityn P.J., Ramon G.D., Pityn E., Anderson J., Bielory L., Dalan D., Codina R., Rivera-Mariani F.E., Bolanos B.* Aeroallergen monitoring by the national allergy bureau: a review of the past and a look into the future // Journal of Allergy and Clinical Immunology: In Practice. 2023. Vol. 11, No. 5. P. 1394-1400. DOI 10.1016/j.jaip.2022.11.026. EDN LOINPU.
776. *Li H.M., Tong T.J., Shao Y.Y., Ren C., Lazkov G.A., Illarionova I.D.* Transfer of *Senecio karelinioides* (Asteraceae−Senecioneae) to Synotis based on evidence from morphology, karyology and ITS/ETS sequence data // Nordic Journal of Botany. 2018. Vol. 36, No. 7. P. e01838. DOI 10.1111/njb.01838. EDN YCBGDZ.
777. *Li X., Yu X., Huang J., EI-Kassaby Y.A., Fang Ya.* Assessing leaf morphometric symmetry of four chinese *Quercus* species in a mixed forest // Forests. 2022. Vol. 13, No. 10. P. 1635. DOI 10.3390/f13101635. EDN OJJSZB.
778. *Li Y., Shipley B.* An experimental test of CSR theory using a globally calibrated ordination method // PLoS ONE. 2017. Vol. 12, No. 4. P. e0175404. DOI 10.1371/journal.pone.0175404. EDN YYKRGN.
779. *Li Zh., Yuan J., Li G., Wang H., Li X., Li D., Wang X.* RSI-YOLO: Object Detection Method for Remote Sensing Images Based on Improved YOLO // Sensors. 2023. Vol. 23, No. 14. P. 6414. DOI 10.3390/s23146414. EDN HOMHBU.
780. *Liao H., Zhou T., Huang B., Zhang H., Chen B., Peng S., Li D.* The role of functional strategies in global plant distribution // Ecography. 2020. DOI 10.1111/ecog.05476. EDN UZCXII.
781. *Logofet D.O.* Polyvariant ontogeny in plants: when the second eigenvalue plays a primary role // STEAM-H: Science, Technology, Engineering, Agriculture, Mathematics and Health. 2019. P. 111-130. DOI 10.1007/978-3-030-15715-9_5. EDN ENBRST.

782. *Logofet D.O., Belova I.N., Kazantseva E.S., Onipchenko V.G.* Local population of *Eritrichium caucasicum* as an object of mathematical modelling. I. Life cycle graph and a nonautonomous matrix model // Biology Bulletin Reviews. 2017. Vol. 7, No. 5. P. 415-427. DOI 10.1134/s207908641705005x. EDN VYHXVR.
783. *Logofet D.O., Kazantseva E.S., Belova I.N., Onipchenko V.G.* Backward prediction confirms the conclusion on local plant population viability // Biology Bulletin Reviews. 2021. Vol. 11, No. 5. P. 462-475. DOI 10.1134/s2079086421050029. EDN GNEFHG.
784. *Logofet D.O., Kazantseva E.S., Belova I.N., Onipchenko V.G.* How long does a short-lived perennial live? A modeling approach // Biology Bulletin Reviews. 2018. Vol. 8, No. 5. P. 406-420. DOI 10.1134/s2079086418050043. EDN LRFMGA.
785. *Logofet D.O., Kazantseva E.S., Onipchenko V.G.* Seed bank as a persistent problem in matrix population models: From uncertainty to certain bounds // Ecological Modelling. 2020. Vol. 438. P. 109284. DOI 10.1016/j.ecolmodel.2020.109284. EDN AXSSYV.
786. *Logofet D.O., Razzhevaikin V.N.* Potential-growth indicators revisited: Higher generality and wider merit of indication // Mathematics. 2021. Vol. 9, No. 14. DOI 10.3390/math9141649. EDN NPDFKI.
787. *Logofet D.O., Salguero-Gómez R.* Novel challenges and opportunities in the theory and practice of matrix population modelling. Theory and Practice in Matrix Population Modelling // Ecological Modelling. 2021. Vol. 443. P. 109457. DOI 10.1016/j.ecolmodel.2021.109457. EDN NEYZXT.
788. *Ltaeif H.B., Sakhraoui A., Castillo J.M., Rouz S., Vicente O.* Germination and early seedling growth in four Plantago species in response to Zn, Cu and Fe // Eurobiotech Journal. 2024. Vol. 8, No. 1. P. 32-43. DOI 10.2478/ebtj-2024-0004. EDN SJLORA.
789. *Lu X., Li Sh.* Design of 3D environment combining digital image processing technology and convolutional neural network // Advances in Multimedia. 2024. Vol. 2024. P. 5528497. DOI 10.1155/2024/5528497. EDN HWYFRK.
790. *Ludwig A., Doktor D., Feilhauer H.* Is spectral pixel-to-pixel variation a reliable indicator of grassland biodiversity? A systematic assessment of the spectral variation hypothesis using spatial simulation experiments // Remote Sensing of Environment. 2024. Vol. 302. P. 113988. DOI 10.1016/j.rse.2023.113988. EDN WFKMIT.
791. *Lugovyy K.S., Alemasova A.S., Buhay O.M.* Lead and cadmium atomic absorption determination in solid carbonized food samples using flame-furnace atomizer // Central European Journal of Chemistry. 2014. Vol. 12, No. 3. P. 386-390. DOI 10.2478/s11532-013-0381-6. EDN XKXUNZ.
792. *Lüttgert L., Heisterkamp S., Jansen F., Klenke R., Kreft K.A., Seidler G., Bruelheide H.* Repeated habitat mapping data reveal gains and losses of plant species // Ecosphere. 2022. Vol. 13, No. 10. DOI 10.1002/ecs2.4244. EDN UAHOZC.
793. *Ma D., Li Yu., Huang Q., Liu B.* Analysis of spatio-temporal evolution of regional settlements under the background of rapid urbanization: a case study in Sishui County, China // Sustainability. 2023. Vol. 15, No. 9. P. 7368. DOI 10.3390/su15097368. EDN VMXXPT.
794. *Matić M., Pavlović D., Perović V., Čakmak D., Kostić O., Mitrović M., Pavlović P.* Assessing the potential of urban trees to accumulate potentially toxic elements: a network approach // Forests. 2023. Vol. 14, No. 11. P. 2116. DOI 10.3390/f14112116. EDN KSPZUN.
795. *Matyasovszky I., Makra L., Sümeghy Z., Erostyák J., Bodnár K., Tusnády G., Csépe Z., Nyúl L.G., Chapman D.S., Szűcs G., Páldy A., Magyar D., Mányoki G., Bergmann K.-C., Deák Á.J., Thibaudon M., Albertini R., Bonini M., Šikoparija B., Radišić P. et al.* Biogeographical drivers of ragweed pollen concentrations in Europe // Theoretical and Applied Climatology. 2018. Vol. 133, No. 1-2. P. 277-295. DOI 10.1007/s00704-017-2184-8. EDN NNEQQX.
796. *Maya-Manzano J.M., Markey E., Hourihane Clancy J., O´Connor D.J., Smith M., Sodeau J.* Recent developments in monitoring and modelling airborne pollen, a review // Grana. 2020. P. 1-19. DOI 10.1080/00173134.2020.1769176. EDN YXYMUC.
797. *Mazhari M., Kapourchal S.A., Homaee M.* Evaluating capability of two halophyte plants for phytoextraction of cadmium from contaminated soils // All Life. 2024. Vol. 17, No. 1. DOI 10.1080/26895293.2024.2313206. EDN XXJUHU.
798. *Midolo G., Axmanová I., Divíšek Ja., Dřevojan P., Lososová Z., Večeřa M., Karger D.N., Thuiller W., Bruelheide H., Aćić S., Attorre F., Biurrun I., Boch S., Bonari G., Čarni A., Chiarucci A., Ćušterevska R., Dengler J., Dziuba T., Garbolino E. et al.* Diversity and distribution of Raunkiær's life forms in European vegetation // Journal of Vegetation Science. 2024. Vol. 35, No. 1. DOI 10.1111/jvs.13229. EDN NOAHOC.
799. *Mihaylova V., Yotova G., Marinova K., Benderev A., Lyubomirova V., Tsakovski S.* Biomonitoring of potentially toxic elements in an abandoned mining region using *Taraxacum officinale*: a case study on the «tsar asen» mine in Bulgaria // Applied Sciences (Switzerland). 2023. Vol. 13, No. 21. P. 11860. DOI 10.3390/app132111860. EDN KWUOUY.
800. *Milla R.* Phenotypic evolution of agricultural crops // Functional Ecology. 2023. Vol. 37, No. 4. P. 976-988. DOI 10.1111/1365-2435.14278. EDN QQGZSA.
801. *Mimić G., Lugonja P., Šikoparija B., Podraščanin Z.* The influence of source maps on SILAM performance in modeling ragweed pollen concentrations in the area of a major European source // International Journal of Biometeorology. 2021. DOI 10.1007/s00484-021-02075-3. EDN XMOHWT.
802. *Mirkin B.M., Naumova L.G.* The vegetation adventivisation through perspective of current ecological ideas // Journal of General Biology. 2002. Vol. 63, No. 6. P. 506-508. EDN MPNDUV.

