ISSN 2077-3366

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ ДНР
ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCES OF DPR
DONETSK NATIONAL UNIVERSITY

ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ И ОХРАНЫ ПРИРОДЫ ТЕХНОГЕННОГО РЕГИОНА

Научно-практический журнал

№ 3–4

Основан в 1999 г.

PROBLEMS OF ECOLOGY AND NATURE PROTECTION OF TECHNOGENIC REGION

Scientific and practical journal

№ 3–4

Founded in 1999

2019

Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2019. № 3–4

В журнале «Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона» публикуются статьи преподавателей, научных сотрудников и аспирантов вузов и научно-исследовательских организаций, которые охватывают широкий круг вопросов экологической, а также флористической, фаунистической, биофизической и физиологической направленности, которые касаются проблем экологии и охраны природы.

Предназначен для специалистов в области экологии, ботаники, зоологии, физиологии растений, человека и животных, биофизики, охраны природы, а также для преподавателей и студентов биологических, экологических факультетов и кафедр высших учебных заведений.

Редакционная коллегия

Беспалова С. В., проф., д-р физ.-мат. наук (***главный редактор***)	ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»
Горецкий О. С., проф., д-р биол. наук (***зам. главного редактора***)	ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»
Алемасова А. С., проф., д-р хим. наук	ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»
Глухов А. З., проф., д-р биол. наук	ГУ «Донецкий ботанический сад»
Демченко С. И., доц., канд. биол. наук	ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»
	НИИ травматологии и ортопедии
Калинкин О. Г., проф., д-р мед. наук	ГОО ВПО «Донецкий национальный медицинский университет им. М. Горького»
Мацюра А. В., проф., д-р биол. наук	ФГБОУ ВО «Алтайский государственный университет» (Россия)
Остапко В. М., проф., д-р биол. наук	ГУ «Донецкий ботанический сад»
Сафонов А. И., доц., канд. биол. наук	ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»
	Гуманитарно-педагогическая академия
Соболев В. И., проф., д-р биол. наук	ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского» (Россия)
Труш В. В., доц., канд. мед. наук	ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»
Штирц А. Д., доц., канд. биол. наук (***отв. секретарь***)	ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»
Ярошенко Н. Н., проф., д-р биол. наук	ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»

Журнал входит в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук по группе научных специальностей 03.02.00 – общая биология (приказ МОН ДНР № 1134 от 01.11.2016 г.).

Журнал включен в Перечень РИНЦ (лицензионный договор № 378-06/2016 от 24.06.2016 г.).

Свидетельство о регистрации СМИ, выданное Министерством информации ДНР: Серия ААА № 000073 от 21.11.2016 г.

Адрес редакции:
283050, г. Донецк, ул. Щорса, 46, к. 310
Донецкий национальный университет,
Биологический факультет
Тел.: (062) 302-09-95; (071) 419-59-19
Сайт журнала: http://donnu.ru/ecolog
e-mail: **eco-1999@mail.ru**

Печатается по решению Ученого совета ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»

© ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», 2019

Problems of ecology and nature protection of technogenic region. 2019. № 3–4

Papers of academic staff, scientific employees and post-graduate students of high schools and research organizations cover a wide range of questions of ecological, floristic, faunistic, biophysical and physiological orientation and touches problems of ecology and nature protection.

It is intended for ecologists, botanists, zoologists, plants physiologists, man and animals physiologists, biophysics, experts in nature protection and for teachers and students of biological and ecological faculties of higher educational institutions.

Editorial Board

Bespalova S. V. (Editor-in-Chief)	Donetsk National University
Goretsky O. S. (Associate Editor)	Donetsk National University
Alemasova A. S.	Donetsk National University
Glukhov A. Z.	Donetsk Botanical Garden
Demchenko S. I.	Donetsk National University
Kalinkin O. G.	Research Institute of Traumatology and Orthopedy Donetsk National Medical University
Matsyura A. V.	Altai State University (Russia)
Ostapko V. M.	Donetsk Botanical Garden
Safonov A. I.	Donetsk National University
Sobolev V. I.	Humanities and Education Science Academy Crimean Federal University (Russia)
Trush V. V.	Donetsk National University
Shtirts A. D. (Managing editor)	Donetsk National University
Yaroshenko N. N.	Donetsk National University

Journal is included in the List of scientific specialized editions of Biological sciences: group of scientific specialties 03.02.00 – general biology (order of MES DPR № 1134 dated 01.11.2016).

Journal is included in the List of Russian scientific citation index (license agreement № 378-06/2016 dated 24.06.2016).

Certificate of registration of the media, issued by the Ministry of Information DPR: Series AAA № 000073 of 21.11.2016.

Address of editorial board:
Faculty of Biology, Donetsk National University,
Schorsa str., 46/310, Donetsk, 283050.
Tel.: (062) 302-09-95
(071) 419-59-19
Web-site of journal: http://donnu.ru/ecolog
e-mail: **eco-1999@mail.ru**

Printed by decision of Donetsk National University Scientific Council

© Donetsk National University, 2019

С О Д Е Р Ж А Н И Е

ФЛОРА, ЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА РАСТИТЕЛЬНОГО МИРА

Гермонова Е. А., Федоркина И. А. Динамика трансформации природных экотопов на примере урбофитосистемы Донецка **6**

Козуб-Птица В. В. Анализ семейства Fabaceae Lindl. коллекции кормовых растений Донецкого ботанического сада **12**

Кравсун Т. И. Вегетативная стратегия растений-индикаторов Донбасса по критерию структуры листового аппарата **19**

Мирненко Э. И. Особенности эвтрофирования Нижнекальмиусского водохранилища **24**

Морозова Е. И. Смены жизненных стратегий некоторых видов мохообразных в условиях Донецко-Макеевской промышленной агломерации **31**

Сафонов А. И., Гермонова Е. А. Экологические сети фитомониторингового назначения в Донбассе **37**

Сафонов А. И., Мирненко Н. С. Палинологический скрининг в мониторинговой программе Центрального Донбасса **43**

ФАУНА, ЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА ЖИВОТНОГО МИРА

Амолин А. В. Обзор фауны ос семейств Scoliidae, Mutillidae, Pompilidae, Vespidae, Sphecidae, Crabronidae (Hymenoptera: Vespomorpha) Северного Приазовья **49**

Савченко Е. Ю. Жужелицы (Coleoptera: Carabidae) БООПТРЗ «Хомутовская степь – Меотида» **60**

Штирц А. Д., Невидомая А. М. Панцирные клещи яблоневого сада г. Владимира (РФ) **66**

ФИЗИОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ, МИКОЛОГИЯ

Демченко С. И., Шаймухаметова М. С. Агробиологическая оценка новых гибридных штаммов *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) Kumm. **72**

Загнитко Ю. П. Активность ферментного препарата молокосвертывающего действия штамма В-02 *Irpex lacteus* (Fr.) Fr. при разных значениях температуры и кислотности среды **80**

Сыщиков Д. В., Агурова И. В. Мониторинг содержания органического вещества и элементов минерального питания в эдафотопах техногенных экосистем **84**

Чемерис О. В., Помазкова Ю. А. Особенности биосинтеза экзопротеиназ молокосвертывающего действия базидиомицетом *Irpex lacteus* при изменении источника углеродного питания **92**

Правила для авторов **98**

C O N T E N T S

FLORA, ECOLOGY AND PROTECTION OF THE PLANT KINGDOM

Germonova E. A., Fedorkina I. A. Dynamics of natural ecotopes transformation on the example of Donetsk urban phythosystem **6**

Kozub-Ptitsa V. V. Analysis of the collection of Fabaceae Lindl. family from the fodder plants collection in the Donetsk Botanical Gardens **12**

Kravsun T. I. Vegetative strategy of plants-indicators of Donbass according to the criterion of the structure of the leaf apparatus **19**

Mirnenko E. I. Features of the eutrophication of the Nizhne-Kalmius reservoir **24**

Morozova E. I. Changes in life strategies of some species of bryophytes under the conditions of the Donetsk-Makeevka industrial agglomeration **31**

Safonov A. I., Germonova E. A. Ecological networks for phytomonitoring purposes in Donbass **37**

Safonov A. I., Mirnenko N. S. Palynological screening in the monitoring program of Central Donbass **43**

FAUNA, ECOLOGY AND PROTECTION OF THE ANIMAL KINGDOM

Amolin A. V. A review of fauna of Scoliidae, Mutillidae, Pompilidae, Vespidae, Sphecidae, Crabronidae (Hymenoptera: Vespomorpha) of the Northern Azov Region **49**

Savchenko E. Yu. Ground beetles (Coleoptera: Carabidae) of Biosphere specially protected natural territory of Republican significance «Khomutovskaya steppe – Meotida» **60**

Shtirts A. D., Nevidomaya A. M. Oribatid mites in the apple orchard of Vladimir (Russian Federation) **66**

PHYSIOLOGY AND ECOLOGY OF THE PLANT, MYCOLOGY

Demchenko S. I., Shaimukhametova M. S. The agrobiological estimation of new *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) Kumm. hybrid strains **72**

Zagnitko Yu. P. Activity of the enzyme preparation of milk coagulative action of the strain B-02 *Irpex lacteus* Fr. in different value of temperature and pH **80**

Syshchykov D. V., Agurova I. V. Monitoring of the content of organic matter and mineral nutrition elements in edapotopes of technogenous ecosystems **84**

Chemeris O. V., Pomazkova Yu. A. The features of the biosynthesis of milk-clotting exoproteinases by *Irpex lacteus* in changing the carbon nutrition **92**

Rules for authors **98**

ФЛОРА, ЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА РАСТИТЕЛЬНОГО МИРА
FLORA, ECOLOGY AND PROTECTION OF THE PLANT KINGDOM

УДК 58.632 : 502 (477)

© **Е. А. Гермонова[1], И. А. Федоркина[2]**

ДИНАМИКА ТРАНСФОРМАЦИИ ПРИРОДНЫХ ЭКОТОПОВ НА ПРИМЕРЕ УРБОФИТОСИСТЕМЫ ДОНЕЦКА

[1] ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет»,
[2] ГО ВПО «Донецкий национальный университет экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского»
[1] 283000, г. Донецк, ул. Артема, 58; e-mail: germonova@mail.ru
[2] 283050, г. Донецк, ул. Щорса, 31; e-mail: fiaa@list.ru

***Гермонова Е. А., Федоркина И. А.* Динамика трансформации природных экотопов на примере урбофитосистемы Донецка.** – На примере территорий центральных районов г. Донецка и комплексному индексу трансформации экотопов с использованием индикаторов установлена динамика и направление микролокальных процессов в фитосреде промышленно и антропогенно развитого городского массива. При визуализации данных использованы разные способы картографической обработки информации.

Ключевые слова: экологический мониторинг, фитоиндикация, г. Донецк, экологическая экспертиза.

Введение

В промышленном регионе необходимым условием экологических разработок является оперирование информацией о состоянии среды по комплексным показателям [3, 15, 17], имеющим непосредственное численное отношение к процессам формирования и функционирования природных систем [5, 16]. Таким требованиям отвечает проводимая в Донецком экономическом регионе фитоиндикационная экспертиза [1, 7, 11, 13], основанная преимущественно на структурной пластичности растений-индикаторов [6, 10, 12, 14, 18] в функциональном аспекте трансформации систем [8, 13, 17] по экологическим шкалам и инвентаризационным спискам [9, 12]. Для визуализации и понимания процессов территориально-плоскостного изменения в среде требуются мероприятия по обработке информации картографического характера [2, 4].

Цель работы – используя разные подходы картографической визуализации данных фитоиндикационного мониторингового эксперимента в центральных районах г. Донецка, рассмотреть процессы микролокальных трансформаций природных экотопов в 2018-2019 гг.

Материал и методы исследования

Рассчитываемый индекс трансформации (ИТ) природных экотопов состоит из суммы критериев фитоиндикационной мониторинговой значимости для городской среды. Диапазон абсолютных значений ИТ колеблется от 0 до 20 и состоит из следующих 5-балльных индексов: 1) значение показателя общего тератообразования у растений-индикаторов Донбасса (по [11]); 2) степень дефектности пыльцевых зерен для одного из информативных индикаторных видов устанавливается по [9]; 3) максимальное значение (для одного из регистрируемых видов) морфотипической разнокачественности общего габитуса рассчитывается по [13]; 4) частота встречаемости деформированного или несформированного зародыша одного из индикаторных видов растения в соответствии с методическими рекомендациями [9, 16, 17].

Картографическая визуализация данных проведена методами анализа близости и интерполяции с использованием встроенных инструментов геоинформационной системы (ГИС) ArcGIS 10.4.

Расчет значений индекса трансформации экотопов центральных районов г. Донецка по 20-балльной шкале проведен в 2018-2019 гг. по данным из 120 пробных площадей. Для наглядной визуализации использовали разные способы ГИС-анализа: построение полигонов Тиссена с последующим анализом (рис. 1), алгебра растров из модуля Spatial Analyst и др.

© **Гермонова Е. А., Федоркина И. А., 2019**

Результаты и обсуждение

Методом построения полигонов Тиссена с последующим анализом сформировано картографическое изображение данных индекса трансформации экосистемы по комплексному критерию фитоиндикационной экспертизы в 2018 г. (рис. 1).

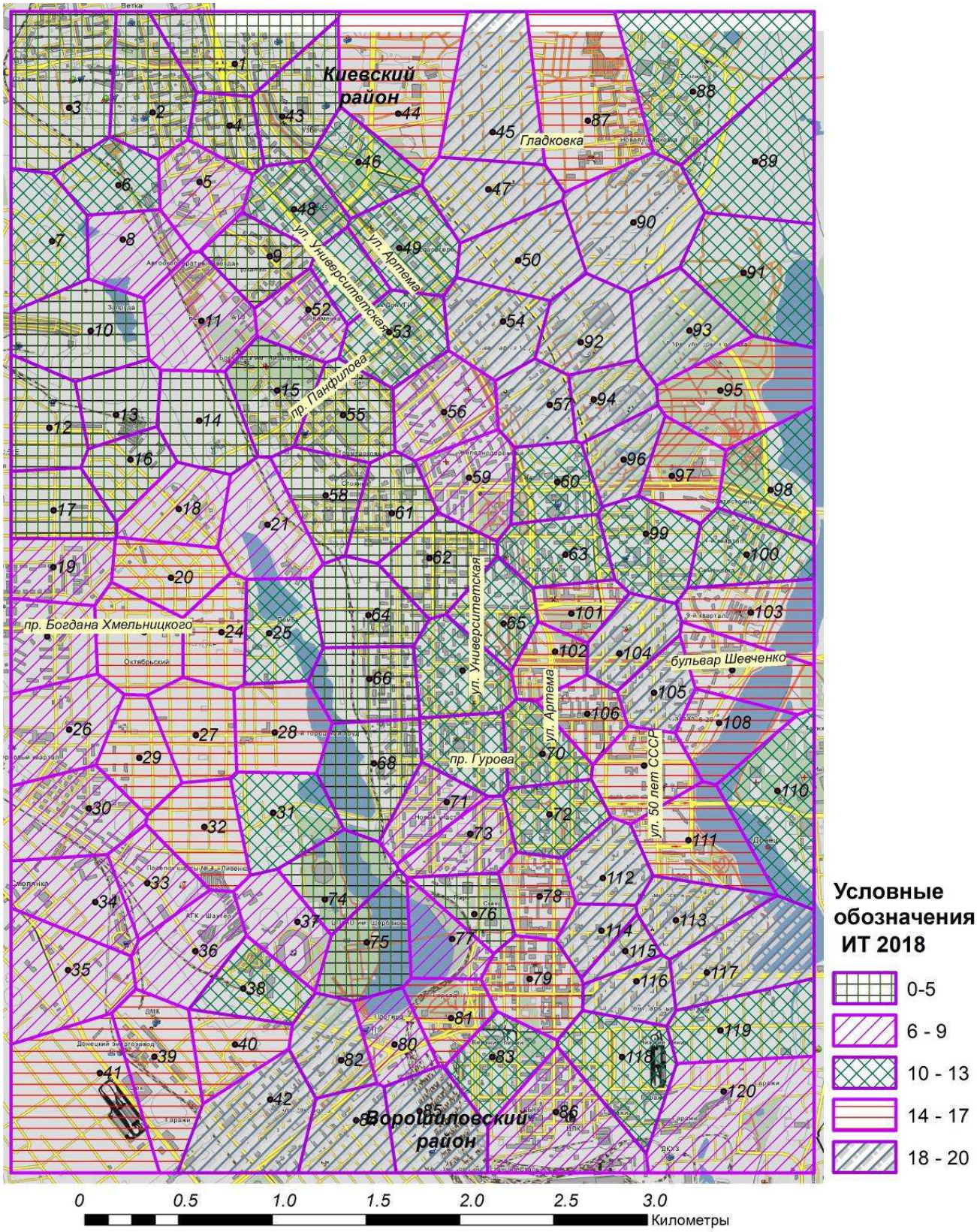

Рис. 1. Распределение значений индекса трансформации экотопов центральных районов г. Донецка по 20-балльной шкале (2018 г.)