803. *Mirnenko E.* Ecological monitoring of water bodies: Bioindication, microalgae biodiversity indices // E3S Web Conf., 2024. Vol. 555. P. 02008. DOI 10.1051/e3sconf/202455502008.
804. *Mleczek P., Borowiak K., Budka A., Niedzielski P.* Relationship between concentration of rare earth elements in soil and their distribution in plants growing near a frequented road // Environmental Science and Pollution Research. 2018. Vol. 25, No. 24. P. 23695-23711. DOI 10.1007/s11356-018-2428-x. EDN OCCVSE.
805. *Mocek-Płóciniak A., Mencel Ju., Zakrzewski W., Roszkowski S.* Phytoremediation as an effective remedy for removing trace elements from ecosystems // Plants. 2023. Vol. 12, No. 8. P. 1653. DOI 10.3390/plants12081653. EDN YSQCMG.
806. *Morabito A., Musarella C.M., Spampinato G.* Diversity and ecological assessment of grasslands habitat types: a case study in the Calabria Region (Southern Italy) // Land. 2024. Vol. 13, No. 6. P. 719. DOI 10.3390/land13060719. EDN LMLYBV.
807. *Moustakas M., Dobrikova A., Sperdouli I., Hanć A., Adamakis I.D.S., Moustaka Ju., Apostolova E. A* Hormetic spatiotemporal photosystem ii response mechanism of *Salvia* to excess zinc exposure // International Journal of Molecular Sciences. 2022. Vol. 23, No. 19. P. 11232. DOI 10.3390/ijms231911232. EDN QDCLKG.
808. *Munir N., Hasnain M., Roessner U., Abideen Z.* Strategies in improving plant salinity resistance and use of salinity resistant plants for economic sustainability // Critical Reviews in Environmental Science and Technology. 2021. DOI 10.1080/10643389.2021.1877033. EDN NVWBPQ.
809. *Muszyńska E., Labudda M.* Dual role of metallic trace elements in stress biology-from negative to beneficial impact on plants // International Journal of Molecular Sciences. 2019. Vol. 20, No. 13. P. 3117. DOI 10.3390/ijms20133117. EDN OZRBNP.
810. *Mykhailyuk T., Lisovets O., Tutova H.* Steppe vegetation islands in the gully landscape system: hemeroby, naturalness and phytoindication of ecological regimes // Regulatory Mechanisms in Biosystems. 2024. Vol. 14, No. 4. P. 581-594. DOI 10.15421/022385. EDN BLZRLA.
811. *Nekhoroshkov P., Peshkova A., Zinicovscaia I., Vergel K., Kravtsova A.* Assessment of the atmospheric deposition of heavy metals and other elements in the mountain Crimea Using moss biomonitoring technique // Atmosphere. 2022. Vol. 13, No. 4. P. 573. DOI 10.3390/atmos13040573. EDN WTGYQC.
812. *Nespirnyi V., Safonov A.* The importance of principal component analysis for environmental biodiagnostics of Donbass // E3S Web of Conferences. 2024. Vol. 555. P. 01007. DOI 10.1051/e3sconf/202455501007. EDN EQEGDI.
813. *Nizhelskiy M., Kazeev K., Vilkova V., Kolesnikov S.* Biological diagnosis of soils after exposure to smoke from fires // International soil science Symposium on soil science & plant nutrition. Samsun. 2021. P. 70. EDN YYWDYB.
814. *Nosova M.B., Lisitsyna O.V., Volkova O.A., Severova E.E.* Variations in pollen deposition of the main taxa forming the land cover along a NW–SE transect in European Russia: results of a ten year Tauber trap monitoring period // Vegetation History and Archaeobotany. 2020. Vol. 29, No. 6. P. 699-716. DOI 10.1007/s00334-020-00775-1. EDN XQUSHK.
815. *Novenko E.Y., Volkova E.M.* The middle and late holocene vegetation and climate history of the forest-steppe ecotone area in the central part of european Russia // Chirigaku Hyoron. 2015. Vol. 87, No. 2. P. 91-98. DOI 10.4157/geogrevjapanb.87.91. EDN YBNNED.
816. *Novo-Lourés M., Fernández-González M., Pavón R., Espinosa K.C.S., Laza R., Guada G., Méndez J.R., Fdez-Riverola F., Rodríguez-Rajo F.Ja.* Alnus airborne pollen trends during the last 26 years for improving machine learning-based forecasting methods // Forests. 2023. Vol. 14, No. 8. P. 1586. DOI 10.3390/f14081586. EDN NLZZSB.
817. *Ochoa-Alejo N., Gómez-Jiménez M.C., Martínez O.* Editorial: Transcriptomics of fruit growth, development and ripening // Frontiers in Plant Science. 2024. Vol. 15. DOI 10.3389/fpls.2024.1399376. EDN IMWEKE.
818. *Odintsova A.V.* Morphogenesis of fruit as a subject matter for the carpological studies // Ukrainian Botanical Journal. 2022. Vol. 79, No. 3. P. 169-183. DOI 10.15407/ukrbotj79.03.169. EDN FLNARE.
819. *Oginah S.A., Posthuma L., Hauschild M., Slootweg Ja., Kosnik M., Fantke P.* To Split or not to split: characterizing chemical pollution impacts in aquatic ecosystems with species sensitivity distributions for specific taxonomic groups // Environmental Science and Technology. 2023. Vol. 57, No. 39. P. 14526-14538. DOI 10.1021/acs.est.3c04968. EDN QHULVY.
820. *Ojha A., Jaiswal S., Thakur P., Mishra S.K.* Bioremediation techniques for heavy metal and metalloid removal from polluted lands: a review // International Journal of Environmental Science and Technology. 2023. Vol. 20, No. 9. P. 10591-10612. DOI 10.1007/s13762-022-04502-3. EDN AEXQLR.
821. *Olmo V., Bacaro G., Sigura M., Alberti G., Castello M., Rocchini D., Petruzzellis F.* Mind the gaps: horizontal canopy structure affects the relationship between taxonomic and spectral diversity // International Journal of Remote Sensing. 2024. Vol. 45, No. 9. P. 2833-2864. DOI 10.1080/01431161.2024.2334776. EDN NDIMQI.
822. *Onipchenko V.G., Dudova K.V., Akhmetzhanova A.A., Khomutovskiy M.I., Dzhatdoeva T.M., Tekeev D.K., Elumeeva T.G.* Which plant strategies are related to dominance in Alpine communities? // Biology Bulletin Reviews. 2021. Vol. 11, No. 1. P. 76-85. DOI 10.1134/s2079086421010035. EDN QLMLAQ.
823. *Opekunov A.Y., Opekunova M.G., Janson S.Y., Somov V.V., Kukushkin S.Y., Bychinskii V.A., Papyan E.E.* Mineral and geochemical characteristics of soils and bottom sediments in the area affected by mining dumps (a case study

of the Sibay ore deposit) // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. P. 012078. DOI 10.1088/1755-1315/817/1/012078. EDN PRKOAR.
824. *Opekunova M., Opekunov A., Somov V., Kukushkin S., Papyan E.* Transformation of metals migration and biogeochemical cycling under the influence of copper mining production (the Southern Urals) // Catena. 2020. Vol. 189. P. 104512. DOI 10.1016/j.catena.2020.104512. EDN WNRZFW.
825. *Opekunova M.G., Nikulina A.R., Opekunov A.Yu., Arestova I.Yu., Somov V.V., Kukushkin S.Yu., Lisenkov S.A.* Transformations of the vegetation cover on the southern Kuril Islands under the impact of natural and anthropogenic factors // Contemporary Problems of Ecology. 2024. Vol. 17, No. 3. P. 360-378. DOI 10.1134/s1995425524700227. EDN LAVBKN.
826. *Opekunova M.G., Opekunov A.Yu., Somov V.V., Kukushkin S.Yu., Arestova I.Yu., Lisenkov S.A., Nikulina A.R.* Natural and anthropogenic factors of soils chemical composition on Shikotan Island (Kuril Islands) // Eurasian Soil Science. 2022. Vol. 55, No. 12. P. 1891-1908. DOI 10.1134/s1064229322700077. EDN BTCCYE.
827. *Opekunova M.G., Somov V.V., Opekunov A.Ju., Mitrofanova E.S.* Environmental geochemistry of mining landscapes on sibajskij chalcopyrite deposits (southern Urals) // Scientific GeoConference SGEM 2016. 2016. P. 303-310. DOI 10.5593/SGEM2016/B52/S20.039. EDN PHGHWK.
828. *Ortez O.A., Mcmechan A.J., Robinson E., Hoegemeyer T., Howard R.* Elmore R.W. Abnormal ear development in corn: Does hybrid, environment, and seeding rate matter? // Agronomy Journal. 2023. Vol. 115, No. 4. P. 1796-1811. DOI 10.1002/agj2.21338. EDN HMUJUD.
829. *Pacé M., Bonis A., Alard D., Blaix C., Burst M., Catterou M., Diquélou S., Dutoit T., Fontès H., Lemauviel-Lavenant S., Loucougaray G., Mesleard F., Michelot-Antalik A., Plantureux S., Chabrerie O.* Identifying generic proxies for assessing ecosystem properties and conservation status of semi-natural grasslands // Ecological Indicators. 2024. Vol. 158. P. 111586. DOI 10.1016/j.ecolind.2024.111586. EDN XNEDKZ.
830. *Panitsa M., Iliadou E., Kokkoris I., Patelodimou C., Dimopoulos P., Kallimanis A., Strid A., Raus T., Bergmeier E.* Distribution patterns of ruderal plant diversity in Greece // Biodiversity and Conservation. 2020. Vol. 29, No. 3. P. 869-891. DOI 10.1007/s10531-019-01915-4. EDN UFIZBC.
831. *Peláez-Vico M.Á., Zandalinas S.I., Devireddy A.R., Sinha R., Mittler R.* Systemic stomatal responses in plants: Coordinating development, stress, and pathogen defense under a changing climate // Plant, Cell & Environment. 2024. Vol. 47, No. 4. P. 1171-1184. DOI 10.1111/pce.14797. EDN SOWDDN.
832. *Pera A.* Assessing sustainability behavior and environmental performance of urban systems: A systematic review // Sustainability. 2020. Vol. 12, No. 17. P. 7164. DOI 10.3390/su12177164.
833. *Petrova S., Velcheva I., Nikolov B.* Nature-based solutions to reduce air pollution: a case study from Plovdiv, Bulgaria, Using trees, herbs, mosses and lichens // Forests. 2024. Vol. 15, No. 6. P. 928. DOI 10.3390/f15060928. EDN TMPHJJ.
834. *Picornell A., Ruiz-Mata R., Recio M., Trigo M.M., Cabezudo B., Oteros J., Martínez-Bracero M., Galán C., García-Mozo H., Alcázar P., Lara B., Serrano-García A., Pérez-Badia R., Romero-Morte J., Rojo J.* Methods for interpolating missing data in aerobiological databases // Environmental Research. 2021. Vol. 200. P. 111391. DOI 10.1016/j.envres.2021.111391. EDN RGKYPD.
835. *Pierce S., Luzzaro A., Negreiros D., Barbosa N.P.U., Fernandes G.W., Cerabolini B.E.L., Brusa G., Kattge J., Díaz S., Kleyer M., Shipley B., Frenette-Dussault C., Wright S.J., Soudzilovskaia N.A., van Bodegom P.M., Onipchenko V.G., Weiher E., Pinho B.X., Melo F.P.L., Tabarelli M. et al.* A global method for calculating plant CSR ecological strategies applied across biomes world-wide // Functional Ecology. 2017. Vol. 31, No. 2. P. 444-457. DOI 10.1111/1365-2435.12722. EDN YUUXED.
836. *Pierce S., Maffi D., Faoro F., Cerabolini B.E.L., Spada A.* The leaf anatomical trade-offs associated with plant ecological strategy variation // Plant Ecology. 2022. Vol. 223, No. 10. P. 1233-1246. DOI 10.1007/s11258-022-01270-5. EDN GRXJFG.
837. *Plakhov G., Bezuglova O., Tagiverdiev S., Gorbov S.* Interrelation of Lead, Zinc, and Copper with organic matter and carbonates in urban soils (a case study of Rostov-on-Don) // AgroEcoInfo. 2023. Vol. 4, No. 58. P. 19. DOI 10.51419/202134419. EDN QVHNQA.
838. *Popkova E.G.* Systemic view of ecological economics in a changing climate from the perspective of the sustainable development goals (SDGs) // Current Problems of the Global Environmental Economy Under the Conditions of Climate Change and the Perspectives of Sustainable Development. Cham: Springer, 2023. P. 3-11. DOI 10.1007/978-3-031-19979-0_1. EDN QTNEHJ.
839. *Porcher A., Kangasjärvi S.* Plant biology: Unlocking mitochondrial stress signals // Current Biology. 2024. Vol. 34, No. 2. P. R59-R61. DOI 10.1016/j.cub.2023.12.010. EDN AMCURE.
840. *Prajzlerová D., Barták V., Keil P., Moudrý V., Zikmundová M., Balej P., Leroy F., Rocchini D., Perrone M., Malavasi M., Šímová P.* The relationship between remotely-sensed spectral heterogeneity and bird diversity is modulated by landscape type // International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation. 2024. Vol. 128. P. 103763. DOI 10.1016/j.jag.2024.103763. EDN CDZKIM.
841. *Prodić I., Minić R., Stojadinović M.* The influence of environmental pollution on the allergenic potential of grass pollen // Aerobiologia. 2024. DOI 10.1007/s10453-024-09829-7. EDN YQLAXM.

842. *Protasov V., Zaitseva T., Logofet D.* Pattern-multiplicative average of nonnegative matrices: when a constrained minimization problem requires versatile optimization tools // Mathematics. 2022. Vol. 10, No. 23. P. 4417. DOI 10.3390/math10234417. EDN DFBOLJ.
843. *Pugacheva A.M.* Climatic fluctuations in dry steppes and their role in the demutation process // Arid Ecosystems. 2020. Vol. 10, No. 3. P. 181-187. DOI 10.1134/S2079096120030063. EDN OQQAGU.
844. *Qin L., Sun X., Yu L., Wang J., Modabberi S., Wang M., Chen Sh.* Ecological risk threshold for Pb in Chinese soils // Journal of Hazardous Materials. 2023. Vol. 444. P. 130418. DOI 10.1016/j.jhazmat.2022.130418. EDN ZOZUIS.
845. *Qin Yu., Zhang F., Xue Sh., Ma T., Yu L.* Heavy metal pollution and source contributions in agricultural soils developed from karst landform in the southwestern region of China // Toxics. 2022. Vol. 10, No. 10. P. 568. DOI 10.3390/toxics10100568. EDN XIRFSG.
846. *Quyet N.H., My N.T.B., van Thang D., Khiem L.H., Nam L.D., Hong K.T., Mai N.N., Hang N.T.T., My T.T.T., Frontasieva M., Zinicovscaia I., Son N.A., Thanh T.T., Trung T.D.* Biomonitoring of chemical element air pollution in hanoi using barbula indica moss // Environmental Engineering and Management Journal. 2021. Vol. 20, No. 5. P. 791-800. EDN RFHVAL.
847. *Raduła M.W., Szymura T.H., Szymura M., Swacha G., Kącki Z.* Effect of environmental gradients, habitat continuity and spatial structure on vascular plant species richness in semi-natural grasslands // Agriculture, Ecosystems & Environment. 2020. Vol. 300. P. 106974. DOI 10.1016/j.agee.2020.106974. EDN QDAZFL.
848. *Rajfur M., Stoica A.Iu., Świsłowski P., Stach W., Ziegenbalg F., Mattausch E.M.* Assessment of atmospheric pollution by selected elements and PAHs during 12-month active biomonitoring of terrestrial mosses // Atmosphere. 2024. Vol. 15, No. 1. P. 102. DOI 10.3390/atmos15010102. EDN VHGWCY.
849. *Ramzan M., Sarwar S., Ahmad M.Z., Ahmed R.Z., Hussain T., Hussain I.* Phytoremediation of heavy metal-contaminated soil of Lyari River using bioenergy crops // South African Journal of Botany. 2024. Vol. 167. P. 663-670. DOI 10.1016/j.sajb.2024.02.034. EDN IRZGQP.
850. *Ranpal S., von Bargen S., Gilles S., Luschkova D., Landgraf M., Bogawski P., Traidl-Hoffmann C., Büttner C., Damialis A., Fritsch M., Jochner-Oette S.* Continental-scale evaluation of downy birch pollen production: Estimating the impacts of global change // Environmental Research. 2024. Vol. 252. P. 119114. DOI 10.1016/j.envres.2024.119114. EDN DEKRTI.
851. *Ren C., Wang L., Yang Q.-E., Illarionova I.D.* Circumscription and phylogenetic position of *Ligularia* sect. *Stenostegia* (Asteraceae: Senecioneae) based on morphological, cytological, and molecular phylogenetic evidence // Taxon. 2020. Vol. 69, No. 4. P. 739-755. DOI 10.1002/tax.12280. EDN LSWYON.
852. *Rillig M.C., Lehmann A., Orr Ja.A., Rongstock R.* Factors of global change affecting plants act at different levels of the ecological hierarchy // The Plant Journal. 2024. Vol. 117, No. 6. P. 1781-1785. DOI 10.1111/tpj.16509. EDN TXWQZK.
853. *Rogova N., Rizhakova N., Pokrovskaya E., Tatarincheva M., Tailasheva K.* Atmospheric air pollution of a mining town in the Kuzbass region by toxic metals // CIBTA-III-2024. Vol. 95. Les Ulis: EDP Sciences, 2024. P. 2010. DOI 10.1051/bioconf/20249502010. EDN QZSLZC.
854. *Rojas-Gómez M., Moral J., López-Orozco R., Cabello D., Oteros J., Barranco D., Galán C., Díez C.M.* Pollen production in olive cultivars and its interannual variability // Annals of Botany. 2023. Vol. 132, No. 6. P. 1145-1158. DOI 10.1093/aob/mcad163. EDN PVMZOA.
855. *Rosario C.S., Urrutia-Pereira M., Murrieta-Aguttes M., D'Amato G., Chong-Silva D.C., Godoi R.H.M., Rosario Filho N.A.* Air pollution and rhinitis // Frontiers in Allergy. 2024. Vol. 5. DOI 10.3389/falgy.2024.1387525. EDN LYONJL.
856. *Rouhani A., Skousen J., Tack F.M.G.* An overview of soil pollution and remediation strategies in coal mining regions // Minerals. 2023. Vol. 13, No. 8. P. 1064. DOI 10.3390/min13081064. EDN BALVKZ.
857. *Rozenberg G.S.* Role of eco-information in monitoring: pro et contra // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2022. Vol. 31, No. 4. P. 57-60. DOI 10.24412/2073-1035-2022-10461. EDN JSFGKZ.
858. *Rozenberg G.S., Khasaev G.R., Kudinova G.E., Rozenberg A.G., Vasilyev A.V., Zibarev A.G.* Splendeurs et misères" of innovation-ecological development // Ecology and Life Protection of Industrial-Transport Complexes. 2019. P. 124-133. EDN MLIYCD.
859. *Rozenberg G.S., Kostina N.V., Kudinova G.E., Rozenberg A.G.* Environmental digitalization as a task of engineering environment (review of the problem) // Biology Bulletin Reviews. 2023. Vol. 13, No. 6. P. 736-747. DOI 10.1134/s2079086423060129. EDN XLLBFO.
860. *Rozenberg G.S., Zinchenko T.D., Rozenberg A.G.* Hierarchy of ecological homeostasis as a principle of systemology // Biology Bulletin. 2023. Vol. 50, No. S1. P. S109-S117. DOI 10.1134/s1062359023601271. EDN MKSPOI.
861. *Ruseva A., Minnikova T.V., Kolesnikov S.I., Revina S.V., Trushkov A.* Ecological state of haplic chernozem after pollution by oil at different levels and remediation by biochar // Sustainability. 2023. Vol. 15, No. 18. P. 13375. DOI 10.3390/su151813375. EDN JYTCMI.
862. *Ruseva A.S., Minnikova T.V., Kolesnikov S.I., Trufanov D.A., Minin N.S., Revina S.Yu., Gaivoronsky V.G.* Assessment of the ecological state of haplic chernozem contaminated by oil, fuel oil and gasoline after remediation // Petroleum Research. 2024. Vol. 9, No. 1. P. 155-164. DOI 10.1016/j.ptlrs.2023.03.002. EDN JQAJLY.