Из имеющихся вариантов шкалообразования по диапазонам величины общего индекса были использованы 5 интервальных значений, среди которых минимальный интервал (первый) соответствует и минимальному процентному площадному распределению по территории исследований (менее 3%), а максимальный (пятый) колеблется в разные годы между 17 и 20%, – это территории с преимущественно необратимой трансформацией ландшафтов по механическому критерию переформирования или по уровню токсической нагрузки. Преимущественно отмечается высокое значение индекса трансформации в геолокальном тяготении к зонам промышленной интенсификации, что также сопряжено с перемещением токсической нагрузки от выбросов в западном направлении, учитывая доминирующие восточные ветры в регионе.

Полученная картографическая визуализация не позволяет дробно и узколокально дифференцировать импактизацию со стороны передвижных источников выбросов (вдоль основных автомагистралей), или стационарных источников, например, хозяйственно-бытового назначения. Поэтому такой способ получения наглядной информации именно по критерию ИТ рекомендован для фонового экологического мониторинга города, что для районной дифференциации достаточно в принятии управленческих решений эксплуатирования отдельных зон города в функциональном и эргономическом аспектах и при сравнительном экологическом мониторинге для выявления локальных тенденций (в динамике) смещения зон, характеризующихся неблагоприятными процессами.

Концептуально способ использования растительных индикаторов важен в сравнении значений по разным годам сбора информации. Важно отметить, что на территориях жилой застройки в центральных районах г. Донецка можно констатировать как высокие значения ИТ, например, в точках 42, 45, 47, 50, 34, 84, 85, 90, 92, 93, 96, 112-117, так и минимальные показатели общего коэффициента трансформации экосистем по фитокомпонентному критерию, например, узлы локализации мониторинговой сети в пробных площадях 10, 12, 13, 16, 17, 55, 58, 61, 62, 64, 66, 68, 74, 75 и др. (см. рис. 1). На карту нанесены значения всего вегетационного периода сбора материала, однако, качественное сравнение при реализации камерального этапа позволяет отметить, что индекс ИТ наиболее информативен (дифференцирован в 20-балльном диапазоне значения признака) при сборе материала в полевых условиях со второй декады июля по первую декаду сентября. Принципиальное отличие проведенной ботанической экспертизы по структурным элементам видов-индикаторов в том, что осуществлена привязка значения индекса неблагополучия без наложения официальной информации о современных воздействиях (выбросах, сбросах, механо-токсических вмешательствах) на природные экотопы. Это важное положение независимой экологической экспертизы, благодаря которой можно оперировать информацией о реакции живых систем на неблагоприятные факторы среды, что требует дальнейшего детального анализа.

Картографический метод позволил выделить динамику значений ИТ по критерию фитосреды, что целесообразнее и стратегически важнее было проанализировать в обратной временной последовательности при сравнении данных за 2018 и 2019 гг. Ретроспективный межгодовой анализ (рис. 2) представлен несущественными переходами значений (не более 3 баллов в шкале из 20 целочисленных значений). Отмечены как положительные тенденции уменьшения ИТ к 2019 г. преимущественно для зон максимального его значения в 2018 г. (например, пробные площади 41, 49,96, 97 и др.), тогда как в западных и северо-западных локалитетах ретроспектива указывает на отрицательные сукцессионно-геохимические преобразования, которые в городской среде, безусловно, связаны первую очередь с интенсификацией антропотехногенеза (точки отбора проб, например, 23, 31, 49, 51, 72, 102, 119). Отмеченные тенденции по незначительному (но более широкому в занимаемой площади) процессу увеличения нарушенности среды, скорее всего, связаны с естественно геохимическими проявлениями рассредоточения токсичности в зоны ее ранее меньшего значения, а также уменьшения пиковых максимумов в зонах высоких концентраций токсических элементов.

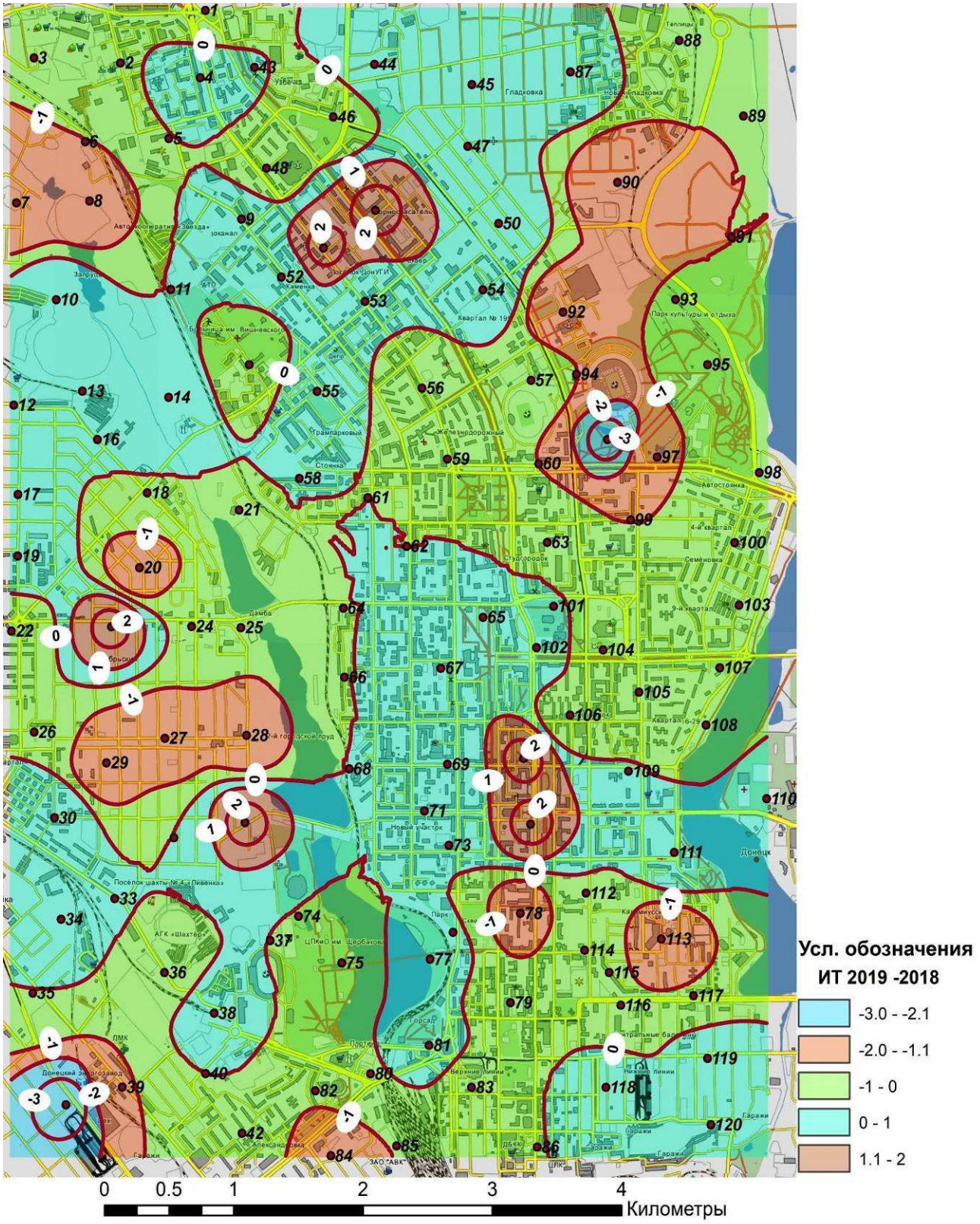

Рис. 2. Динамика значений индекса трансформации экотопов центральных районов г. Донецка по 20-балльной шкале (2018-2019 гг.)

Наибольшая плотность динамических процессов в сравнении значений за 2018 и 2019 гг. выявлена в районах пробных площадей 23, 49, 70, 72, 78, 94, 96, 97 и 113, что является обоснованием для более детального изучения процессов жизнедеятельности в районах этих пробных площадей в дальнейшем.

Отмеченные тенденции как незначительного увеличения, так и уменьшения показателя ИТ должны быть в дальнейшем сопряжены с его значениями в последующие годы. Если негативные процессы будут усиливаться, то информация на основе ботанической экспертизы обязательным образом должна быть представлена в исполнительные органы государственной власти.

Выводы

Построенная картографическая модель позволила наглядно выявить территории центральных районов г. Донецка по перспективному для мегаполиса ранжированному ряду при возможном функциональном зонировании урбосистемы для дальнейшего ведения хозяйственной деятельности и эффективного принятия решений о перераспределении технологических мощностей, например, по отношению к селитебным и рекреационным микрорайонам.

Использованный комплексный показатель трансформации, или нарушенности, экотопов на сублокальном уровне минимальных ландшафтных единиц разрешает дифференцировать как значения, так и разницу информации на плоскости в распределении 5-балльного диапазона неблагополучия среды.

Работа является частью комплексного исследования кафедры ботаники и экологии ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет» в рамках научных тем: «Функциональная ботаника: экологический мониторинг, ресурсные технологии, фитодизайн» № 0117D000192 и «Диагностика природных и трансформированных экотопов по состоянию фитокомпонентов» № 0118 D 000017.

Список литературы

1. *Алемасова А. С., Сафонов А. И., Сергеева А. С.* Накопление тяжелых металлов мохообразными в различных экотопах Донбасса // Трансформация экосистем под воздействием природных и антропогенных факторов : матер. Междунар. научн. конф. (Киров, 16–18 апреля 2019 г.). Киров : ВятГУ, 2019. С. 60–65.

2. *Гермонова Е. А., Сафонов А. И.* Визуализация микроклиматических изменений индикаторных признаков в локальных популяциях растений г. Донецка // Глобальные климатические изменения : региональные эффекты, модели, прогнозы : матер. Междунар. науч.-практ. конф. (Воронеж, 3–5 октября 2019 г.). Воронеж : Изд-во «Цифровая полиграфия», 2019. Т. 2. С. 39–40.

3. *Ибрагимова Э. Э.* Мониторинг состояния окружающей среды методами фитоиндикации техногенного химического загрязнения // Человек – Природа – Общество : Теория и практика безопасности жизнедеятельности, экологии и валеологии. 2018. № 4 (11). С. 57–61.

4. *Михайленко И. М., Тимошин В. Н., Малыгин В. Д.* Принятие решений о дате заготовки кормов на основе данных дистанционного зондирования Земли и подстраиваемых математических моделей // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2018. Т. 15, № 1. С. 169–182.

5. *Поспелова А. О., Мардра Ю. А., Зеленская Т. Г., Гудиев О. Ю.* Оценка экологического состояния окружающей среды городских территорий методами биоиндикации и биотестирования. Ставрополь : Ставропольский гос. агр. ун-т, 2017. 161 с.

6. *Приходько С. А., Штирц Ю. А.* Оценка изменчивости формы листовой пластинки *Populus nigra* L. s.l. в условиях промышленных отвалов методами геометрической морфометрии // Самарская Лука : проблемы региональной и глобальной экологии. 2019. Т. 28, № 2. С. 219–229.

7. *Сафонов А. И.* Индикационная ботаническая экспертиза – основа экологического мониторинга в промышленном регионе // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона : межвед. сб. науч. тр. Донецк : ДонНУ, 2006. Вып. 6. С. 19–31.

8. *Сафонов А. И.* Функциональная ботаника в Донбассе : экологический мониторинг, информационные ресурсные технологии, фитодизайн // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2017. № 1–2. С. 8–14.

9. *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.

10. *Сафонов А. И.* Фитоквантификация как информационный ресурс экологического мониторинга Донбасса // Донецкие чтения 2018 : Образование, наука, инновации, культура и вызовы современности : матер. III Междунар. науч. конф. (Донецк, 25 октября 2018 г.). Т. 2. Хим.-биол. науки. Донецк : Изд-во ДонНУ, 2018. С. 216–217.

11. *Сафонов А. И.* Тератогенез растений-индикаторов промышленного Донбасса // Разнообразие растительного мира. 2019. № 1 (1). С. 4–16. DOI: 10.22281/2686-9713-2019-1-4-16

12. *Сафонов А. И.* Инвентаризация промышленных объектов Донбасса по фитоиндикационным критериям // Вестн. Донецкого нац. ун-та. Сер. А: Естеств. науки. 2019. № 1. С. 121–128.

13. *Сафонов А. И.* Экспертиза промышленных предприятий Донбасса по состоянию фитокомпонентов // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2019. № 1–2. С. 35–43.

14. *Сафонов А. И.* Коррекция фитоиндикационных критериев оценки среды в связи с микроклиматическими изменениями в Донбассе // Глобальные климатические изменения : региональные эффекты, модели, прогнозы : матер. Междунар. науч.-практ. конф. (Воронеж, 3–5 октября 2019 г.). Воронеж : Изд-во «Цифровая полиграфия», 2019. Т. 2. С. 166–167.

15. *Khondhodjaeva N. B., Ismillaeva K. B., Ruzimbayeva N. T.* Bioindication and its importance in the conducting of ecological monitoring // European Science. 2018. № 4 (36). P. 68–70.

16. *Safonov A. I., Safonova Y. S.* Approbation of botanical expertise method in ecological monitoring // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2014. Т. 10, № 2. С. 219–221.

17. *Safonov A. I.* Phyto-qualimetry of toxic pressure and the degree of ecotopes transformation in Donetsk region // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2013. № 1 (13). С. 52–59.

18. *Safonov A. I.* Phytoindicational monitoring in Donetsk // Наука. Мысль. 2016. № 4. С. 59–71.

***Germonova E. A., Fedorkina I. A.* Dynamics of natural ecotopes transformation on the example of Donetsk urban phythosystem. –** The dynamics and directional microlocal processes in the phyto-environment of an industrially and anthropogenically developed urban massif on the example of the central regions territory of the city of Donetsk and the comprehensive index of ecotopes transformation with the use of indicators have been established. When visualizing data different methods of cartographic information processing have been used.

Key words: environmental monitoring, phytoindication, Donetsk, ecological expertise.