863. *Ryakhov R.V., Petrishchev V.P., Dubrovskaya S.A.* Experience in analysing the landscape morphological structure based on innovative methodological approaches // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. P. 012094. DOI 10.1088/1755-1315/817/1/012094.
864. *Sabreena, Hassan S., Ganai B.A., Bhat S.A., Kumar V., Ameen F.* Phytoremediation of heavy metals: an indispensable contrivance in green remediation technology // Plants. 2022. Vol. 11, No. 9. DOI 10.3390/plants11091255. EDN MKJKYQ.
865. *Safonov A.* Assessing landscape disturbance in Donbass using phytomonitoring data // BIO Web of Conferences. 2024. Vol. 126. P. 01031. DOI 10.1051/bioconf/202412601031
866. *Safonov A.* Ecological scales of indicator plants in an industrial region // BIO Web of Conferences. 2022. Vol. 43. P. 03002. DOI 10.1051/bioconf/20224303002. EDN XQQAHA.
867. *Safonov A.* Genotoxicity of natural environments of Donbass: evidence from the phytoembryology data // Green economy and adaptation of industry to climate changes. Beograd. 2024 (Zemun: Akademska izdanja). P. 66.
868. *Safonov A.* Indicator plants of anthropogenic disturbances: scientific approach, educational technologies // E3S Web of Conferences. EDP Sciences, 2023a. P. 01031. DOI 10.1051/e3sconf/202343101031. EDN LSLNVJ.
869. *Safonov A., Glukhov A.* Ecological phytomonitoring in Donbass using geoinformational analysis // BIO Web of Conferences. 2021. Vol. 31. DOI 10.1051/bioconf/20213100020.
870. *Safonov A.I.* Phytoindicational monitoring in Donetsk // World Ecology Journal. 2016. Vol. 6, No. 4. P. 59-71. EDN WADNKV.
871. *Safonov* A.I. Phyto-qualimetry of toxic pressure and the degree of ecotopes transformation in Donetsk region // Problems of ecology and nature protection of technogenic region. 2013. No. 1. P. 52-59. EDN XRAETZ.
872. *Safonov A.I.* Plant ecological strategies in the conditions of anthropogenic transformation of the Donbass landscapes // Scientific research of the SCO countries: synergy and integration. Beijing. 2023b. P. 122-129. DOI 10.34660/INF.2023.87.16.122. EDN EKQYRY.
873. *Safonov A.I.* Plants under industrial and military stress (polemostress) // Practice Oriented Science: UAE – RUSSIA – INDIA. Vol. Part 2. 2023c. P. 64-72. DOI 10.34660/INF.2023.25.85.227. EDN RRMQEQ.
874. *Safonov A.I., Safonova Y.S.* Approbation of botanical expertise method in ecological monitoring // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2014. Vol. 10, No. 2. P. 219-221. EDN WBLOSD.
875. *Šajn R., Bačeva Andonovska K., Stafilov T., Barandovski L.* Moss as a biomonitor to identify atmospheric deposition of minor and trace elements in Macedonia // Atmosphere. 2024. Vol. 15, No. 3. P. 297. DOI 10.3390/atmos15030297. EDN VPZHUE.
876. *Santos R.T., Benavides S.S.M., Alcantara D.M.C., Moreira S.N., Pott V.J., Pott A., Aoki C., Souza C.S.* High floral trait diversity of aquatic plants in the Pantanal reveals different pollination strategies // Aquatic Botany. 2024. Vol. 193. P. 103761. DOI 10.1016/j.aquabot.2024.103761. EDN WAQLDY.
877. *Sava A.R., Zamfirache M.M., Stratu A. The* Effect of zinc on germination in species of the genus *Echium* (family Boraginaceae) // Acta Biologica Marisiensis. 2023. Vol. 6, No. 1. P. 46-53. DOI 10.2478/abmj-2023-0004. EDN IURXXU.
878. *Savinov A.B., Erofeeva E.A., Nikitin Y.D.* Morphological variability and biochemical parameters of leaves in cenopopulations of *Aegopodium podagraria* L. (Apiaceae, Apiales) under various levels of soil contamination by heavy metals // Biology Bulletin. 2019. Vol. 46, No. 10. P. 1347-1352. DOI 10.1134/S1062359019100297. EDN CYXQIE.
879. *Ščevková Ja., Dušička J., Zahradníková E., Sepšiová R., Kováč J., Vašková Z.* Impact of meteorological parameters and air pollutants on airborne concentration of *Betula* pollen and Bet v 1 allergen // Environmental Science and Pollution Research. 2023. Vol. 30, No. 42. P. 95438-95448. DOI 10.1007/s11356-023-29061-z. EDN SAARXN.
880. *Schäfer R.B., Jackson M., Juvigny-Khenafou N., Osakpolor S.E., Posthuma L., Schneeweiss A., Spaak J., Vinebrooke R.* Chemical mixtures and multiple stressors: same but different? // Environmental Toxicology and Chemistry. 2023. Vol. 42, No. 9. P. 1915-1936. DOI 10.1002/etc.5629. EDN HNYSJM.
881. *Selvi S., Paksoy M.Ya., Polat R., Cakilcioglu U.* Micromorphological and anatomical characteristics of the genus Chrysophthalmum Schultz Bip. (Asteraceae) growing in Turkey // Proceedings of the National Academy of Sciences India Section B - Biological Sciences. 2014. Vol. 84, No. 2. P. 431-438. DOI 10.1007/s40011-013-0231-5. EDN JMSTFD.
882. *Senator S.A., Vinogradova Yu.K.* Invasive plants of RUSSIA: results of inventory, peculiarities of distribution, and management issues // Biology Bulletin Reviews. 2023. Vol. 13, No. 6. P. 681-690. DOI 10.1134/s2079086423060130. EDN LWIQYI.
883. *Sennikov A.N.* The taxonomic circumscription and nomenclatural history of *Pilosella suecica* (Asteraceae): a special case of grey literature in taxonomic botany // Plants. 2024. Vol. 13, No. 10. P. 1301. DOI 10.3390/plants13101301. EDN FUYAGG.
884. *Sennikov A.N.* Typification of some *Hieracium* (Asteraceae) names published by Swedish authors // Annales Botanici Fennici. 2003. Vol. 40, No. 3. P. 219-231. EDN LHWJSR.
885. *Severova E., Kopylov-Guskov Y., Sokoloff D., Selezneva Y., Karaseva V., Yadav S.R.* Pollen production of selected grass species in Russia and India at the levels of anther, flower and inflorescence // Plants. 2022. Vol. 11, No. 3. DOI 10.3390/plants11030285. EDN RETGRO.

886. *Severova E.E., Polevova S.V., Yudina S.V., Nuraliev M.S., Schelkunov M.I., Truong B.V., Do T.X., Chantanaorrapint S., Suetsugu K., Tagane S., Guo X.* Palynological study of asian Thismia (Thismiaceae: Dioscoreales) reveals an unusual pollen type // Plant Systematics and Evolution. 2021. Vol. 307, No. 5. DOI 10.1007/s00606-021-01778-9. EDN PCZVOS.
887. *Shabbir Z., Sardar A., Shabbir A., Abbas G., Shamshad S., Khalid S., Natasha, Shahid M., Murtaza G., Dumat C.* Copper uptake, essentiality, toxicity, detoxification and risk assessment in soil-plant environment // Chemosphere. 2020. Vol. 259. P. 127436. DOI 10.1016/j.chemosphere.2020.127436. EDN KRRDTV.
888. *Shadrina E., Turmukhametova N., Soldatova V., Vol'pert Y., Korotchenko I., Pervyshina G*. Fluctuating asymmetry in morphological characteristics of betula pendula roth leaf under conditions of urban ecosystems: Evaluation of the multi-factor negative impact // Symmetry. 2020. Vol. 12, No. 8. P. 1-35. DOI 10.3390/sym12081317. EDN HCKGCX.
889. *Shadrina E.G., Soldatova V.Yu.* Assessment of the environmental health by the fluctuating asymmetry value of woody plants: possible causes of the result distortion // Biology Bulletin. 2023. Vol. 50, No. S1. P. S25-S33. DOI 10.1134/s1062359023601283. EDN KSMYKV.
890. *Shahzad Kh., Zhu M., Cao L., Hao Yu., Zhou Yu., Liu W., Dai Ju.* Phylogenetic conservation in plant phenological traits varies between temperate and subtropical climates in China // Frontiers in Plant Science. 2024. Vol. 15. DOI 10.3389/fpls.2024.1367152. EDN YASBNU.
891. *Shekoyan S.V., Yeprintsev S.A., Vinogradov P.M., Lepeshkina L.A., Voronin A.A*. Environmental quality assessment of urban areas using geoinformation technologies (on example of the cities of Central Russia) // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. P. 012025. DOI 10.1088/1755-1315/543/1/012025. EDN VGKWPG.
892. *Sheydaei M.* Investigation of heavy metals pollution and their removal methods: a review // Geomicrobiology Journal. 2024. Vol. 41, No. 3. P. 213-230. DOI 10.1080/01490451.2024.2318227. EDN VZXNFJ.
893. *Shotyk W., Barraza F., Cuss Ch.W., Grant-Weaver Ia., Germani C., Javed M.B., Hillier S., Noernberg T., Oleksandrenko A.* Natural enrichment of Cd and Tl in the bark of trees from a rural watershed devoid of point sources of metal contamination // Environmental Research. 2023. Vol. 237. P. 116973. DOI 10.1016/j.envres.2023.116973. EDN KTVQYO.
894. *Singh V.K., Singh R., Rajput V.D., Singh V.K.* Halophytes for the sustainable remediation of heavy metal-contaminated sites: recent developments and future perspectives // Chemosphere. 2023. Vol. 313. P. 137524. DOI 10.1016/j.chemosphere.2022.137524. EDN CHPGJU.
895. *Song Zh., Hautier Ya., Wang Ch.* Grassland stability decreases with increasing number of global change factors: a meta-analysis // Science of the Total Environment. 2023. Vol. 898. P. 165651. DOI 10.1016/j.scitotenv.2023.165651. EDN MJNBDC.
896. *Sorrentino M.C., Giordano S., Spagnuolo V.* Phytomonitoring and phytoremediation of environmental pollutants // Plants. 2024. Vol. 13, No. 3. P. 366. DOI 10.3390/plants13030366. EDN DBPCSS.
897. *Speißer B., Wilschut R.A., Van kleunen M.* Number of simultaneously acting global change factors affects composition, diversity and productivity of grassland plant communities // Nature Communications. – 2022. Vol. 13, No. 1. P. 1-11. DOI 10.1038/s41467-022-35473-1. EDN NUVOHD.
898. *Sperandii M.G., Bazzichetto M., Mendieta-Leiva G., Schmidtlein S., Bott M., de Lima R.A.F., Pillar V.D., Price J.N., Wagner V., Chytrý M.* Towards more reproducibility in vegetation research // Journal of Vegetation Science. 2024. Vol. 35, No. 1. DOI 10.1111/jvs.13224. EDN NDOYKS.
899. *Srikhumsuk Ph., Peshkur T., Renshaw J.C., Knapp Ch.W.* Toxicological response and bioaccumulation of strontium in *Festuca rubra* L. (red fescue) and *Trifolium pratense* L. (red clover) in contaminated soil microcosms // Environmental Systems Research. 2023. Vol. 12, No. 1. P. 15. DOI 10.1186/s40068-023-00297-5. EDN XYGBGZ.
900. *Srivastava A.K., Pandey A., Böhmer M., Pandey G.K.* Editorial: Abiotic stress signaling in plants: functional genomic intervention, volume II // Frontiers in Plant Science. 2024. Vol. 14. DOI 10.3389/fpls.2023.1334467. EDN KBDFCE.
901. *Stepkin Yu.I., Prozhorina T.I., Kurolap S.A., Klepikov O.V., Boeva A.S.* Population health risk assessment associated with air pollution in the area of natural chalk industrial processing complex influence // Journal of Physics, 2021. P. 32028. DOI 10.1088/1742-6596/1889/3/032028. EDN CZNNGY.
902. *Stivrins N., Doniņa I., Auns M., Blaus A., Liiv M., Steinberga D., Jasiunas N., Grudzinska I.* Anthropogenic impact on a seacoast landscape during the last 1300 years in central Latvia, Northeastern Europe // Geoarchaeology. 2023. Vol. 38, No. 4. P. 466-481. DOI 10.1002/gea.21961. EDN QCFYPM.
903. *Strizhenok A.V., Ivanov A.V.* Monitoring of air pollution in the area affected by the storage of primary oil refining waste // Journal of Ecological Engineering. 2021. Vol. 22, No. 1. P. 60-67. DOI 10.12911/22998993/128873. EDN MXYYIW.
904. *Sukhoveeva O.E.* Adaptation of land use to climate change in Russia // Russian Meteorology and Hydrology. 2020. Vol. 45, No. 12. P. 830-834. DOI 10.3103/S106837392012002X.
905. *Suleymanov A., Abakumov E., Alekseev I., Nizamutdinov T.* Digital mapping of soil properties in the high latitudes of Russia using sparse data // Geoderma Regional. 2024. Vol. 36. P. e00776. DOI 10.1016/j.geodrs.2024.e00776. EDN CMCKZA.

906. *Suleymanov A., Polyakov V., Kozlov A., Abakumov E., Kuzmenko P., Telyagissov S.* Mapping of potentially toxic elements in the urban topsoil of St. Petersburg (Russia) using regression kriging and random forest algorithms // Environmental Earth Sciences. 2023. Vol. 82, No. 23. P. 561. DOI 10.1007/s12665-023-11272-9. EDN BCUXIS.
907. *Suleymanov A., Suleymanov R., Kulagin A., Yurkevich M.* Mercury prediction in urban soils by remote sensing and relief data using machine learning techniques // Remote Sensing. 2023. Vol. 15, No. 12. P. 3158. DOI 10.3390/rs15123158. EDN GAFTXS.
908. *Suleymanov A., Tuktarova I., Belan L., Suleymanov R., Gabbasova I., Araslanova L.* Spatial prediction of soil properties using random forest, k-nearest neighbors and cubist approaches in the foothills of the Ural Mountains, Russia // Modeling Earth Systems and Environment. 2023. Vol. 9, No. 3. P. 3461-3471. DOI 10.1007/s40808-023-01723-4. EDN LBCRND.
909. *Suleymanov R., Suleymanov A., Zaitsev G., Adelmurzina I., Galiakhmetova G., Abakumov E., Shagaliev R.* Assessment and spatial modelling of agrochernozem properties for reclamation // Applied Sciences (Switzerland). 2023. Vol. 13, No. 9. P. 5249. DOI 10.3390/app13095249. EDN YJPFPO.
910. *Sun W., Qi H., Li T., Qin Y., Fu G., Han F., Wang Sh., Pan Xu.* Modelling soil ammonium nitrogen, nitrate nitrogen and available phosphorus using normalized difference vegetation index and climate data in Xizang's grasslands // Sustainability. 2024. Vol. 16, No. 11. P. 4695. DOI 10.3390/su16114695. EDN UIFNOK.
911. *Swain A.A., Sharma P., Keswani Ch., Minkina T., Tukkaraja P., Gadhamshetty V., Kumar S., Bauddh K., Kumar N., Shukla S.K., Kumar M., Dubey R.Sh., Wong M.H.* The efficient applications of native flora for phytorestoration of mine tailings: a pan-global survey // Environmental Science and Pollution Research. 2024. Vol. 31, No. 19. P. 27653-27678. DOI 10.1007/s11356-024-33054-x. EDN LFLWRK.
912. *Świsłowski P., Vergel K., Zinicovscaia I., Rajfur M., Wacławek M.* Mosses as a biomonitor to identify elements released into the air as a result of car workshop activities // Ecological Indicators. 2022. Vol. 138. P. 108849. DOI 10.1016/j.ecolind.2022.108849. EDN HSWJSL.
913. *Szitár K., Bánhidai A., Csecserits A., Csőszi M., Halassy M., Kertész M., Kollányi L., Schneller K., Teleki M., Vaszócsik V., Török K.* The zone cube model – A tool to operationalise green infrastructure prioritisation // Landscape and Urban Planning. 2024. Vol. 243. P. 104976. DOI 10.1016/j.landurbplan.2023.104976. EDN UWHBIH.
914. *Tabašević M., Lakušić D., Kuzmanović N., Vukojičić S., Jovanović S., Glišić M.* Ruderal vegetation in Serbia – diversity and floristic composition // Botanica Serbica. 2021. Vol. 45, No. 2. P. 251-261. DOI 10.2298/BOTSERB2102251T. EDN XUZZFU.
915. *Tabrez S., Shakil S., Damanhouri G. A.* Genotoxicity testing and biomarker studies on surface waters: an overview of the techniques and their efficacies // Journal of Environmental Science and Health. Part C: Environmental Carcinogenesis and Ecotoxicology Reviews. 2011. Vol. 29, No. 3. P. 250-275. DOI 10.1080/10590501.2011.601849. EDN YCFSTB.
916. *Tabunshchik V.A., Kluchkina A.A., Petlukova E.A., Kalinchyk I.V., Galkina M.V., Penno M.V., Nikiforova A.A.* Assessment of the geomorphological basis of landscapes of the Crimean Peninsula using geoinformation technologies // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. – P. 012066. DOI 10.1088/1757-899X/905/1/012066. EDN WJKLFB.
917. *Tagiverdiev S.S., Bezuglova O.S., Gorbov S.N., Salnik N.V., Sherstnev A.K., Plakhov G.A.* Certain patterns of zinc, copper, and lead redistribution across the structural fractions of chernozems and urbic technosols // Environmental Monitoring and Assessment. 2023. Vol. 195, No. 2. P. 318. DOI 10.1007/s10661-022-10893-0. EDN CPQZSZ.
918. *Tamakhina A.Y.* The current state and biodiversity of steppe phytocenoses in the territory of the Kabardino-Balkarian Republic // E3S Web of Conferences. DOI 10.1051/e3sconf/202125406004. EDN FQMJZG.
919. *Taurines S., Guittonny M., Séguin A.* Organic matter additions for improved revegetation of arsenic-rich waste rock with planted boreal conifers: a three-year in situ monitoring study // New Forests. 2024. DOI 10.1007/s11056-024-10055-9. EDN YIMNZS.
920. *Tien D.P.T., Van Dung D., My T.T.T., Frontasyeva M., Zinicovscaia I., Khiem L.H., Son N.A.* Studying airborne trace elements in featured areas in Red River Delta and South Central Vietnam using moss biomonitoring technique and neutron activation analysis // Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry. 2022. DOI 10.1007/s10967-022-08331-z. EDN QZMUXP.
921. *Tishkov A., Belonovskay E., Titova S., Smelansky I., Trofimov I., Trofimova L.* Temperate grasslands and shrublands of Russia // Encyclopedia of the World's Biomes. Vol. 3-5, 2020. P. 725-749. DOI 10.1016/B978-0-12-409548-9.12457-1. EDN DUTSRH.
922. *Titkova T.B., Zolotokrylin A.N., Cherenkova E.A.* Current climatic trends in evaporation and soil moisture changes in the south of European Russia // Arid Ecosystems. 2023. Vol. 13, No. 3. P. 239-247. DOI 10.1134/s2079096123030150. EDN QYCZYO.
923. *Török P., Helm A.* Ecological theory provides strong support for habitat restoration // Biological Conservation. 2017. Vol. 206. P. 85-91. DOI 10.1016/j.biocon.2016.12.024. EDN YBBKGR.
924. *Trenova A., Seitzhanov A., Kosobaeva B., Imangaliyeva B.* Ecologization of the course of organic chemistry, forming ecological knowledge and education // Higher Education for the Future. 2023. Vol. 10, No. 2. P. 209-221. DOI 10.1177/23476311231174496. EDN PLNAQU.