УДК 581.522.4 : 633.2 (477.62)

© **В. В. Козуб-Птица**

АНАЛИЗ СЕМЕЙСТВА FABACEAE LINDL. КОЛЛЕКЦИИ КОРМОВЫХ РАСТЕНИЙ ДОНЕЦКОГО БОТАНИЧЕСКОГО САДА

Государственное учреждение «Донецкий ботанический сад»
283059, г. Донецк, пр. Ильича, 110; e-mail: ptitsavik@yandex.ua

Козуб-Птица В. В. **Анализ семейства Fabaceae Lindl. коллекции кормовых растений Донецкого ботанического сада.** – Оценена успешность интродукции 21 вида бобовых культур коллекции кормовых растений Донецкого ботанического сада. Дана их эколого-биологическая характеристика. Установлено, что успешность интродукции этих видов зависит от жизненной формы и природно-климатических условий.

Ключевые слова: бобовые культуры, кормовые растения, интродукция, коллекция.

Введение

Формирование коллекции кормовых растений в Донецком ботаническом саду (ДБС) начато с 60-х годов прошлого столетия. Целью создания коллекции было расширение видового состава кормовых растений с привлечением ресурсов мировой и аборигенной флор путем интродукции, селекционного улучшения и внедрения новых и малораспространенных видов кормовых растений с высокой продуктивностью надземной массы, способных произрастать на склонах, засоленных и песчаных почвах, где традиционные кормовые культуры практически не возделываются. Научная ценность и уникальность коллекции обусловлена оригинальностью видового и формового разнообразия, направленного на возможность выживания растений в экстремальных условиях засушливой степи и техногенного загрязнения.

За более чем 50-летний период накоплен многолетний опыт интродукции кормовых растений [9]. Учеными ДБС значительно расширен ассортимент, выведены сорта и кандидаты в сорта кормовых видов растений [3, 11]. Разработана и запатентована технология восстановления и оптимизации деградированных земель Донбасса путем создания многокомпонентных травянистых фитоценозов с использованием интродуцированных видов и районированных сортов кормовых растений [4, 10].

Значительную роль в формировании коллекции малораспространенных кормовых растений играют исследования местной флоры с целью выявления новых видов с ценными кормовыми качествами и высокой экологической приспособленностью к природно-климатическим условиям Донбасса.

Наибольшим разнообразием в коллекции представлены семейства Poaceae Barnhart и Fabaceae Lindl. В частности, представители семейства Fabaceae имеют полифункциональное значение: пищевое, кормовое, медоносное, лекарственное, декоративное. Среди кормовых культур Донбасса бобовым принадлежит одна из ведущих ролей [2]. Некоторые зерновые бобовые (соя, горох и т.д.) относятся к универсальным культурам и применяются как в пищу, так и для скармливания сельскохозяйственным животным. Благодаря азотфиксирующим бактериям, бобовые растения обогащают почву азотом, поэтому их рекомендуют использовать для сидерации [7]. Как ценные кормовые культуры выращиваются однолетние и многолетние бобовые растения. Однолетние бобовые травы обладают быстрым темпом роста и дают высокий урожай надземной массы. Часто их высаживают в качестве парозанимающих культур. Многолетние бобовые травы выращивают для получения сена, используют в составе агрофитоценозов, для восстановления деградированных земель и улучшения плодородия почв [1, 3, 5]. Изучение бобовых культур является актуальным для последующего внедрения их в сельскохозяйственное производство Донбасса.

Объектами нашего исследования были представители семейства Fabaceae коллекции малораспространенных кормовых культур Донецкого ботанического сада.

© **Козуб-Птица В. В., 2019**

Цель работы – провести оценку успешности интродукции кормовых видов бобовых культур при их выращивании в монокультуре в коллекции малораспространенных кормовых растений ДБС. Отдельные задачи исследования включали уточнение видового состава бобовых культур коллекции малораспространенных кормовых растений; выявление зависимости успешности интродукции от эколого-биологических особенностей данных интродуцированных растений.

Материал и методы исследования

Интродукционные исследования проведены на базе коллекции малораспространенных кормовых культур ДБС. Проведение экологического анализа растений дает возможность получить дополнительную информацию об условиях их обитания и приспособленности (ценоморфы, климаморфы, трофоморфы, гигроморфы) в целом и рекомендовать новые виды для введения в культуру. В основу биоморфологического анализа интродуцентов положены система жизненных форм К. Раункиера [16] и классификация основных жизненных форм травянистых растений И. Г. Серебрякова [12]. Условные обозначения экоморф приведены по В. В. Тарасову [13]. Для оценки успешности интродукции применялась 10-бальная шкала, разработанная в ДБС [6]. Полученные результаты бальной оценки использованы для выявления влияния эколого-биологических особенностей растений (экобиоморфа по Раункиеру, ценоморфа, трофоморфа) на успешность их интродукции.

Результаты и обсуждение

Коллекция малораспространенных кормовых растений насчитывает 62 вида, 11 сортов, 4 кандидата в сорта из 40 родов и 9 семейств. Семейство Fabaceae представлено в коллекции 21 видом, что составляет 34% коллекции (рис. 1).

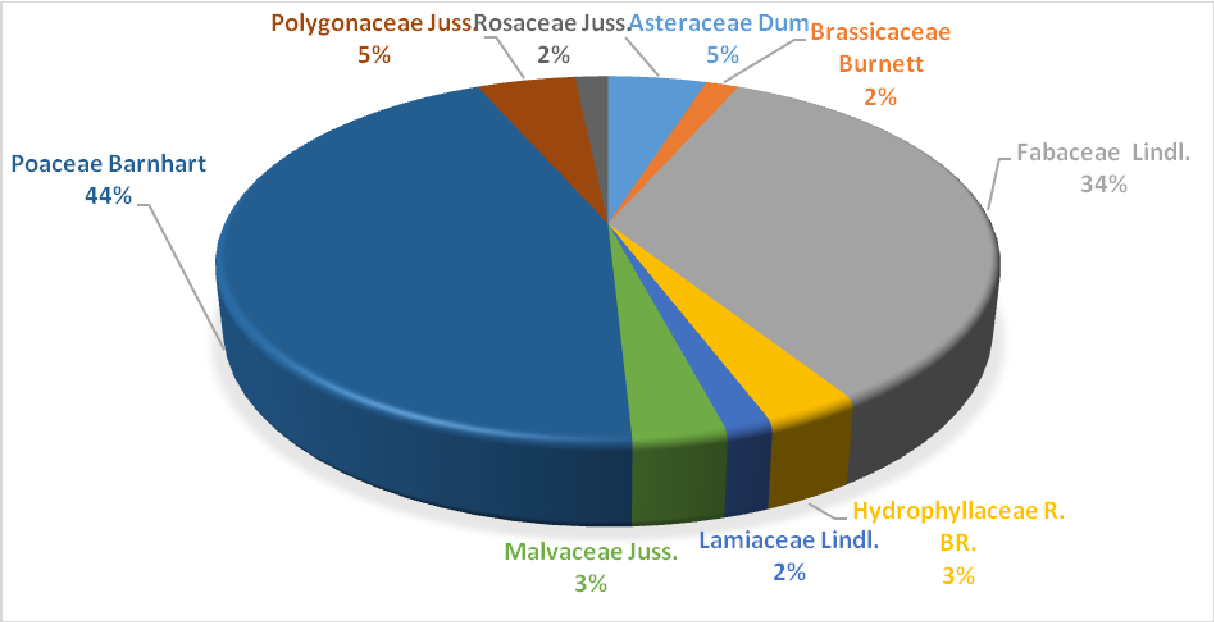

Рис. 1. Состав коллекции малораспространенных кормовых растений Донецкого ботанического сада (2019 г.)

Из них 17 видов (68% от общего количества бобовых видов коллекции) являются представителями природной флоры Донбасса, включая 2 раритетных вида с разным созологическим статусом – *Glycyrrhiza glabra* L. и *Hedysarum grandiflorum* Pall. [14].

По результатам интродукционных испытаний (рис. 2) наивысшую оценку (10 баллов) получили 9 видов (43%), 9 баллами оценены 5 видов (24%), единичные виды оценены 8 баллами (2 вида, 9%), 7 (3 вида, 14%) и 6 (2 вида, 9%).

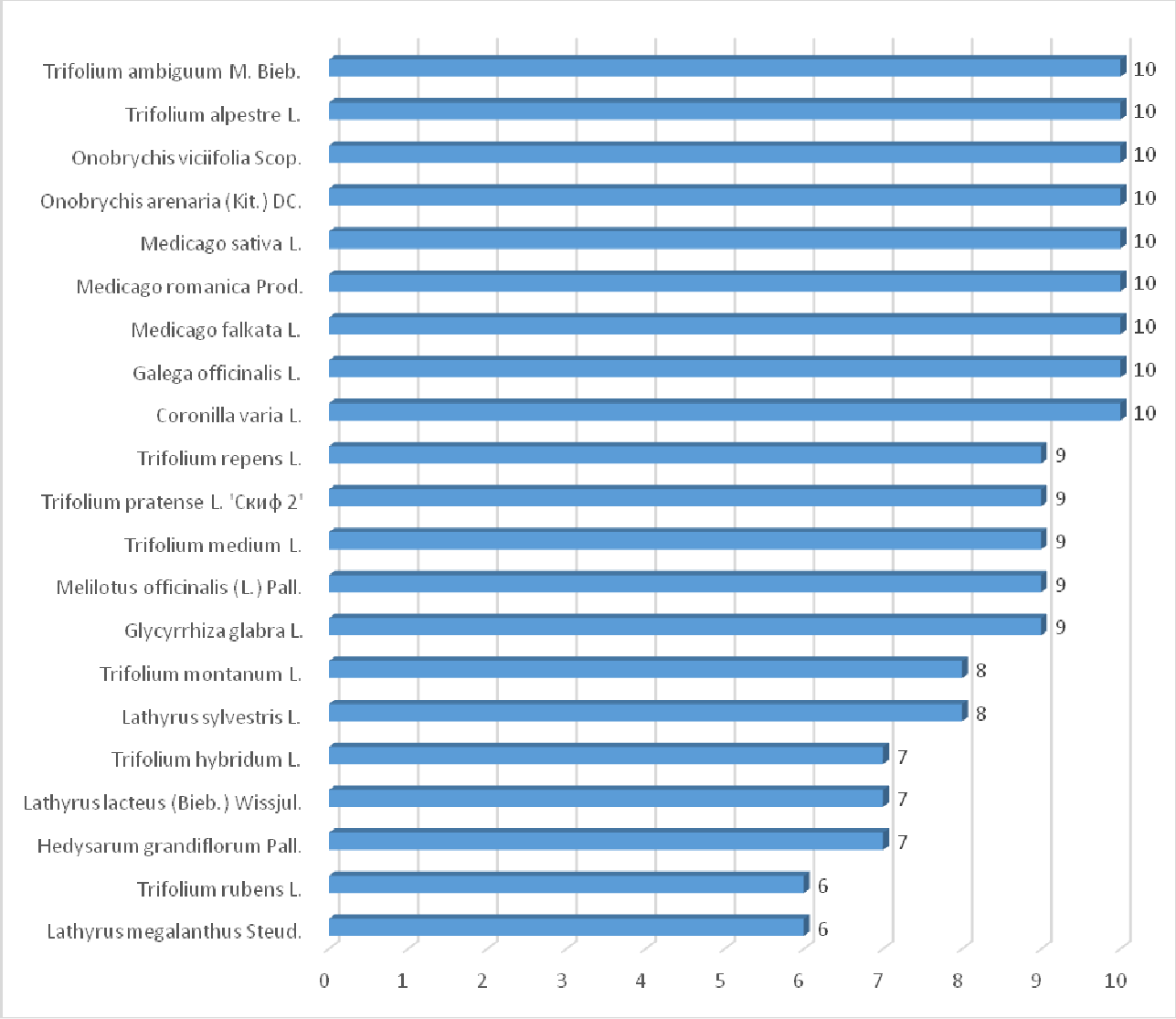

Рис. 2. Оценка успешности интродукции бобовых культур коллекции малораспространенных кормовых растений Донецкого ботанического сада

Результаты изучения эколого-биологических особенностей исследованных бобовых культур приведены в табл. 1.

По приспособленности к фитоценозу среди бобовых культур коллекции преобладают степанто-пратанты и пратанты – 8 видов (43%). Из них 67% характеризуются высокими показателями успешности интродукции, 33% – средними показателями. Группы сильванто-пратантов и культурантов являются малочисленными (соответственно 3 и 2 вида) среди исследуемых видов, но все представители характеризуются высокими показателями успешности интродукции.

Среди факторов, влияющих на успех интродукционных работ, прежде всего, должна учитываться жизненная форма растений [8, 15]. Среди бобовых культур коллекции по климаморфе преобладают гемикриптофиты. Высокие показатели успешности интродукции (9 – 10 баллов) получили геофиты и 61% испытанных видов гемикриптофитов.

По требованиям к уровню обеспеченности почвы основными элементами питания растений, большинство видов относится к мезотрофам и мегатрофам (рис. 3). В коллекции также встречаются виды, которые могут выращиваться на засоленных и истощенных, бедных почвах (*Glycyrrhiza glabra* L., *Trifolium hybridum* L.).

Таблица 1

Эколого-биологические особенности бобовых культур коллекции малораспространенных кормовых растений Донецкого ботанического сада

№ п/п	Вид	Экоморфа			
		Цено-морфа	Клима-морфа	Трофо-морфа	Гигро-морфа
1	*Coronilla varia* L.	(Ru.)SilPr	G	MgTr	KsMs
2	*Galega officinalis* L.	(Hal.)SilPr	HKr	MgTr	HgMs
3	*Glycyrrhiza glabra* L.	HalSt	G	Alk-MsTr	MsKs
4	*Hedysarum grandiflorum* Pall.	StPtr	HKr	MsTr(Ca)	MsKs
5	*Lathyrus lacteus* (Bieb.) Wissjul.	PrSil	HKr	MsTr	KsMs
6	*Lathyrus megalanthus* Steud.	(Cul.)Pr	HKr	MsTr	KsMs
7	*Lathyrus sylvestris* L.	PrSil	HKr	MsTr	Ms
8	*Medicago falkata* L.	StPr	HKr	MsTr	MsKs
9	*Medicago romanica* Prod.	StPr	HKr	MgTr	KsMs
10	*Medicago sativa* L.	Cul	HKr	MgTr	KsMs
11	*Melilotus officinalis* (L.) Pall.	(Ru.)StPr	HKr	MsTr	KsMs
12	*Onobrychis arenaria* (Kit.) DC.	StPr	HKr	MsTr	KsMs
13	*Onobrychis viciifolia* Scop.	Cul(дичает)	HKr	MsTr	KsMs
14	*Trifolium alpestre* L.	StPr	HKr	MsTr	KsMs
15	*Trifolium ambiguum* M. Bieb.	HalPr	HKr	MgTr	Ms
16	*Trifolium hybridum* L.	(Cul.)Pr	HKr	Og-MsTr	HgMs
17	*Trifolium medium* L.	SilPr	G	MsTr	Ms
18	*Trifolium montanum* L.	Pr	HKr	MsTr	KsMs
19	*Trifolium pratense* L. 'Скиф 2'	Pr	HKr	MgTr	Ms
20	*Trifolium repens* L.	Pr	HKr	MgTr	HgMs
21	*Trifolium rubens* L.	Pr	HKr	MsTr	Ms

Примечание. Условные обозначения приводятся по В. В. Тарасову [13], в двойном обозначении (StPr) вторая часть основная, первая – уточняющая; ценоморфа: Cul – виды, которые культивируются, St – степант, Sil – сильвант, Pr – пратант, Ru – рудерант, Hal – галофит, Ps – псаммофит, Ptr – петрофит; климаморфа: HKr – гемикриптофит, T – терофит, G – геофит; трофоморфа: MsTr – мезотроф, MgTr – мегатроф, OgTr – олиготроф, Cr – растения меловых отложений, AlkTr – растения засоленных почв; гигроморфа: Ms – мезофит, Ks – ксерофит, Hg – гигрофит.