925. *Trindade D.P.F., Carmona C.P., Reitalu T., Pärtel M.* Observed and dark diversity dynamics over millennial time scales: fast life-history traits linked to expansion lags of plants in northern Europe // Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences. 2023. Vol. 290, No. 1990. DOI 10.1098/rspb.2022.1904. EDN AWEFQL.
926. *Tseng Yu.L., Yuan Ch.Sh., Wong K.W., Lin Ch.* Chemical fingerprints and source resolution of atmospheric fine particles in an industrial harbor based on one-year intermittent field sampling data // Science of the Total Environment. 2023. Vol. 868. P. 161335. DOI 10.1016/j.scitotenv.2022.161335. EDN QXUOPO.
927. *Tsepina N.I., Kolesnikov S.I., Minnikova T.V., Ruseva A.S.* Ecotoxicity of AgNPs according to the state of biota From Modernization to Rapid Development. IDSISA. 2024, Vol. 108., P. 14009. DOI 10.1051/bioconf/202410814009. EDN DWYBRY.
928. *Turmukhametova N.V., Bedova P.V., Vorobeva I.G.* Structure peculiarities of *Pinus sylvestris* L. consortium // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Vol. 548. 2020. P. 42035. DOI 10.1088/1755-1315/548/4/042035. EDN EDFRTW.
929. *Turmukhametova N.V., Zeleev R.M., Zabotin Y.I.* A new approach to description of the structure of the consortium of *Betula pendula* Roth and *Tilia cordata* Mill. and its capabilities for bioindication // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Vol. 677. 2021. P. 42008. DOI 10.1088/1755-1315/677/4/042008. EDN YHOJGC.
930. *Umair Hassan M., Huang G., Haider F.U., Khan T.A., Noor M.A., Luo F., Zhou Q., Yang B., Ul Haq M.I., Iqbal M.M.* Application of zinc oxide nanoparticles to mitigate cadmium toxicity: mechanisms and future prospects // Plants. 2024. Vol. 13, No. 12. P. 1706. DOI 10.3390/plants13121706. EDN ANAJHB.
931. *Umarov A., Belgibaev B., Mansurova M., Kulmamirov S., Grif M.* Smart greenhouse and plant growth control // Periodicals of Engineering and Natural Sciences. 2021. Vol. 9, No. 3. P. 474-493. DOI 10.21533/pen.v9i3.2190. EDN ELSEOB.
932. *Urazgildin R.V., Kulagin A.Yu.* Damage, adaptations, and strategies of tree species in technogenesis conditions: structural and functional levels of realization of adaptive potential // Biology Bulletin Reviews. 2022. Vol. 12, No. 4. P. 441-457. DOI 10.1134/s2079086422040090. EDN LKNKEI.
933. *Vagapov B., Ibragimova K., Arhipova N.* Assessment of palynological spectrum of air in Kazan // E3S Web of Conferences. Vol. 407. 2023. P. 04004. DOI 10.1051/e3sconf/202340704004. EDN ZCFSUA.
934. *Valkó O., Zmihorski M., Biurrun I., Loos J., Labadessa R., Venn S.* Ecology and conservation of steppes and semi-natural grasslands // Hacquetia. 2016. Vol. 15, No. 2. P. 5-14. DOI 10.1515/hacq-2016-0021. EDN WSWBWT.
935. *Vancostenoble B., Blanchet N., Langlade N.B., Bailly Ch.* Maternal drought stress induces abiotic stress tolerance to the progeny at the germination stage in sunflower // Environmental and Experimental Botany. 2022. Vol. 201. P. 104939. DOI 10.1016/j.envexpbot.2022.104939. EDN LPOPHF.
936. *Vantarová K.H., Bartha S., Biurrun I., Šibík J., Valachovič M.* Plant communities in changing environment // Biologia. 2024. Vol. 79, No. 4. P. 1075-1079. DOI 10.1007/s11756-024-01661-1. EDN BDJDVQ.
937. *Vasilevskaya N.* Pollution of the environment and pollen: a review // Stresses. 2022. Vol. 2, No. 4. P. 515-530. DOI 10.3390/stresses2040035. EDN LFLRYW.
938. *Vasilevskaya N., Sikauluk A., Osechinskaya P.* The pollen as bioindicator of the genotoxicity of environment // E3S Web of Conferences. ITSE-2023. EDP Sciences, 2023. P. 01010. DOI 10.1051/e3sconf/202343101010. EDN ZCMBFH.
939. *Vázquez L.L.* Multifunctions of the auxiliary vegetation structures on conservation habitat quality. A challenge for the agro and socio ecosystems redesigns // Journal of Applied Biotechnology and Bioengineering. 2024. Vol. 11, No. 1. P. 10-13. DOI 10.15406/jabb.2024.11.00352. EDN CRBMMN.
940. *Vergel K., Zinicovscaia I., Yushin N., Chaligava O., Nekhoroshkov P., Grozdov D.* Moss biomonitoring of atmospheric pollution with trace elements in the Moscow region, Russia // Toxics. 2022. Vol. 10, No. 2. DOI 10.3390/toxics10020066. EDN AIJILK.
941. *Vergel K., Zinicovscaia I., Yushin N., Gundorina S.* Assessment of atmospheric deposition in Central Russia using moss biomonitors, neutron activation analysis and GIS technologies // Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry. 2020. Vol. 325, No. 3. P. 807-816. DOI 10.1007/s10967-020-07234-1. EDN YHRYAX.
942. *Verstraeten W.W., Delcloo A.W., Kouznetsov R., Sofiev M., Hoebeke L., Bruffaerts N.* Modelling grass pollen levels in Belgium // Science of the Total Environment. 2021. Vol. 753. P. 141903. DOI 10.1016/j.scitotenv.2020.141903. EDN OVPUYU.
943. *Veselkin D.V., Korzhinevskaya A.A., Podgaevskaya E.N.* The edge effect on the herb–dwarf shrub layer of suburban anthropogenically fragmented southern taiga pine forests // Russian Journal of Ecology. 2021. Vol. 52, No. 6. P. 446-454. DOI 10.1134/S106741362106014X. EDN BKMDGK.
944. *Veselkin D.V., Kupriynanov A.N., Manakov J.A., Betekhtina A.A., Prasad M.N.V.* Mycorrhizal plants' accelerated revegetation on coal mine overburden in the dry steppes of Kazakhstan // Environmental Sustainability: Role of Green Technologies, 2015. P. 265-282. DOI 10.1007/978-81-322-2056-5_16. EDN VAEVZD.
945. *Vilkova V.V., Kazeev K.Sh., Nizhelskiy M.S., Kolesnikov S.I., Kozun Yu.S.* Changes in soil properties of xerophytic forests in Southern Russia after anthropogenic impact // Nature Conservation Research. 2024. Vol. 9, No. 2. P. 61-72. DOI 10.24189/ncr.2024.013. EDN PTHLKU.
946. *Volkova O., Severova E.* A comparison of modern pollen rain collected by Hirst type and Tauber traps in Moscow, Russia // Ecological Questions. 2017. Vol. 26. P. 15-17. DOI 10.12775/EQ.2017.010. EDN QJKMIM.