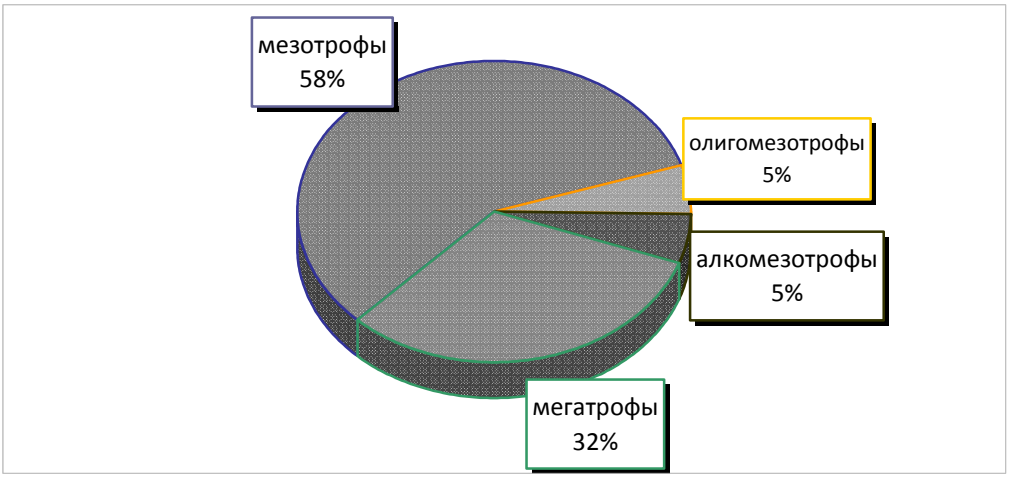

Рис. 3. Трофоморфы бобовых культур, прошедшие интродукционное испытание

Наиболее высокий балл успешности интродукции получили 86% мегатрофов (рис. 4). Среди мезотрофов 54% характеризуются высокой успешностью интродукции и 45% – средней. Олигомезотрофы представлены одним видом (*Trifolium hybridum*) со средним балом успешности интродукции. Также одним видом представлены алкомезотрофы (*Glycyrrhiza glabra*) с высоким балом успешности интродукции.

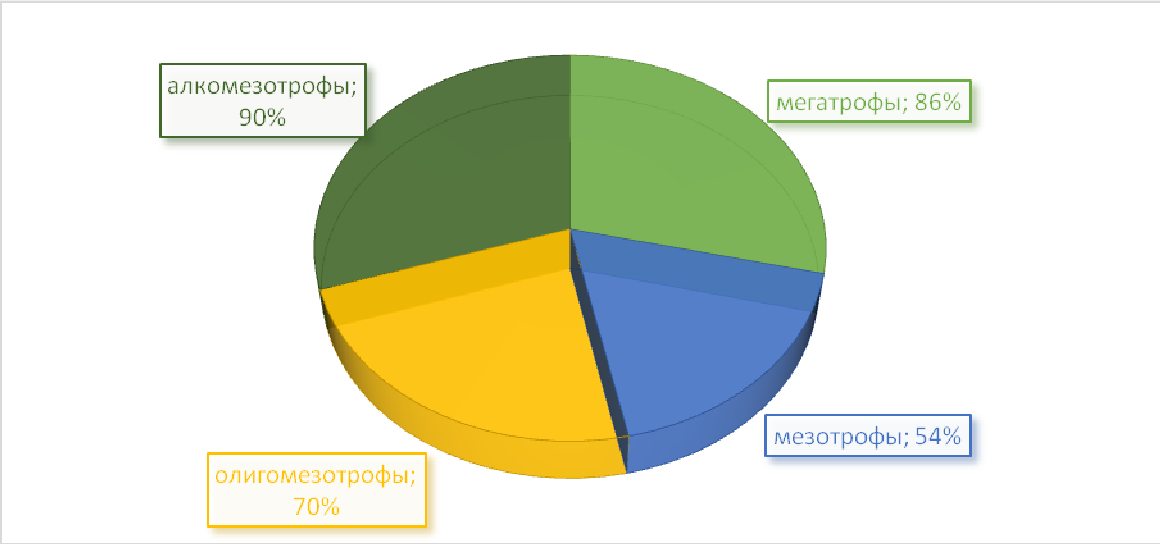

Рис. 4. Показатель успешности интродукции по видам трофоморф бобовых культур коллекции Донецкого ботанического сада

Прошли интродукционное испытание и были оценены виды следующих гигроморф: ксеромезофиты (10 видов, 48%), мезофиты (4 вида, 19%), мезоксерофиты (3 вида, 14%) и гигромезофиты (3 вида, 14%) (рис. 5).

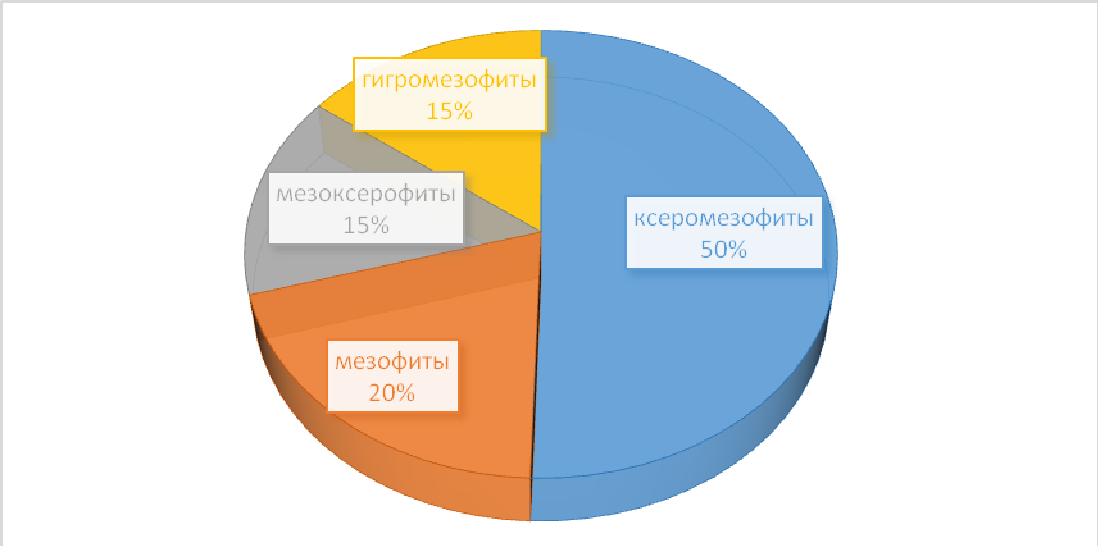

Рис. 5. Гигроморфы бобовых культур, прошедшие интродукционное испытание

Высокими показателями успешности интродукции характеризуются 75% мезофитов; в группе ксеромезофитов – 70%; в группе гидромезофитов и мезоксерофитов – по 67% (рис. 6).

В результате проведенного анализа семейства Fabaceae коллекции кормовых растений Донецкого ботанического сада нами не было выявлено видов растений, которые характеризуются неполным развитием вегетативных органов или не завязывают семена.

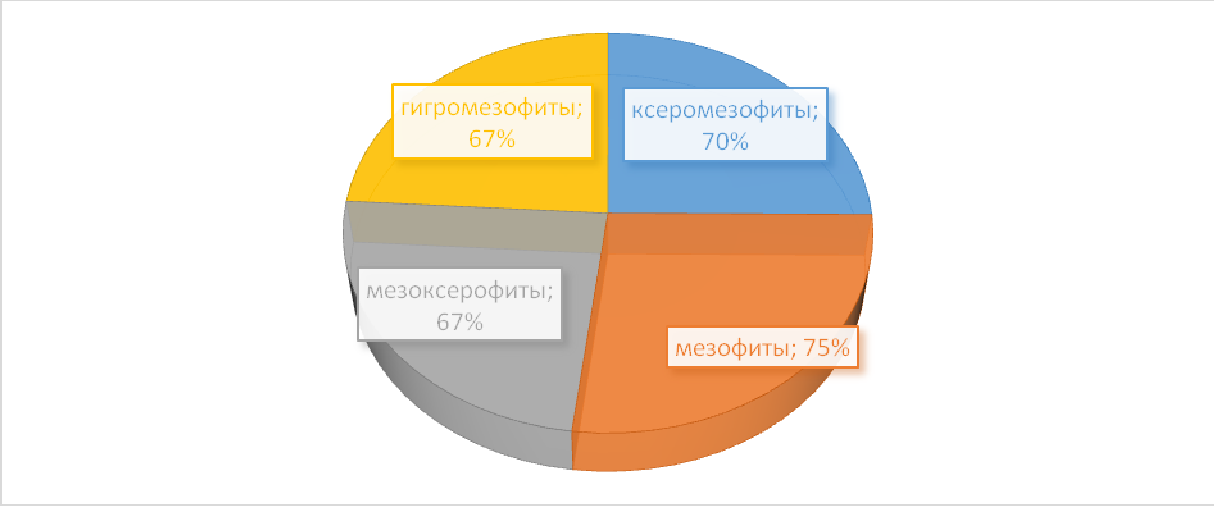

Рис. 6. Показатель успешности интродукции по видам гигроморф бобовых культур коллекции Донецкого ботанического сада

Выводы

Успешность интродукции отдельных видов растений связана с их приспособленностью к почвенному плодородию и соответствующим гигротопам, к фитоценозу в целом. Проведенный анализ показал, что гемикриптофиты, ксеромезофиты, мега- и мезотрофы, степанты и степанто-пратанты более успешны в интродукционном эксперименте. Большая часть испытанных бобовых культур коллекции малораспространенных кормовых растений показала средний и высокий балл успешности интродукции. Более 65% изученных видов по результатам интродукционного испытания оценены как перспективные с точки зрения внедрения в сельскохозяйственное производство и селекционные испытания. А около 40% данных видов способны к самовозобновлению и расселению без применения дополнительных мер.

Список литературы

1. *Глухов А. З., Козуб-Птица В. В., Кустова О. К.* Пути оптимизации деградированных сельскохозяйственных земель в Донбассе // Приоритетные векторы развития промышленности и сельского хозяйства : матер. I Междунар. науч.-практ. конф. (Макеевка, 26 апреля 2018 г.). Макеевка : Донбасская аграрная академия, 2018. Т. III. С. 51–54.

2. *Глухов А. З., Швиндлерман С. П., Остапко И. Н.* Экологические аспекты оптимизации агроэкосистем юго-востока Украины. Донецк : Донецкий ботанический сад, 1995. 238 с.

3. *Глухов О. З., Шевчук О. М., Кохан Т. П.* Наукові основи відновлення трав'яних фітоценозів в степовій зоні України. Донецьк : Вебер, 2008. 198 с.

4. *Глухов О. З., Шевчук О. М., Кохан Т. П., Купенко Н. П.* Технология восстановления и оптимизации деградированных земель в степной зоне Украины путем создания многокомпонентных травянистых фитоценозов. Донецк, 2009. 20 с.

5. *Джулай В. И., Козуб-Птица В. В., Кустова О. К., Марунич И. В.* Повышение плодородия почв Донбасса // Приоритетные векторы развития промышленности и сельского хозяйства : матер. I Междунар. науч.-практ. конф. (Макеевка, 26 апреля 2018 г.). Макеевка : Донбасская аграрная академия, 2018. Т. II. С. 48–50.

6. Звіт про науково-дослідну роботу «Фіторесурси аборигенної і світової флорі та їх раціональне використання для відновлення деградованих земель степової зони України (заключний)». Донецьк : Донецький ботанічний сад, 2013. 269 с.

7. *Козуб-Птица В. В., Кустова О. К., Глухов О. З., Джулай В. И.* Перспективные сидеральные культуры в коллекции кормовых растений Донецкого ботанического сада // Промышленная ботаника. 2018. Вып. 18, № 2. С. 51–56.

8. *Кондратюк Е. Н., Остапко В. М.* Редкие, эндемические и реликтовые растения юго-востока Украины в природе и культуре. К. : Наук. думка, 1990. 152 с.

9. Кормовые растения для улучшения низкопродуктивных естественных угодий юго-востока Украины : справочник / Л. Р. Азарх, А. З. Глухов, Е. Н. Кондратюк и др. Донецк, 1991. 205 с.

10. Патент 7100 U UA, МКИ 7A01G1/001 / І. Т. Юрченко, О. З. Глухов, Н. П. Купенко, Т. П. Кохан, О. М. Шевчук, Т. А. Журавель, В. І. Галушко «Спосіб створення кормового агрофітоценозу» : деклараційний патент на корисну модель. 2005. Бюл. № 6. 4 с.

11. Рекомендации по выращиванию перспективных сортов кормовых и лекарственных растений селекции Донецького ботанического сада НАН Украины / И. В. Пащенко, А. З. Глухов, В. И. Джулай, О. М. Шевчук, Н. П. Купенко, В. С. Абальмасов. Донецк, 2011. 32 с.

12. *Серебряков И. Г.* Основные направления эволюции жизненных форм у покрытосеменных растений // Бюлл. Моск. общ-ва испыт. природы. Отд. биол. 1955. Т. 60, № 3. С. 71–91.

13. *Тарасов В. В.* Флора Дніпропетровської та Запорізької областей. Судинні рослини. Біолого-екологічна характеристика видів. Дніпропетровськ, 2005. 276 с.

14. Червона книга Донецької області : рослинній світ (рослини, що підлягають охороні в Донецькій області) / Під ред. В. М. Остапка. Донецьк : Новая печать, 2010. 432 с.

15. *Pywell R. F., Pywell R. F., Bullock J. M., Roy D. B.* Plant traits as predictors of performance in ecological restoration // Jornal of Applied Ecology. 2003. Vol. 40. P. 65–77.

16. *Raunkier C.* Plant rigetes L. : As formen of deres Betydning for Geografien. Kobenhaw : Nordus K for lag., 1907. 132 p.

***Kozub-Ptitsa V. V.* Analysis of the collection of Fabaceae Lindl. family from the fodder plants collection in the Donetsk Botanical Gardens.** – The success of the introduction of 21 species of legume plants from the collection of fodder plants of Donetsk Botanical Garden was evaluated. Their ecological and biological characteristics is given. It was revealed that the success of introduction of these species depends on the life form and climatic conditions.

Key words: legumes, forage plants, introduction, collection.

УДК 581.15 : 58.056 : 581.5 (477)

© **Т. И. Кравсун**

ВЕГЕТАТИВНАЯ СТРАТЕГИЯ РАСТЕНИЙ-ИНДИКАТОРОВ ДОНБАССА ПО КРИТЕРИЮ СТРУКТУРЫ ЛИСТОВОГО АППАРАТА

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»
283050, г. Донецк, ул. Щорса, 46; e-mail: kf.botan@donnu.ru

Кравсун Т. И. **Вегетативная стратегия растений-индикаторов Донбасса по критерию структуры листового аппарата.** – В работе рассматриваются особенности строения листовой пластинки растений-индикаторов как показатель вегетативной стратегии видов: *Cichorium intybus* L., *Tragopogon major* Jacq., *Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip., *Tanacetum vulgare* L., *Reseda lutea* L., *Plantago major* L., *Berteroa incana* (L.) DC., *Echium vulgare* L., *Daucus carota* L. Выбраны критерии для оценки: индекс трихоморазнообразия, индекс аномальности анастомозной сетки; индекс общей специализации трихом; индекс атипичного строения устьичного аппарата. Установлена индикационная роль строения листового аппарата растений в различных экотопах Центрального Донбасса.