947. *Volkova O., Severova E.* Poaceae pollen season and associations with meteorological parameters in Moscow, Russia, 1994–2016 // Aerobiologia. 2019. Vol. 35, No. 1. P. 73-84. DOI 10.1007/s10453-018-9540-8. EDN XODZSK.
948. *Volkova O., Severova E., Nosova M.* Six years of observation of airborne and deposited pollen in central European Russia: first results // Grana. 2016. Vol. 55, No. 4. P. 311-318. DOI 10.1080/00173134.2016.1157206. EDN YUUAKZ.
949. *Volosciuc C., Bogdan R., Blajovan B., Stângaciu C., Marcu M.* GreenLab, an IoT-Based Small-Scale Smart Greenhouse // Future Internet. 2024. Vol. 16, No. 6. P. 195. DOI 10.3390/fi16060195. EDN UACCVW.
950. *Voronin A.A., Klevtsova M.A., Lepeshkina L.A., Mikheev A.A., Yeprintsev S.A.* Assessment of the phytotoxicity of soils on main streets of Voronezh city // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2017. P. 012003. DOI 10.1088/1755-1315/66/1/012003. EDN XNBIWP.
951. *Waheed M., Arshad F.* Adaptive convergence and divergence underpin the diversity of Asteraceae in a semi-arid lowland region // Flora: Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants. 2024. Vol. 317. P. 152554. DOI 10.1016/j.flora.2024.152554. EDN ZHUIEL.
952. *Wan Ji.Zh., Pellissier L., Wang Ch.J., Yu F.H., Li M.He.* Plant functional composition as an effective surrogate for biodiversity conservation // Basic and Applied Ecology. 2024. Vol. 74. P. 49-56. DOI 10.1016/j.baae.2023.11.005. EDN MDDHYR.
953. *Wang A., Guo Ya., Bai Zh., Fang Ya.* Reconstruction of a century of air pollution history in Nanjing, China, using trace elements in situ leaf specimens of Platanus × hispanica and Pittosporum tobira // Environmental Pollution. 2024. Vol. 345. P. 123290. DOI 10.1016/j.envpol.2024.123290. EDN DZEWOK.
954. *Wang F., Zhang Q., Huang P., Li C., Li Ya.* CSR strategy composition and leaf traits for herbaceous plants in garden design // Ecological Indicators. 2024. Vol. 158. P. 111173. DOI 10.1016/j.ecolind.2023.111173. EDN KJYHEI.
955. *Wang J., Huang Y., Wei X., Wang L., Fang F., Liu J., Cao J., Xiao T., Beiyuan J., Qi J.* Thallium and potentially toxic elements distribution in pine needles, tree rings and soils around a pyrite mine and indication for environmental pollution // Science of the Total Environment. 2022. Vol. 828. P. 154346. DOI 10.1016/j.scitotenv.2022.154346. EDN KQZSEI.
956. *Wang Z., Wang S., Ma T., Liang Y., Huo Zh., Yang F.* Synthesis of zinc oxide nanoparticles and their applications in enhancing plant stress resistance: a review // Agronomy. 2023. Vol. 13, No. 12. P. 3060. DOI 10.3390/agronomy13123060. EDN PRCLKM.
957. *Wang Z.-C., Chen M.-X., Yang Y.-X., Fang X., Liu Z.-J., Wang L.-Y., Ge M.-Q., Zhang C., Fang J.-G., Shangguan L.-F.* Effects of copper stress on plant growth and advances in the mechanisms of plant tolerance research // Journal of Plant Nutrition and Fertilizers. 2021. Vol. 27, No. 10. P. 1849-1863. DOI 10.11674/zwyf.2021164. EDN DOYRGH.
958. *Weide A., Whitlam J., Bogaard A., Hodgson J.G., Leschner H., Manela N., Dovrat G., Melamed Y., Osem Y.* The association of arable weeds with modern wild cereal habitats: implications for reconstructing the origins of plant cultivation in the Levant // Environmental Archaeology. 2021. DOI 10.1080/14614103.2021.1882715. EDN DPQGZU.
959. *Willner W., Rolecek J., Chytrý M., Korolyuk A., Dengler J., Jandt U., Janišová M., Lengyel A., Kacki Z., Acic S., Becker T., Cuk M., Demina O., Kuzemko A., Kropf M., Lebedeva M., Yamalov S., Semenishchenkov Y., Šilc U., Stancic Z. et al.* Formalized classification of semi-dry grasslands in central and eastern Europe // Preslia. 2019. Vol. 91, No. 1. P. 25-49. DOI 10.23855/preslia.2019.025. EDN LBTBKZ.
960. *Wu J.* Landscape sustainability science (II): core questions and key approaches // Landscape Ecology. 2021. DOI 10.1007/s10980-021-01245-3. EDN ZQWJIK.
961. *Wu Yu., Elumeeva T.G., Kazantseva E.S., Wu Ya., Wang Q., Dudova K.V., Onipchenko V.G.* The CSR strategies of alpine plants and community functional diversity in the Eastern Qinghai-Tibetan mountains // Botanica Pacifica: a Journal of Plant Science and Conservation. 2023. Vol. 12, No. 1. P. 47-54. DOI 10.17581/bp.2023.12103. EDN CHAXTC.
962. *Xiangyan M., Lele L., Meiqi Y., Huijia S., Pengcheng Z., Xiaona Y., Ning D., Renqing W., Weihua G.* Variation in plant functional traits of Phragmites australis based on field investigation and common garden experiment // Shengtai Xuebao. 2021. Vol. 41, No. 10. P. 3755-3764. DOI 10.5846/stxb202009222468. EDN YLDKUI.
963. *Xie H., Shi Ya., Wang L., Yan H., Ci M., Wang Z., Chen Yu.* Source and risk assessment of heavy metals in mining-affected areas in Jiangxi Province, China, based on Monte Carlo simulation // Environmental Science and Pollution Research. 2024. Vol. 31, No. 14. P. 21765-21780. DOI 10.1007/s11356-024-32554-0. EDN DTIXBE.
964. *Xu F., Asghar M.A.* Editorial: Seed-environment interactions // Frontiers in Plant Science. 2023. Vol. 14. DOI 10.3389/fpls.2023.1201047. EDN KHRNKY.
965. *Yadav A.K., Shirin S., Jamal A., Emmanouil C.* Effect of seasonal and meteorological variability of air pollution in Singrauli coalfield // Aerosol Science and Engineering. 2022. Vol. 6, No. 1. P. 61-70. DOI 10.1007/s41810-021-00124-3. EDN NNFOPX.
966. *Yao L., Zhang X., Yu J., Liu Ya., Du H., Li X.* Exploring ecological management plans for typical systems in arid areas from the perspective of ecosystem service value evolution // Systems. 2024. Vol. 12, No. 5. P. 166. DOI 10.3390/systems12050166. EDN LFCGEE.