Ключевые слова: фитоиндикаторы, вегетативная стратегия, экологический мониторинг, Донбасс.

Введение

Стратегия растительного организма – результат соотношения фундаментальной и реализованной экологических ниш; при этом каждая особь может проявлять варианты своего стратегического потенцирования, что рассмотрено на примере натурных экспериментов [2, 4, 5, 8, 10, 14, 16]. В условиях специфического и неспецифического стрессов опытным путем доказано множественное увеличение морфогенетических проявлений. Этот факт в обратном своем дешифровании является обоснованием для реализации программ по экологическому мониторингу в промышленных регионах [3, 7, 11, 12] и собственно задач фитоиндикационной экспертизы на локальном (импактном) и региональном уровнях воздействия, в том числе человеческого фактора [1, 6, 9, 15]. Изучение механизмов адаптации и индикационной значимости растений является актуальной задачей экологов и ботаников Донецкого региона [1, 7, 12, 13].

Цель работы – на примере показателей структурной трансформации элементов листового аппарата растений-индикаторов Донбасса выделить тенденции, характеризующие изменения в жизненных стратегиях видов в зависимости от экотопической принадлежности.

Материал и методы исследования

Основная метрическая база экспериментальной работы с фитоиндикаторами Донбасса отражена в публикациях [9-12]. Модельными видами для рассмотрения процессов изменения стратегий по вегетативной составляющей были: *Cichorium intybus* L., *Tragopogon major* Jacq., *Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip., *Tanacetum vulgare* L., *Reseda lutea* L., *Plantago major* L., *Berteroa incana* (L.) DC., *Echium vulgare* L., *Daucus carota* L. Анализировали витальные препараты 2017-2019 гг. сборов. В качестве опорных индикационных признаков, по которым в совокупности делали вывод о проявлении стратегического характера вида-индикатора, выбрали следующие показатели с имеющимися диапазонами значений квантификационной возможности интерпретации результатов: 1) индекс трихоморазнообразия (типификация трихом) – *ITR*; 2) индекс аномальности анастомозной сетки – *AAN*; 3) индекс общей специализации трихом – *ITS*; 4) индекс атипичного строения устьичного аппарата – *IASta*. Для описания принадлежности к конкретной вторичной стратегической позиции вида с промежуточными показателями продуктивности и интенсивности нарушения использовали классификацию по [16]: C-R – конкурентные рудералы, S-R – стресс-толерантные рудералы, C-S – стресс-толерантные конкуренты и CSR-стратеги. Рабочая схема экотопов предполагала сбор образцов на территориях трех категорий воздействия: *А* – сильно нарушенные и химически загрязненные экотопы (на примере металлургических комбинатов городов Донецка, Макеевки и Енакиево); *Б* –

© **Кравсун Т. И., 2019**

механически трансформированные ландшафты (на примере селитебных территорий городов Донецка и Макеевки в отдалении от источников воздействия химической промышленности); *В* – условно малонарушенные места произрастания видов-индикаторов (буферные территории природно-заповедного фонда Донецкой Народной Республики). В каждой категории экотопов получали данные по пяти пробным площадям (вариаций внутри каждой выборки по экотопам не установлено). Шкалообразование адаптировали по 10-балльному принципу для возможности сравнительного анализа и качественной оценки параметров между собой.

Результаты и обсуждение

Результаты эксперимента по индикационному шкалообразованию для 9 видов по четырем индикационным признакам в трех категориях экотопов в 2019 г. представлены в табл. 1. Проверка взаимного компенсаторного использования видов в экологическом мониторинге указывает на больший диапазон значений для *E. vulgare* и *P. major*. Градиент токсической нагрузки и степени трансформации экотопов прослеживается по уменьшению показателей от категории *В* к *А*, что также было теоретически ожидаемым.

Таблица 1

Индексы структурных трансформаций стратегического характера по листовой диагностике видов-индикаторов Донбасса (2019 г.)

Вид	Индикационные индексы шкалообразования											
	ITR			*AAN*			*ITS*			*IASta*		
	Категории пробных площадей (экотопов)											
	А	*Б*	*В*	*А*	*Б*	*В*	*А*	*Б*	*В*	*А*	*Б*	*В*
Cichorium intybus L.	8	2	2	7	3	1	6	7	1	6	5	2
Tragopogon major Jacq.	7	5	3	7	4	2	8	4	3	6	3	4
Tripleurospermum inodorum (L.) Sch. Bip.	8	4	2	9	3	1	7	7	3	8	1	1
Tanacetum vulgare L.	9	6	2	7	5	2	8	7	2	9	5	2
Reseda lutea L.	6	5	3	8	6	3	3	5	1	9	6	1
Plantago major L.	9	7	3	8	4	2	9	7	2	8	7	3
Berteroa incana (L.) DC.	9	7	1	7	1	2	8	3	4	7	4	3
Echium vulgare L.	10	4	2	10	5	3	10	7	3	9	7	2
Daucus carota L.	7	7	2	7	4	1	7	7	2	9	6	3

Примечания:

1. Индикационные индексы шкалообразования: *ITR* – индекс трихоморазнообразия; *AAN* – индекс аномальности анастомозной сетки; *ITS* – индекс общей специализации трихом; *IASta* – индекс атипичного строения устьичного аппарата;

2. Категории пробных площадей (экотопов): *А* – сильно нарушенные и химически загрязненные экотопы; *Б* – механически трансформированные ландшафты; *В* – условно малонарушенные места произрастания видов-индикаторов.

Общая тенденция вариации внутри выборки разных признаков указывает на отсутствие достоверных различий между значимыми показателями в сравнении баллов по разным критериям. Установленный факт подтверждает связь проявления признаков пайноморфности (по отношению к стрессовым условиям) у индикаторов всех использованных в эксперименте видов растений. Сравнительный анализ результатов по наблюдаемым тенденциям полученных данных в 2017-2019 гг. указывает на уменьшение показателей абсолютно высоких значений в учетных площадях территорий промышленных зон, что, например, в 2019 г. привело к полному отсутствию значений 10 для критерия *IASta* (см. табл. 1). Предположительно такой факт позволяет проследить зависимость между уровнем промышленных выбросов и процессами адаптациогенеза, при которых в условиях

отсутствия новых поступлений токсикантов в среду наблюдается процесс стабилизации структурных трансформаций – приближение к функциональной норме строения.

В целом, для сильно нарушенных экотопов с высокими уровнями трансформации природной среды и химического загрязнения промышленного происхождения индекс трихоморазнообразия за три года проведения мониторингового эксперимента уменьшился на 17%; индекс аномальности анастомозной сетки – на 9%; индекс общей специализации трихом – на 10%; индекс атипичного строения устьичного аппарата – на 8%. По балансу суммационных значений индексов на территориях с минимальным антропогенным воздействием достоверных различий за годы наблюдений не установлено, что указывает на стабильность в состоянии локальных экосистем и, соответственно, консервативность фитоиндикационных признаков в условиях контроля.

Стратегическая потенциометрия видов-индикаторов Донбасса для установления возможного смещения вегетативной стратегии представлена в табл. 2. По результатам констатируемой динамики значения расчетных баллов неменяющиеся стратегии характерны для видов: *T. inodorum*, *P. major*, *B. incana* и *D. carota*. Стратегическое преобразование CSR → C-S в сторону стресс-устойчивости по токсическому блоку имеют *C. intybus* и *T. vulgare*, что может объясняться особенностями структурно-функциональной организации корневой (подземной) системы и длительности онтогенеза этих видов. *R. lutea* в условиях меняющейся микросреды практически исключает свою возможность проявлять себя как конкурент, тогда как *T. major* и *E. vulgare* в большей степени становятся универсальными стратегами-конкурентами как за территорию, так и за ресурсы (в большей степени за водообеспеченность корнеобитаемых горизонтов техногенных грунтов в первые месяцы весенне-летней вегетации) модельных тест-видов.

Таблица 2

Стратегическая потенциометрия видов-индикаторов Донбасса по вегетативной стратегической ориентации (2017-2019 гг.)

<table>
<tr><th rowspan="3">Вид</th><th colspan="12">Изменения индексов шкалообразования</th><th rowspan="3">Стратегия</th></tr>
<tr><th colspan="3">ITR</th><th colspan="3">AAN</th><th colspan="3">ITS</th><th colspan="3">IASta</th></tr>
<tr><th colspan="12">Категории пробных площадей</th></tr>
<tr><th>А</th><th>Б</th><th>В</th><th>А</th><th>Б</th><th>В</th><th>А</th><th>Б</th><th>В</th><th>А</th><th>Б</th><th>В</th></tr>
<tr><td>Cichorium intybus L.</td><td>-2</td><td>-</td><td rowspan="7">-</td><td>-1</td><td></td><td>-</td><td>-</td><td>-1</td><td rowspan="7">-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>CSR → C-S</td></tr>
<tr><td>Tragopogon major Jacq.</td><td>-</td><td>-1</td><td>-</td><td>-1</td><td>-</td><td>-1</td><td>-</td><td>-3</td><td>-1</td><td>-</td><td>C-R→ CSR</td></tr>
<tr><td>Tripleurospermum inodorum (L.) Sch. Bip.</td><td>-1</td><td>-</td><td>-2</td><td>+1</td><td>+1</td><td>-2</td><td>+1</td><td>-</td><td>-</td><td>+1</td><td>C-S</td></tr>
<tr><td>Tanacetum vulgare L.</td><td>-1</td><td>-</td><td>-</td><td>-1</td><td rowspan="6">-</td><td>-</td><td>-1</td><td>-1</td><td>-1</td><td>-1</td><td>CSR →C-S</td></tr>
<tr><td>Reseda lutea L.</td><td>-</td><td>+1</td><td>-</td><td>+1</td><td>-2</td><td>-</td><td>+1</td><td>+1</td><td rowspan="6">-</td><td>CSR → S-R</td></tr>
<tr><td>Plantago major L.</td><td>-</td><td>+1</td><td>-1</td><td>-1</td><td>-1</td><td>+1</td><td>-1</td><td>-1</td><td>C-R</td></tr>
<tr><td>Berteroa incana (L.) DC.</td><td>-1</td><td>+1</td><td>-1</td><td>-</td><td>-3</td><td>-1</td><td>-</td><td>-</td><td>S-R</td></tr>
<tr><td>Echium vulgare L.</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>+1</td><td>-</td><td>-</td><td>-1</td><td>+1</td><td>C-R→ CSR</td></tr>
<tr><td>Daucus carota L.</td><td>-</td><td>-</td><td>+1</td><td>-</td><td>-</td><td>-1</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>C-S</td></tr>
</table>

Примечания:

1. Индикационные индексы шкалообразования*: ITR* – индекс трихоморазнообразия; *AAN* – индекс аномальности анастомозной сетки; *ITS* – индекс общей специализации трихом; *IASta* – индекс атипичного строения устьичного аппарата;

2. Категории пробных площадей (экотопов): *А* – сильно нарушенные и химически загрязненные экотопы; *Б* – механически трансформированные ландшафты; *В* – условно малонарушенные места произрастания видов-индикаторов;

3. Вторичные стратегии видов: C-R – конкурентные рудералы, S-R – стресс-толерантные рудералы, C-S – стресс-толерантные конкуренты и CSR-стратеги.

Самые высокие межинтервальные переходы фитоиндикационной значимости установлены в диапазоне трех баллов за три года анализа для видов *T. major* по признаку индекса строения устьичного аппарата и *B. incana* по индексу общей специализации трихом, определенному по визуальным моделям для волосков кроющего типа преимущественно в нижней трети листовой пластинки (ее абаксиальной стороны), вдоль центральной жилки и сосудов второго порядка.

Переход CSR → C-S обоснован уменьшением индикационных показателей строения листового аппарата по индексу разнообразия трихом и аномальности анастомозной сетки для особо нарушенных экотопов и индексу общей специализации трихом в условиях произрастания в селитебных зонах (в случае с *C. intybus*), а также уменьшением меж- и внутрибалльных значений для всех анализируемых экотопов. Большая степень рудеральности установлена для видов: *R. lutea, B. incana, P. major* – это свидетельствует о большей пластичности этих видов в меняющихся условиях среды. Таким образом, выделена межвидовая стратегическая специфичность используемых ранее растений-индикаторов для более детального экспертного заключения о состоянии или изменении состояния экотопа различного целевого назначения.

Полученные данные могут рассматриваться как часть Республиканской программы по диагностике природных и трансформированных экотопов в условиях промышленного и антропогенно трансформированного региона.

На основании таких критериев также доказана возможность использования микроструктурных признаков как альтернативных для проводимого химического токсикологического анализа, что оптимизирует рентабельность мониторинговых программ, реализуемых в Донецком экономическом регионе.

Выводы

Структурные микроизменения листового аппарата видов-индикаторов в динамических условиях среды отражают тенденции меняющихся стратегических реализованных возможностей видов, что доказывает как направленный процесс микроэволюционных изменений в борьбе за выживание в стрессовых условиях, так и возможность проведения диагностического сопряженного эксперимента фитоиндикационного мониторингового назначения в Донбассе.

Установлено, что общая токсическая нагрузка по используемым признакам за три года уменьшилась на 8–17%, что в сложившихся условиях отражает общую тенденцию экологической обстановки в Донбассе по уровню промышленного воздействия на экотопы.

Работа выполнена в рамках научных тем кафедры ботаники и экологии ДонНУ в 2018 и 2019 гг.: «Функциональная ботаника: экологический мониторинг, ресурсные технологии, фитодизайн» № 0117D000192 и «Диагностика природных и трансформированных экотопов по состоянию фитокомпонентов» № 0118 D 000017.

Список литературы

1. *Глухов А. З., Сафонов А. И.* Экосистемное нормирование по данным фитоиндикационного мониторинга // Донецкие чтения 2016 : Образование, наука и вызовы современности : матер. I Междунар. науч. конф. (Донецк, 16–18 мая 2016 г.). Т. 1. Физ.-мат., техн. науки и экол. Донецк : Изд-во ЮФУ, 2016. С. 311–312.

2. *Жуйкова Т. В., Безель В. С.* Адаптации растительных систем к химическому стрессу : популяционный аспект // Вестник Удмурского ун-та. Биол. Науки о Земле. 2009. Вып. 1. С. 31–42.

3. *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.

4. *Кравсун Т. И.* Морфологические тактики реализации жизненных стратегий видов сорных растений в Донбассе // Донецкие чтения 2019 : Образование, наука, инновации,

культура и вызовы современности : матер. IV Междунар. науч. конф. (Донецк, 31 октября 2019 г.). Т. 2. Хим.-биол. науки. Донецк : Изд-во ДонНУ, 2019. С. 241–243.

5. *Огородова Т. В.* Формирование термина «жизненные стратегии» // Проблемы современной науки и образования. 2015. № 11. С. 238–240.

6. *Самошкина Э. Д., Сафонов А. И.* Экотопическая обусловленность тератогенеза растений // Донецкие чтения 2016 : Образование, наука и вызовы современности : матер. I Междунар. науч. конф. (Донецк, 16–18 мая 2016 г.). Т. 1. Физ.-мат., техн. науки и экол. – Донецк : Изд-во ЮФУ, 2016. – С. 323–324.

7. *Сафонов А. И.* Функциональная ботаника в Донбассе : экологический мониторинг, информационные ресурсные технологии, фитодизайн // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2017 а. № 1–2. С. 8–14.

8. *Сафонов А. И.* Фитоэмбриональный скрининг в экологическом мониторинге Донбасса // Зеленый журнал – Бюлл. бот. сада Тверского гос. ун-та. 2017 б. Вып. 3. С. 5–12.

9. *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.

10. *Сафонов А. И.* Тератогенез растений-индикаторов промышленного Донбасса // Разнообразие растительного мира. 2019 а. № 1 (1). С. 4–16. DOI: 10.22281/2686-9713-2019-1-4-16.

11. *Сафонов А. И.* Инвентаризация промышленных объектов Донбасса по фитоиндикационным критериям // Вестн. Донецкого нац. ун-та. Сер. А : Естеств. науки. 2019 б. № 1. С. 121–128.

12. *Сафонов А. И.* Экспертиза промышленных предприятий Донбасса по состоянию фитокомпонентов // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2019 в. № 1–2. С. 35–43.

13. *Сафонов А. И.* Специфика подготовки учебно-методической продукции ботанико-экологического содержания для научной библиотеки ДонНУ // Донецкие чтения 2019 : Образование, наука, инновации, культура и вызовы современности : матер. IV Междунар. науч. конф. (Донецк, 31 октября 2019 г.). Т. 6. Ч. 2. Пед. науки. Донецк : Изд-во ДонНУ, 2019 г. С. 294–297.

14. *Чадаева В. А., Шхагапсоев С. Х.* Теоретические аспекты стратегий жизни дикорастущих видов растений // Юг России : экология, развитие. 2016. Т. 11, № 4. С. 93–109. DOI: 10.18470/1992-1098-2016-4-93-109.

15. *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 : матер. I Междунар. науч. конф. (Донецк, 16–18 мая 2016 г.). Т. 1. Физ.-мат., техн. науки и экол. Донецк : Изд-во ЮФУ, 2016. – С. 324–325.

16. *Grime J. P.* Plant strategies, vegetation processes and ecosystem properties. N.Y. : Wiley, 2001. 417 p.

Kravsun T. I. **Vegetative strategy of plants-indicators of Donbass according to the criterion of the structure of the leaf apparatus.** – The paper discusses the structural features of a leaf plate of indicator plants as an indicator of the vegetative strategy of species: *Cichorium intybus* L., *Tragopogon major* Jacq., *Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip., *Tanacetum vulgare* L., *Reseda lutea* L., *Plantago major* L., *Berteroa incana* (L.) DC., *Echium vulgare* L., *Daucus carota* L. Criteria for evaluation were selected: tricho-diversity index, anastomotic mesh anomaly index; trichome general specialty index; atypical index of the stomatal apparatus. The indication role of the structure of the leaf apparatus of plants in various ecotopes of the city of the Central Donbass has been established.

Key words: phytoindicators, vegetative strategy, ecological monitoring, Donbass.

УДК 574.524.32.34.36

© Э. И. Мирненко

ОСОБЕННОСТИ ЭВТРОФИРОВАНИЯ НИЖНЕКАЛЬМИУССКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»
283050, г. Донецк, ул. Щорса, 46; e-mail: eduard_mirnenko@list.ru

***Мирненко Э. И.* Особенности эвтрофирования Нижнекальмиусского водохранилища.** – В работе представлены данные о причинах эвтрофирования. Выделены особенности появления эвтрофирования Нижнекальмиусского водохранилища. Дана оценка антропогенного воздействия и современного состояния водохранилища.

Ключевые слова: эвтрофирование, фитопланктон, водохранилище, Донецк.

Введение

Промышленная революция XX века создала ряд экологических проблем, которые привели к ухудшению качества природных поверхностных вод. В процессе поступления в водоёмы значительного количества загрязняющих веществ произошла деградация как отдельных компонентов экосистемы, так и целых групп водоемов [1]. Это является одной из причин уменьшения запасов пресной воды на глобальном и локальном уровнях. В связи с ростом антропогенного загрязнения количество эвтрофированных водоёмов в 50-е годы XX века увеличилось в геометрической прогрессии [1, 9].

Согласно ГОСТу [4] эвтрофирование – это процесс увеличения биологической продуктивности водных объектов в результате накопления в воде биогенных элементов [2]. Обычно на трофический режим водоемов оказывает влияние группа абиотических (свет, температура, гидродинамика вод, минеральный состав и кислотность) и биотических (фито- и зоогенные) факторов. Существует также антропогенный фактор, влияние которого на водоемы имеет решающее значение. Доказано [13-15, 18], что зарегулирование стока реки при строительстве водохранилища приводит к аккумуляции сравнительно большого количества биогенных и органических веществ, увеличивает содержание в воде всех форм минерального азота (особенно аммонийного), что приводит к массовому развитию водорослей фитопланктона. Как следствие – среднегодовые концентрации практически всех минеральных элементов и органических веществ значительно увеличиваются [15].

Распределение микроэлементов, биогенных и органических веществ по отдельным участкам водохранилища обусловлено его морфологией и интенсивностью водообмена. Кроме того, важными факторами выступают метеорологические условия, особенности циркуляции водных масс, сброс сточных вод и характер использования окружающих ландшафтов, а также физико-географическая характеристика района расположения водоема [15, 16].

В зонах ветровых нагонов, на мелководьях, в заливах, где водообмен замедлен, происходит стагнация воды, вследствие чего возрастает концентрация органических веществ, возникают вспышки или т.н. пятна «цветения». Характерная закономерность антропогенного эвтрофирования – увеличение доли синезеленых водорослей в общей численности и биомассе фитопланктона при «цветении» [7, 8]. Вместе с тем, при появлении антропогенного эвтрофирования экосистема теряет биоразнообразие и переходит к другим доминантным группам организмов, т.е. происходит сукцессия. Сообщество фитопланктона изменяется от стадии доминирования диатомовых и зеленых водорослей, к стадии доминирования синезеленых водорослей, которые хорошо адаптируются как к недостатку, так и к избытку света, а также фиксируют растворенный в воде атмосферный азот [11].

Изучение процесса эвтрофирования водоёмов включает ряд характерных признаков, таких как [2]:

1) уменьшение концентрации растворенного кислорода в воде;

© **Мирненко Э. И., 2019**

2) повышение концентрации азота, а именно его общей формы и общего фосфора;

3) увеличение растворенного органического вещества в воде (перманганатная окисляемость);

4) анализ динамики количественных показателей развития фитопланктона.

Таким образом, существует необходимость в экологических исследованиях, дающих оценку последствиям антропогенного воздействия – зарегулирования стока реки для создания водохранилища. Такие исследования необходимо проводить в Донбассе, т.к. регион характеризуется высоким потреблением пресной воды для нужд промышленности, населения, сельского хозяйства и т.д. [5]. Центральной водной артерией г. Донецка является Нижнекальмиусское водохранилище, принимающее в себя все городские стоки, а также стоки промышленных предприятий [12]. Водохранилище используется у населения в качестве рекреационной зоны, для купания и проведения досуга. Важно установить особенности появления эвтрофирования на ранних этапах с целью диагностики этих явлений и последующего своевременного принятия мер, направленных на их предотвращение.

Цель работы – установить особенности антропогенного эвтрофирования в Нижнекальмиусском водохранилище.

Материал и методы исследования

Материалом для исследования послужили пробы воды, отобранные в разных точках Нижнекальмиусского водохранилища в течение 2018 г.

Пробы с поверхности водоема отбирали ведром. Глубинные пробы отбирали с помощью батометра на расстоянии 1 м и более от береговой линии. В роли батометра использованы пластиковые бутыли емкостью 2,5-3 литра, снабжённые прикрепленными к горлышку грузами; их использовали для забора воды на глубине 40 см [3].

Сгущение проб осуществляли на фильтрах Владипор под вакуумом в специальной воронке, укрепленной на колбе Бунзепа, соединенной с насосом Камовского [17].

Камеральную обработку фитопланктона осуществляли методом прямого микроскопирования с использованием светового микроскопа Primo Star (Zeiss). Подсчет численности проводили в камере Горяева, биомассу считали стереометрическим методом, с точным измерением морфометрических показателей клеток водорослей. Содержание растворенного кислорода определяли методом йодометрического титрования [17]. Количество органического вещества определяли методом перманганатной окисляемости. Статистическую обработку проводили в программе MS Office Excel.

Результаты и обсуждение

Кислородный режим. Одним из последствий зарегулирования стока р. Кальмиус и создания на ней водохранилища является резкая деградация респираторных условий в воде. Рассмотрена сезонная динамика концентрации кислорода: установлено, что максимальное количество растворенного кислорода наблюдали в весенний период, – 12,25 мг/дм^3 (рис. 1) после зимнего ледостава. Затем происходит последовательное уменьшение концентрации кислорода за счёт интенсификации процессов окисления органического вещества в воде. Самый низкий кислородный показатель зафиксирован в августе-сентябре ~3 мг/дм^3.

Нормой, установленной в соответствии с СанПиН 4630-88 [10], является количество растворенного кислорода большее, чем 4 мг/дм^3. Из этого следует, что в течение года насыщение воды кислородом находится на достаточном уровне, за исключением нескольких месяцев. Концентрация растворенного кислорода в Нижнекальмиусском водохранилище поддерживает относительно нормальное функционирование водоёма.

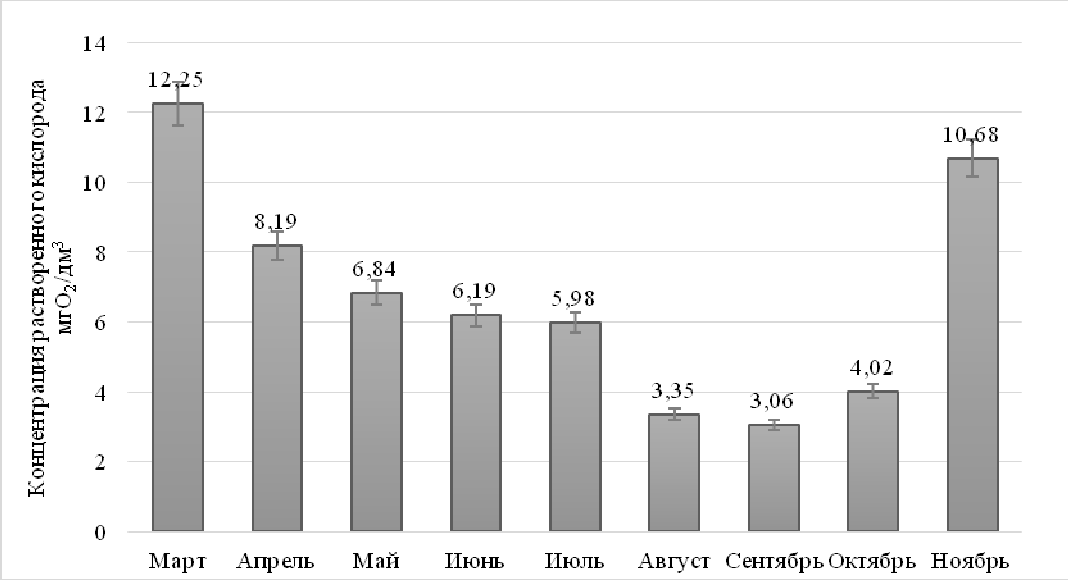

Рис. 1. Оценка средней концентрации кислорода в Нижнекальмиусском водохранилище (2018 г.)

Соотношение концентрации азота к фосфору (N:P). Известно [18], что по соотношению концентрации азота к фосфору (N:P) можно установить степень эвтрофирования водоемов. Стоит акцентировать внимание на существующую классификацию трофического статуса водоемов по соотношению N:P. Наиболее чистые олиготрофные и мезотрофные воды характеризуются отношением азота к фосфору 40:1, водоемы с сильной гумификацией имеют отношение N:P 130:1, для эвтрофных вод соотношение снижается до 25:1, для гиперэвтрофных вод – до 15:1. Отношение азота к фосфору в коммунальных сточных водах составляет 5:1, для сточных вод и животноводческих комплексов – 3:1.

Соотношение N:P в Нижнекальмиусском водохранилище варьирует в пределах от 3:1 (зимой) до 1:1 (летом) (рис. 2), при этом следует учитывать, что норма ПДК (установленной в соответствии с СанПиН 4630-88) общего азота не должна превышать 1,0 мг/дм^3, а фосфора – 0,01 мг/дм^3. Превышение по фосфору наблюдается во все сезоны, а по азоту – в летне-осенний период.

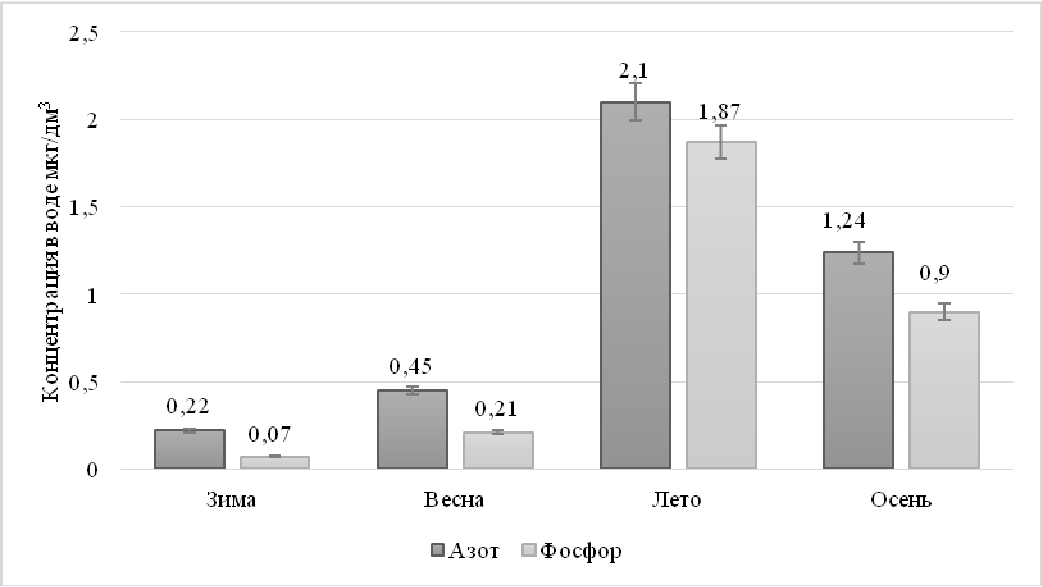

Рис. 2. Среднее содержание общего азота и фосфора в Нижнекальмиусском водохранилище (2018 г.)

По соотношениям концентрации N:P Нижнекальмиусское водохранилище относится к гиперэвтрофному типу. Качество воды соответствует сточным водам коммунальных предприятий и сточным водам животноводческих комплексов.

Полученный результат можно объяснить следующим образом. В естественной среде за счёт автохтонного эвтрофирования доступность азота и фосфора лимитирована. При этом поступление фосфора в водоемы из антропогенных источников с каждым годом растет в геометрической прогрессии из-за использования фосфорсодержащих веществ в коммунальном хозяйстве в качестве бытовых моющих средств (порошковые детергенты, содержащие в основе полифосфаты), смываемых со сточными водами. Поступление азота в водохранилище естественным путем из атмосферы происходит с помощью видов способных к азотфиксации, однако развитие сельского хозяйства и азотсодержащих удобрений, смываемых со сточными водами, мгновенно увеличивают концентрацию азота в воде.

Таким образом, все вышеописанные факторы и процессы приводят к увеличению трофического статуса за счет соотношения концентраций азота к фосфору, что в конечном итоге сказывается на эвтрофировании водоема.

Содержание растворенного органического вещества (РОВ) в воде. РОВ в водоеме имеет два пути происхождения: автохтонное органическое вещество образуется в водоеме за счет увеличивающейся массы водных растений в процессе фотосинтеза, аллохтонное органическое вещество поступает в водоем со сточными водами [15].