967. *Yashina N., Kashina O., Yashin S., Pronchatova-Rubtsova N.* Methodology of financial monitoring based on cluster analysis for the implementation of national projects in the Russian // Sustainable Development and Engineering Economics. 2023. No. 3(9). P. 22-33. EDN FSUVGD.
968. *Yeprintsev S., Kurolap S., Klepikov O., Budarina V., Ignatenko I.* Geoinformation modeling of socio-ecological safety of rural areas on the example of settlements of the Belgorod region // E3S Web of Conferences, EDP Sciences, 2023a. P. 08019. DOI 10.1051/e3sconf/202345808019. EDN YGRJYF.
969. *Yeprintsev S., Kurolap S., Klepikov O., Vinogradov P.* Remote monitoring of factors determining the environmental safety of urban areas // E3S Web of Conferences. 2023b. P. 03030. DOI 10.1051/e3sconf/202338903030. EDN WPFKSG.
970. *Yeprintsev S.A., Klepikov O.V., Shekoyan S.V., Zhigulina E.V.* Study of the Impact of Social and Environmental Factors on the Spread of Coronavirus Infection in Russian Regions // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. P. 012007. DOI 10.1088/1755-1315/688/1/012007. EDN KNQAWL.
971. *Yeprintsev S.A., Kurolap S.A., Klepikov O.V., Shekoyan S.V.* Ecological diagnostics of urban areas based on the materials of remote sensing of the earth // ASEDU-II-2021. AIP PUBLISHING, 2022. P. 70030. DOI 10.1063/5.0104467. EDN JJVIBC.
972. *Yeprintsev S.A., Kurolap S.A., Klepikov O.V., Shekoyan S.V., Zhigulina E.V.* The study of the environmental risk of urban areas on the example of the city of Voronezh // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. P. 012028. DOI 10.1088/1755-1315/543/1/012028. EDN UZWMLR.
973. *Yıldız A., Işık V., Aydın S.S.* Heavy metal biomonitoring study using transplanted lichen, *Pseudevernia furfuracea* (L.) Zopf, in Kirikkale, Turkey // MOJ Ecology & Environmental Sciences. 2023. Vol. 8, No. 5. P. 192-200. DOI 10.15406/mojes.2023.08.00292. EDN CTLNSE.
974. *Yu L., Chen Sh., Wang J., Qin L., Sun X., Zhang X., Wang M.* Environmental risk thresholds and prediction models of Cd in Chinese agricultural soils // Science of the Total Environment. 2024. Vol. 906. P. 167773. DOI 10.1016/j.scitotenv.2023.167773. EDN YSYTEC.
975. *Zádrapová D., Titěra A., Száková J., Najmanová J., Tlustoš P., Čadková Z., Cudlín O.* Mobility and bioaccessibility of risk elements in the area affected by the long-term opencast coal mining // Journal of Environmental Science and Health. Part A: Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering. 2019. Vol. 54, No. 12. P. 1159-1169. DOI 10.1080/10934529.2019.1633854. EDN BSQXOF.
976. *Zagornaya T.O., Treshchevsky Yu.I., Dolbnya N.V.* Institutional support for the development of the Donbas: a retrospective analysis performed upon the inclusion of the region Into the Russian Federation // Proceedings of Voronezh State University. Series: Economics and Management. 2023. No. 4. P. 46-59. DOI 10.17308/econ.2023.4/11685. EDN IMZHZF.
977. *Zagurskaya Yu.V.* Study isssues of invasive species of the genus Solidago // Ecosystem Transformation. 2022. Vol. 5, No. 2(16). P. 42-54. DOI 10.23859/estr-211029. EDN VIISID.
978. *Zaika M.A., Krinitsina A.A., Nilova M.V., Speranskaya A.S., Sukhorukov A.P., Kilian N., Jones K. Scorzonera* sensu lato (Asteraceae, Cichorieae)-taxonomic reassessment in the light of new molecular phylogenetic and carpological analyses // PhytoKeys. 2020. Vol. 137. P. 1-85. DOI 10.3897/phytokeys.137.46544. EDN RMFBMA.
979. *Zaitsev G., Davydychev A., Kulagin A., Giniyatullin R., Egorova N., Komissarov M., Urazgildin R., Suleymanov R., Tagirova O.* Suppressed undergrowth of siberian spruce (Picea obovata ledeb.) in early ontogeny: One-way ticket or survival strategy? // Forests. 2021. Vol. 12, No. 7. DOI 10.3390/f12070851. EDN JJCMMB.
980. *Zaitsev G.A., Kulagin A.Y., Dubrovina O.A., Shainurov R.I.* Cadmium and zinc migration in Scots pine stands growing in contaminated areas from metallurgical plant emissions // International Journal of Environmental Science and Technology. 2021. DOI 10.1007/s13762-020-03104-1. EDN QVCOMI.
981. *Zakharov V.M., Trofimov I.E.* Homeostatic mechanisms of biological systems: prolegomena // Biology Bulletin. 2023. Vol. 50, No. S1. P. S1-S6. DOI 10.1134/s1062359023601192. EDN JHXMBS.
982. *Zandalinas S.I., Casal J., Rouached H., Mittler R.* Stress combination: from genes to ecosystems // The Plant Journal. 2024. Vol. 117, No. 6. P. 1639-1641. DOI 10.1111/tpj.16681. EDN XGVRZI.
983. *Zandalinas S.I., Peláez-Vico M.Á., Sinha R., Pascual L.S., Mittler R.* The impact of multifactorial stress combination on plants, crops, and ecosystems: how should we prepare for what comes next? // The Plant Journal. 2024. Vol. 117, No. 6. P. 1800-1814. DOI 10.1111/tpj.16557. EDN BYFDHQ.
984. *Zeng L.* Urban landscape design based on VR immersive interactive experience app platform research and practice // Lecture Notes in Electrical Engineering. 2022. Vol. 827 LNEE. P. 511-519. DOI 10.1007/978-981-16-8052-6_63. EDN IICPUN.
985. *Zeshan M., Bhatti I.A., Mohsin M., Iqbal M., Amjed N., Nisar J., AlMasoud N., Alomar T.S.* Remediation of pesticides using TiO_2 based photocatalytic strategies: a review // Chemosphere. 2022. Vol. 300. P. 134525. DOI 10.1016/j.chemosphere.2022.134525. EDN EWZGIJ.
986. *Zettlemoyer M.A.* A demographic approach for predicting population responses to multifactorial stressors // AoB Plants. 2023. Vol. 15, No. 3. DOI 10.1093/aobpla/plad023. EDN PADZHK.
987. *Zhang J., Tang Zh., Agathokleous E., Zheng G., Xu L., Li P.* Hormesis in the heavy metal accumulator plant Tillandsia ionantha under Cd exposure: Frequency and function of different biomarkers // Science of the Total Environment. 2023. Vol. 889. P. 164328. DOI 10.1016/j.scitotenv.2023.164328. EDN IQTQCG.

988. *Zhang S.* Modern urban landscape design under sustainable development // Journal of Advanced Oxidation Technologies. 2018. Vol. 21, No. 2. P. 201808740. DOI 10.26802/jaots.2018.08740. EDN YIODGH.
989. *Zhang W., Xu Ju., Yu T.X.* Dynamic behaviors of bio-inspired structures: Design, mechanisms, and models // Engineering Structures. 2022. Vol. 265. P. 114490. DOI 10.1016/j.engstruct.2022.114490. EDN HSLYVP.
990. *Zhao F., Meng Zh., Ren X., Dang X., Shi Sh., Li P., Ding H., Guo J.* Changes in plant-soil synergistic patterns along grassland degradation gradients in northern China // Frontiers in Environmental Science. 2024. Vol. 12. DOI 10.3389/fenvs.2024.1398726. EDN QPRUZR.
991. *Zhao Yu., Wu Zh., Zhao Ya., Zheng Zh., Lu X., Sun W., Wang Ya., Bai Y.* Inferring scalable productivity-related grassland functional diversity in combination with in-situ leaf spectra and Sentinel-2 data // Fundamental Research. 2024. DOI 10.1016/j.fmre.2024.01.012. EDN OKTISW.
992. *Zheng J., Wang Qi., Yuan Sh., Zhang B., Zhang F., Li Sh., Qiao J., Wu Yu., Xing J., Han G., Zhang Ju., Zhao M.* Soil deterioration due to long-term grazing of desert-steppe promotes stress-tolerant ecological strategies in plants // Science of the Total Environment. 2024. Vol. 907. P. 168131. DOI 10.1016/j.scitotenv.2023.168131. EDN XWICJS.
993. *Zhichkina L., Mirgorodskaya M., Zhichkin K., Marenkov A., Ergashev I., Tumanov A., Volgin A.* Assessment of degradation transformations of agricultural lands // Bio web of conferences. 2024. Vol. 113. P. 04001. DOI 10.1051/bioconf/202411304001. EDN DIAOIE.
994. *Zhou T., Hou G., Zong N., Shi P., Sun J.* Degradation shifts plant communities from S- to R-strategy in an alpine meadow, Tibetan Plateau // Science of the Total Environment. 2021. Vol. 800. P. 149572. DOI 10.1016/j.scitotenv.2021.149572. EDN IVLWNG.
995. *Zhu Yu., Gu W., Tian R., Li Ch., Ji Yu., Li T., Wei Ch., Chen Z.* Morphological, physiological, and secondary metabolic responses of *Taraxacum officinale* to salt stress // Plant Physiology and Biochemistry. 2022. Vol. 189. P. 71-82. DOI 10.1016/j.plaphy.2022.08.002. EDN JGIDKG.
996. *Zhuikova T.V., Meling E.V., Kaigorodova S.Y., Bezel' V.S., Gordeeva V.A.* Specific features of soils and herbaceous plant communities in industrially polluted areas of the Middle Urals // Russian Journal of Ecology. 2015. Vol. 46, No. 3. P. 213-221. DOI 10.1134/S1067413615030133. EDN UGBOGR.
997. *Zhuikova T.V., Meling E.V., Krivosheeva A.V., Bezel' V.S., Bergman I.E.* Fertility and viability of pollen grains of *Taraxacum officinale* Wigg. s.l. (Asteraceae, Magnoliopsida) in a gradient of an anthropogenically transformed environment // Biology Bulletin. 2020. Vol. 47, No. 10. P. 1351-1358. DOI 10.1134/S1062359020100271. EDN XPFGBU.
998. *Zinicovscaia I.* Management of the quality of the air in the republic of Moldova based on the moss biomonitoring data // Advances in Intelligent Systems and Computing. 2020. Vol. 1190. P. 297-306. DOI 10.1007/978-3-030-49829-0_22. EDN SHTLAG.
999. *Zinicovscaia I., Chaligava O., Yushin N., Grozdov D., Vergel K., Hramco C.* Moss biomonitoring of atmospheric trace element pollution in the republic of Moldova // Archives of Environmental Contamination and Toxicology. 2022. DOI 10.1007/s00244-022-00918-7. EDN MMSNDM.
1000. *Zinicovscaia I., Hramco C., Chaligava O., Yushin N., Grozdov D., Vergel K., Duca G.* Accumulation of potentially toxic elements in mosses collected in the Republic of Moldova // Plants. 2021. Vol. 10, No. 3. P. 1-13. DOI 10.3390/plants10030471. EDN CPOORW.
1001. *Zinicovscaia I., Safonov A., Kravtsova A., Chaligava O., Germonova E.* Neutron activation analysis of rare earth elements (Sc, La, Ce, Nd, Sm, Eu, Tb, Dy, Yb) in the diagnosis of ecosystems of Donbass // Physics of Particles and Nuclei Letters. 2024. Vol. 21, No. 2. P. 186-200. DOI 10.1134/S1547477124020158. EDN XTYWUI.

Научное издание

Сафонов Андрей Иванович

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ФИТОМОНИТОРИНГ АНТРОПОГЕННЫХ ТРАНСФОРМАЦИЙ

Монография

Редактор: В. О. Корниенко
Компьютерная верстка: А. Сафонов
Обложка: М. Мурашко

Донецкий государственный университет
283001, г. Донецк, ул. Университетская, 24

Издательский Дом «ЭДИТ»
ДНР, г. Донецк, ул. Кирова, 90 и; +7 (949) 332 36 75;
info@edit-dn.ru; www.edit-dn.ru

Подписано в печать 19.11.2024, формат 90х60/16
бумага офсетная, гарнитура Times New Roman
у.п.л. 16,62; у.и.л.15,0. Заказ № 22 от 18.11.2024; тираж 82 экз.

ISBN 978-5-6052426-6-6

Отпечатано с готового оригинал-макета
в «Издательский Дом «ЭДИТ»
г. Донецк ул. Кирова, 90 и; +7 (949) 332 36 75
info@edit-dn.ru; www.edit-dn.ru