В течение всего периода исследований наблюдался постепенный рост количества РОВ с максимумом в летне-осенний период. Согласно существующей классификации качества вод по количеству РОВ [17], Нижнекальмиусское водохранилище относится к очень загрязнённым водоемам 4 класса. Согласно СанПиН 4630-88, ПДК перманганатной (бихроматной) окисляемости должно составлять не более 15 мгO_2/дм^3 для водоёмов, используемых в рекреационных целях, в частности для купания.

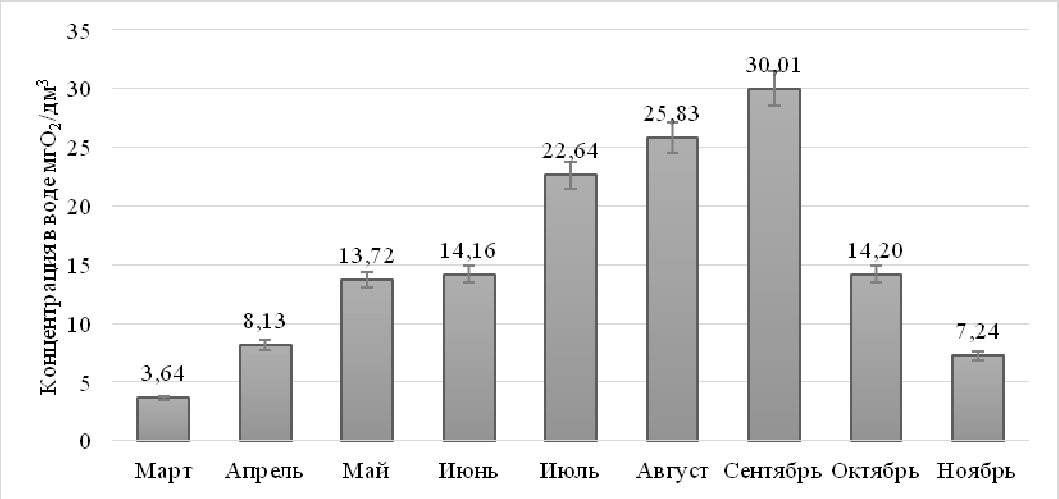

Рис. 3. Средняя концентрация растворенного органического вещества в Нижнекальмиусском водохранилище (2018 г.)

Причины высокого содержания РОВ в воде коррелируются с концентрацией фосфора [18]. Также стоит отметить, что в летний период в водохранилище отсутствует стратификация биогенных и органических веществ, особенно это проявляется в периоды штилевой погоды, когда поверхностные слои аккумулируют органические соединения, а придонные минерализуются. Как следствие, в период отсутствия перемешивания, прозрачность воды возрастает, органическое вещество продолжает увеличиваться путем автохтонной эвтрофикации за счет увеличение толщины фотического слоя.

Количественные показатели численности и биомассы фитопланктона. Известно [2], что в процессе эвтрофирования численность и биомасса фитопланктона многократно

увеличиваются с изменением доминирующих видов, при этом происходит «цветение» в основном за счёт синезеленых водорослей.

Проведенные исследования показали, что рост численности фитопланктона в Нижнекальмиусском водохранилище имеет однопиковый характер (рис. 4). Динамика численности характеризовалась постоянным увеличением средних и максимальных значений с мая по сентябрь (в среднем 69,3% в месяц). Максимальные значения численности были отмечены в сентябре, минимальные – в ноябре.

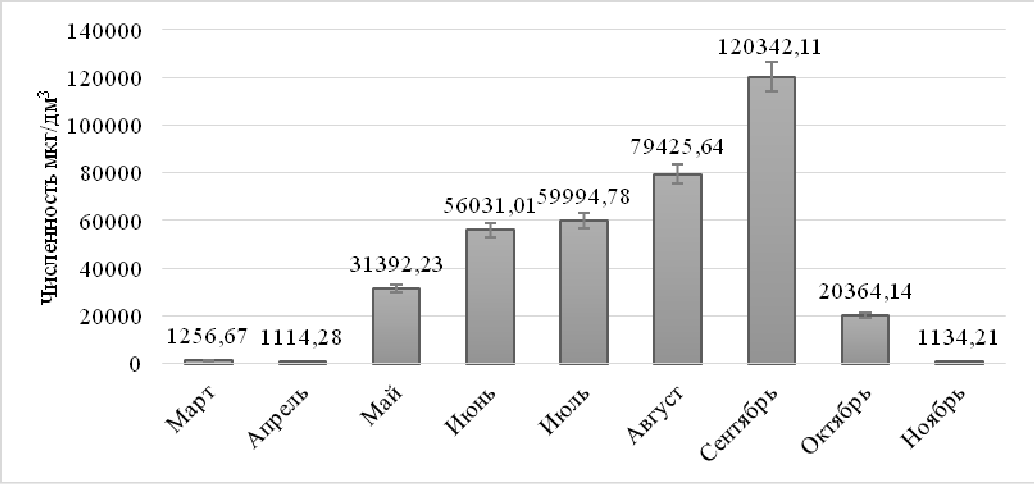

Рис. 4. Численность фитопланктона в Нижнекальмиусском водохранилище (2018 г.)

Биомасса фитопланктона Нижнекальмиусского водохранилища характеризуется «планомерным нарастанием» (в среднем порядка 80% в месяц) до максимума в сентябре. В октябре происходит более чем 40-кратное падение биомассы. Показатели численности и биомассы имели максимумы в сентябре.

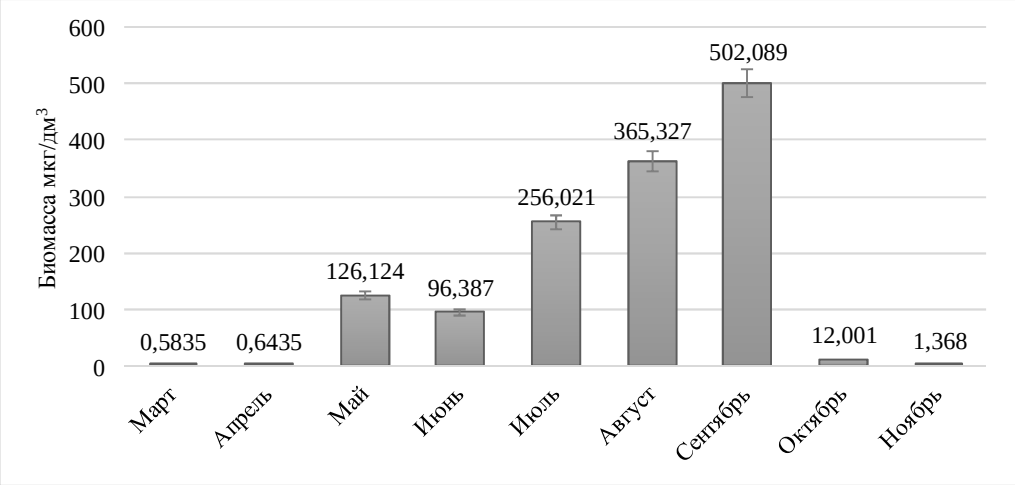

Рис. 5. Биомасса фитопланктона в Нижнекальмиусском водохранилище (2018 г.)

За весь период исследований наблюдалось высокое биоразнообразие видов фитопланктона. В холодное время года преимущественно доминировали диатомовые водоросли и динофлагеляты. С увеличением количества тепла биоразнообразие увеличивается золотистыми водорослями. Весной преобладают зеленые водоросли класса протококковые, отмечено доминирование диатомовых и зеленых водорослей. Однако в летний период происходит более чем 30-кратное увеличение численности и в пробах резко начинают доминировать виды отдела синезеленые: *Microcystis aeruginosa* Kütz., *Aphanizomenon flosaquae* Ralf. ex Born. & Flah., *Anabaena spiroides* f. *spiroides* Kleb.

Доминирующие виды являются индикаторами полисапробной зоны, содержащей большое количество органических веществ из-за поступления в водоем стоков канализаций, промышленных предприятий, сельскохозяйственных производств.

Полученные данные о количественных показателях свидетельствуют о процессе сукцессии альгофлоры, происходит смена отдела диатомовые на зеленые, а затем на синезеленые водоросли, что является следствием эвтрофирования.

Выводы

Нижнекальмиусское водохранилище характеризуется как природно-техногенный водоем с замедленным водообменном. Процессы эвтрофирования имеют ранние стадии, но проявляются быстро, особенно в летний период, когда эвтрофирование приобретает «залповый» характер. При этом в короткий срок происходит стремительное падение качества воды, а сформировавшиеся условия образуют чрезвычайно негативную экологическую ситуацию для биоты. Это доказано по процессам, предшествующим эвтрофированию: соотношение концентраций азота к фосфору, количество растворенного кислорода и, как следствие, планомерное возрастание численности и биомассы синезеленых водорослей, а затем растворенного органического вещества.

В летний период 2018 г., когда вся акватория Нижнекальмиусского водохранилища была массово охвачена «цветением» синезеленых водорослей, был достигнут критический предел, вызванный антропогенным эвтрофированием, после которого потенциалы самоочищения и самовосстановления были исчерпаны. Любые меры по улучшению качества воды не приведут к желаемому результату. Необходимо препятствовать антропогенному эвтрофированию созданием очистных сооружений для сточных вод, установить строгий контроль за стоком промышленных предприятий, не допускать смыв сельскохозяйственных удобрений. В случае повторного эвтрофирования и «цветения» организовать официальный запрет на купание людей и вылов рыбы, т.к. массово «цветущие» синезеленые водоросли являются токсичными.

Список литературы

1. *Ашихмина Т. Я., Кутявина Т. И., Домнина Е. А.* Изучение процессов эвтрофикации природных и искусственно созданных водоёмов (литературный обзор) // Теоретическая и прикладная экология. 2014. № 1. С. 6–13.

2. *Безносов В. Н., Горюнова С. В., Кацман Е. А., Кучкина М. А., Суздалева А. Л.* Особенности эвтрофирования водоема-охладителя АЭС // Актуальные проблемы экологии и природопользования : сб. науч. тр. Российского ун-та дружбы народов. Вып. 5. Ч. 2. Экологические исследования природно-техногенных систем. М. : Изд. РУДН, 2004. С. 176–186.

3. *Вассер С. П., Кондратьева Н. В., Масюк Н. П.* Водоросли : справ. К. : Наук. думка, 1989. 608 с.

4. ГОСТ 17.1.1.01-77 Охрана природы. Гидросфера. Использование и охрана вод. Основные термины и определения.

5. *Мирненко Э. И.* Особенности «цветения» водоемов в городе Донецке. Germany : LAP LAMBERT Academic Publishing, 2015. 93 с.

6. *Мирненко Э. И.* Гидрохимический режим прудов Старобешевского района // Вестн. Донецкого нац. ун-та. Сер. А : Естеств. науки. 2019. № 1. С. 115–121.

7. *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. 44–50

8. *Охапкин А. Г.* Особенности структурной организации фитопланктона водоёмов разного типа бассейна Средней Волги (Россия) // Актуальные проблемы современной альгологии : тез. докл. IV Междунар. конф. Киев, 2012. С. 228–229.

9. *Россолимо Л. Л.* Изменение лимнических экосистем под воздействием антропогенного фактора. М. : Наука, 1977. 120 с.

10. Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения : СанПиН 4630-88 от 04.07.1988 г.

11. *Саут Р., Уиттик А.* Основы альгологии. М. : Мир, 1990. 581 с.

12. *Стёпкин В. П.* Решение водного вопроса. Донецк : Апекс, 2007. С. 60.

13. *Сиренко Л. А.* Экологические последствия эвтрофирования континентальных водоемов и возможные методы его регулирования // Водные ресурсы. 1979. № 1. С. 164–175.

14. *Сиренко Л. А.* Эвтрофирование континентальных водоемов и некоторые задачи по его контролю // Научные основы контроля качества вод по гидробиологическим показателям. Л. : Гидрометеоиздат, 1981. С.137–153.

15. *Сиренко Л. А., Гавриленко М. Я.* «Цветение» воды и эвтрофирование. К. : Наук. думка, 1978. 232 с.

16. *Сиренко Л. А.* Основные факторы естественного и антропогенного эвтрофирования водохранилищ и его последствия // Водные ресурсы. 1979. № 4. С. 15–30.

17. *Фомин Г. С.* Вода. Контроль химической, бактериальной и радиационной безопасности по международным стандартам : энцикл. справ. М. : Протектор, 2000. 838 с.

18. *Weber T., Deutsch C.* Oceanic nitrogen reservoir regulated by plankton diversity and ocean circulation // Nature Magazine. 2012. Vol. 429. P. 419–422.

Mirnenko E. I. **Features of the eutrophication of the Nizhne-Kalmius reservoir**. – The paper presents data on the reasons for the eutrophication of the Nizhne-Kalmius reservoir. The features of the appearance of eutrophication are highlighted. An assessment of the anthropogenic impact and the current state of the reservoir is given.

Key words: eutrophication, phytoplankton, reservoir, Donetsk.

УДК 582.296.32 : 632.15(477)

© **Е. И. Морозова**

СМЕНЫ ЖИЗНЕННЫХ СТРАТЕГИЙ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ МОХООБРАЗНЫХ В УСЛОВИЯХ ДОНЕЦКО-МАКЕЕВСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ АГЛОМЕРАЦИИ

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»
283050, г. Донецк, ул. Щорса, 46; e-mail: chocolate7739@gmail.com

Морозова Е. И. **Смены жизненных стратегий некоторых видов мохообразных в условиях Донецко-Макеевской промышленной агломерации.** – Предложен список нескольких видов мохообразных, которые имеют тенденцию к смене жизненной стратегии на территории Донецко-Макеевской промышленной агломерации. Составлена таблица зависимости произрастания и вида бриоморфы и её последующей жизненной стратегии в условиях стресса.

Ключевые слова: мохообразные, Донецк, бриоморфы, жизненные стратегии видов Bryobionta.

Введение

Одной из важных составляющих региональных эколого-ботанических работ является планомерное изучение динамики процессов антропогенной трансформации и динамики флоры. Исследования бриофлоры в Донецко-Макеевской промышленной агломерации, проводившиеся в последние несколько лет [2, 4, 5, 9, 12, 17], позволили расширить представление о распространении и таксономическом разнообразии представителей надотдела Bryobionta в регионе [4, 11, 13].

Мохообразные в связи с их специфической реакцией на воздействия внешней среды как гаметофитного направления развития высших растений и пионеров эволюционного освоения суши привлекают все большее внимание исследователей. Уклоняясь от конкуренции, многие Bryobionta осваивают широкий спектр микрониш, иногда не отвечающих требованиям для полноценного существования обычных травянистых или древесных растений. Учитывая городские и окологородские реалии (строительство сооружений, выпас скота или вырубка деревьев, рекреационные нагрузки и т.п.) и техногенно-трансформированные территории Донбасса, в частности Донецко-Макеевской агломерации, к таким местообитаниям относится терриконы и свалки, каменистые образования, а также сходные по своим свойствам с горными породами бетонные и цементно-каменные сооружения [4, 7-9].

Цель работы – дать актуальные сведения о смене жизненных стратегий некоторых видов мохообразных Донецко-Макеевской промышленной агломерации, в зависимости от бриоморфы и экотопа.

Материал и методы исследования

Рекогносцировочные и маршрутные сборы образцов Bryobionta проведены в 2017-2019 гг. во все сезоны. Изучение и учет местопроизрастаний (типов субстратов) изучаемых мохообразных проводили в момент сбора образца. Категории экотопов и схема их зонально-территориальной дифференциации в Донецко-Макеевской агломерации были описаны ранее [3, 5, 10].

Таксономическая идентификация и микропрепарирование проводили в соответствии с рекомендациями приоритетных определителей и справочных списков [1, 17]. При установлении видов бриоморф использован анатомо-морфологический метод, а типы жизненных стратегий – концепций Дюринга и Раменского-Грайма [6, 14, 15].

Результаты и обсуждение

В начале зарастания субстрата видовой состав растений и их распределение зависит, с одной стороны, от случайного заноса семян, в нашем случае – спор и органов вегетативного размножения, а с другой – от возможности их произрастания в условиях конкретного

© **Морозова Е. И., 2019**

местообитания. В условиях Донбасса подтверждено, что первый фактор напрямую связан с жизненной стратегией мохообразных, второй определяется их жизненной формой.

Спектр жизненных форм несколько изменяется в зависимости от места вынужденного или спонтанного заселения вида. В изученных типичных для степи растительных сообществах представлен широкий спектр эконишь, пригодных для жизни и заселения мохообразных. По приуроченности к различным типам субстратов в растительных эконишах изученные Bryobionta разделяются на несколько больших эколого-субстратных групп: 1) эпифиты – предпочитают расти на других представителях растений, в частности их органах (кора стволов, корни и ветви деревьев и кустарников); 2) эпигеиды – встречаются на почвенном покрове и его фрагментах на различных обнажениях (почва на камнях); 3) эпилиты – произрастают на горных и каменистых субстратах, крупных валунах и бетонированных или цементированных поверхностях в условиях города; 4) эпиксилы – предпочитают жить на мертвом органическом субстрате, например, гниющей древесине, бытовых полигонах.

Благодаря образованию подушек, дерновинок и ковриков, виды на территории Донбасса наилучшим образом адаптированы к условиям хронического токсического стресса: недостаточное обеспечение влаги или(и) с преобладанием высокой освещенностью, влияние сбросов (выбросов) различных загрязняющих веществ промышленными предприятиями, интенсивные антропогенные воздействия (вытаптывание, уничтожение из эстетического неприятия) и т.д.

Среди бриоморф исследованных видов значительно преобладает переход от настоящей дерновины (НД) в подушковидную дернину (ПД); вид *Leptodictium riparium* (Hedw.) Warnst. имеющий такие специализированные формы, как плоский ковер (ПК) и гидрофитное сплетение (ГС). В табл. 1 представлены особенности смены доминирующих жизненных форм представителей Bryobionta и стратегий в зависимости от субстрата.

Жизненные стратегии Bryobionta предопределяют место и роль определенного вида в экосистеме (регистрируемом экотопе), его взаимоотношения с другими видами, ответ на воздействие биотических, абиотических и антропогенных факторов среды, а также характер, особенности роста и биологическую специфику вида. В зависимости от особенностей заселяемого экотопа могут быть бриовиолентами (БВ), т.н. «победителями», способными к быстрому развитию, захвату и длительному удержанию территории, предрасположенными к доминированию при конкурентных отношениях в фитоценозах (*Calliergonella cuspidata* (Hedw.) Loeske, *Plagiomnium cuspidatum* (Hedw.) T. Kop.). В условиях городов данная стратегия не приобрела сильного распространения, поскольку виоленты не устойчивы к ухудшению условий, что характерно для урбанизированных территорий. Многие виды бриоэксплеренты (БЭ), т.к. имеют свойство быть пионерами в нарушенных биогеоценозах и агроценозах, которые часто встречаются в Донецко-Макеевской агломерации (*Bryum argenteum* Hedw., *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid, *Pleuridium acuminatum* Lindb.).

К бриопатиентам (БП), т.н. «выносливцам» можно отнести все виды мхов в той или иной мере. Бриопатиенты также подразделяются на ценотические (БПЦ) и экотопические (БПЭ), первые приурочены к напочвенным условиям и имеют способность выносить давление и ограничения для развития от сильных конкурентов (сосудистые растения), их роль в растительных сообществах в основном второстепенная (*Polytrichum commune* Hedw., *Didymodon rigidulus* Hedw., *Brachythecium campestre* (Müll. Hal.) Bruch et al.), вторые располагаются на иных субстратах (кора или гниющая древесина, каменные стены, терриконы и другие субстраты антропогенного происхождения) и могут проживать в достаточно стрессовых условиях (дефицит или переизбыток света и воды, наличие периодического влияния загрязнителей, высокая кислотность или щелочность и т.п.), часто виды относящиеся к данной подгруппе уклоняются от конкуренции (*Amblystegium subtile* (Hedw.) Schimp., *Bryum funckii* Schwaegr., *Homomallium incurvatum* (Schrad. ex Brid) Loeske).

Таблица 1

Смена доминирующих жизненных форм представителей Bryobionta и стратегий в зависимости от субстрата

№	Экоморфы (субстрат)	Вид	Жизненные формы	Жизненные стратегии
1	эпигейно-эпилитный	*Bryum argenteum* Hedw.	НД→ПД	БЭ ↓ (БПЦ↔БПЭ)
2	эпигейно-эпифитно-эпилитный	*Bryum caespiticium* Hedw.	НД↔ПД	БЭ ↓ (БПЦ↔БПЭ)
3	эпигейно-эпифитно-эпилитно-эпиксильный	*Bryum capillare* Hedw.	НД↔ПД	БПЦ↔БПЭ
4	эпигейно-эпилитно-эпиксильный	*Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid	НД→ПД	БЭ ↓ (БПЦ↔БПЭ)
5	эпигейно-эпифитно-эпиксильный	*Dicranum scoparium* Hedw.	НД↔ПД	БПЦ↔БПЭ
6	эпигейно-эпифитный	*Dicranum fulvum* Hook	НД↔ПД	БПЦ↔БПЭ
7	эпигейно-эпифитный	*Leptodictium riparium* (Hedw.) Warnst.	ПК↔ГС	БПЦ↔БПЭ
8	эпигейно-эпифитно-эпиксильный	*Plagiomnium cuspidatum* (Hedw.) T. Kop.	НД→ПК	БВ→БПЦ
9	эпигейно-эпифитно-эпилитный	*Syntrichia ruralis* (Hedw.) F. Weber & Mohr	НД→ПД	БЭ→БПЭ

Примечания:

1. Жизненные формы: ПД – подушковидная дернина, НД – настоящая дернина, ПК – плоский ковер, ГС – гидрофитное сплетение;

2. Жизненные стратегии: БВ – бриовиолент, БЭ – бриоэксплерент, БП – бриопатиент (БПЦ) ценотический и (БПЭ) экотопический.

В результате проведенного эксперимента предполагаем, что между жизненной формой и стратегией существует определенная связь и примером являются виды, имеющие ковровую форму роста (*Amblystegium serpens* (Hedw.) Schimp., *Brachythecium salebrosum* (F.Weber & D. Mohr) Bruch et al., *Marchantia polymorpha* L.), они обладают способностью к горизонтальному разрастанию, дающему возможность расселяться, преодолевая небольшие расстояния до следующего подходящего экотопа, что в целом повышает их конкурентную способность. Мохообразные, образующие многолетние дерновинки и подушки, например, такие виды, как *Barbula unguiculata* Hedw., *Dicranum polysetum* Sw., *Grimmia pulvinata* (Hedw.) Sm., *Orthotrichum speciosum* Nees, наоборот, распространяются главным образом с помощью спор и выводковых органов.

Исходя из данных табл. 1 и проведенных продолжительных наблюдений за видами, установлено, что они чрезвычайно пластичны и имеют тенденцию при переходе от группы эпигеид или эпифит в эпилитную, или эпиксильную, подстраивать форму роста, пример, – подушковидная, способствующая долговременному устойчивому выживанию в неблагоприятных условиях, под субстрат, на котором им пришлось поселиться. Вследствие

определенной бриформы и смене нарушенных биогеоценозов и агроценозов на частично восстановленные с течением времени, меняется и жизненная стратегия, например, с бриоэксплерентной на бриопатиентную, например, у вида *Bryum argenteum* Hedw. (рис. 1), а также видов *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid, *Bryum caespiticium* Hedw., *Syntrichia ruralis* (Hedw.) F. Weber & Mohr.

А **Б**

Рис. 1. *Bryum argenteum* Hedw.:
А – настоящая дернина, бриовилент; Б – подушковидная дернина, бриопатиент экотопический

Другие виды, в общем, относятся к бриопатиентам, но склоняются к той или иной подгруппе этой стратегии. Также выделяются мохообразные, которые используют форму плоского коврика, устойчивого к вытаптыванию, в частности, *Plagiomnium cuspidatum* (Hedw.) T. Kop. (рис. 2), имеющий склонность к бриовиолентной жизненной стратегии, но в условиях города перестраивающийся как бриопатиент.

А **Б**

Рис. 2. *Plagiomnium cuspidatum* (Hedw.) T. Kop.:
А – настоящая дернина, бриовиолент; Б – плоский ковер, бриопатиент ценотический

Выводы

Для оценки экологического режима местопроизростаний и длительности стабильного существования бриоценофлор важен не только подробный эколого-ценотический анализ, но и оценка спектров жизненных стратегий бриофитов.

Принимая в расчет особенности жизненных форм и стратегий некоторых мохообразных, установлена их роль в процессах зарастания нарушенных экотопов. Выявление этих адаптивных мхов позволяет детальнее рассмотреть механизмы протекания вторичных микросукцессий.

Выполненная работа повышает точность прогнозов изменений в окружающей среде, вызванных деятельностью человека, что актуально в связи с проводимыми диагностическими мероприятиями по изучению и мониторингу видов Bryobionta на территории Республики.

Работа является частью комплексного исследования кафедры ботаники и экологии в рамках госбюджетных тем: «Функциональная ботаника: экологический мониторинг, ресурсные технологии, фитодизайн» № 0117 D 000192 и «Диагностика природных и трансформированных экотопов по состоянию фитокомпонентов» № 0118 D 000017.

Список литературы

1. *Игнатов М. С., Игнатова Е. А.* Флора мхов средней части европейской России. М. : КМК, 2003. Т. 1. 608 с.; М. : КМК, 2004. Т. 2. С. 608–994.

2. *Морозова Е. И., Сафонов А. И.* Мониторинг в условиях промышленных экотопов с помощью мохообразных // Донецкие чтения 2016 : Образование, наука и вызовы современности : матер. I Междунар. науч. конф. (Донецк, 16–18 мая 2016 г.). Т. 1. Физ.-мат., техн. науки и экол. Донецк : Изд-во ЮФУ, 2016. С. 317–318.

3. *Морозова Е. И., Сафонов А. И.* Видовой состав, особенности произрастания и морфометрическая характеристика мхов-индикаторов г. Макеевки // Донецкие чтения 2017 : Русский мир как цивилизационная основа научно-образовательного и культурного развития Донбасса : матер. Междунар. науч. конф. студ. и молодых ученых (Донецк, 17–20 октября 2017 г.). Т. 2. Хим.-биол. науки. Донецк : Изд-во ДонНУ, 2017. С. 100–102.

4. *Морозова Е. И.* Экологические спектры основных таксонов мохообразных в г. Макеевка. // Донецкие чтения 2018 : Образование, наука, инновации, культура и вызовы современности : матер. III Междунар. науч. конф. (Донецк, 25 октября 2018 г.). Т. 2. Хим.-биол. науки. Донецк : Изд-во ДонНУ, 2018. С. 206–207.

5. *Морозова Е. И.* Новые находки видов Bryobionta в Донецко-Макеевской промышленной агломерации // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2019. № 1–2. С. 22–27.

6. *Раменский Л. Г.* О принципиальных установках, основных понятиях и терминах производственной типологии земель, геоботаники и экологии // Сов. ботаника. 1935. № 4. С. 25–42.

7. *Рыковский Г. Ф., Млынарчик М. П., Масловский О. М.* Мохообразные, произрастающие на бетонных сооружениях в условиях Западной окраины русской равнины (Белоруссия) // Ботаника (исследования). Минск, 1988. Вып. 29. С. 107–116.

8. *Сафонов А. И.* Инвентаризация промышленных объектов Донбасса по фитоиндикационным критериям // Вестник Донецкого национального университета. Сер. А : Естеств. науки. 2019 а. № 1. С. 121–128.

9. *Сафонов А. И.* Экспертиза промышленных предприятий Донбасса по состоянию фитокомпонентов // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2019 б. № 1–2. С. 35–43.

10. *Сафонов А. И., Морозова Е. И.* Видовое разнообразие мохообразных Донецко-Макеевской промышленной агломерации // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2017. № 3–4. С. 24–32.

11. *Сафонов А. И., Морозова Е. И.* Редкие виды мохообразных Донецко-Макеевской промышленной агломерации // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2018 а. № 1–2. С. 33–43.

12. *Сафонов А. И., Морозова Е. И.* Мохообразные Донецкой агломерации : иллюстрированный атлас и бриоиндикация. Донецк : ДонНУ, 2018 б. 128 с.

13. *Сергеева А. С., Алемасова А. С., Сафонов А. И.* Накопление тяжелых металлов гаметофитами мохообразных в экотопах промышленного Донбасса // Донецкие чтения 2018 : Образование, наука, инновации, культура и вызовы современности : матер. III Междунар. науч. конф. (Донецк, 25 октября 2018 г.). Т. 2. Хим.-биол. науки. Донецк : Изд-во ДонНУ, 2018. С. 217–218.

14. *During H. J.* Ecological classifications of bryophytes and lichens. Bryophytes and Lichens in a Changing Environment. Oxford : Clarendon Press, 1992. P. 1–30.

15. Grime J. P. Plant strategies and vegetation processes. Chichester : Wiley and Sons, N. Y., 1979. 222 p.

16. *Ignatov M. S., Afonina O. M., Ignatova E. A.* Check-list of mosses of East Europe and North Asia // Arctoa. 2006. Vol. 15. P. 1–130.

17. *Safonov A. I.* Phytoindicational monitoring in Donetsk // Наука. Мысль. 2016. № 4. P. 59–71.

Morozova E. I. **Changes in life strategies of some species of bryophytes under the conditions of the Donetsk-Makeevka industrial agglomeration.** – A list of several species of bryophytes, which tend to change the life strategy in the territory of the Donetsk-Makeevka industrial agglomeration, is proposed. A table is compiled showing the growth and species of the briomorph and its subsequent life strategy under stress.

Key words: bryophytes, Donetsk, briomorphs, species life strategies Bryobionta.

УДК 574 : 528.94 : 58.632 : 581 : 502 (477)

© **А. И. Сафонов[1], Е. А. Гермонова[2]**

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ СЕТИ ФИТОМОНИТОРИНГОВОГО НАЗНАЧЕНИЯ В ДОНБАССЕ

[1]ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»
283050, г. Донецк, ул. Щорса, 46; e-mail: andrey_safonov@mail.ru
[2]ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет»
283000, г. Донецк, ул. Артема, 58; e-mail: germonova@mail.ru

Сафонов А. И., Гермонова Е. А. **Экологические сети фитомониторингового назначения в Донбассе.** – Территория Центрального Донбасса с промышленной инфраструктурой разделена системой квадратов мониторинговой сети для сбора растений-индикаторов и возможного анализа картографическими способами полученных данных. Представлены точки локализации пробных площадей – узлы мониторинговых сетей – на примере всей анализируемой территории и центральных районов г. Донецка. Указаны направления и индексы для визуализации моделей фитоиндикационных характеристик на региональных экологических картах.

Ключевые слова: экологический мониторинг, картографический метод, фитоиндикация, г. Донецк, Донбасс.

Введение

Экологический мониторинг на любой территории реализуется на основании доступных и адекватных характеристик местности [19]. При этом выбор используемых индикаторов напрямую связан со степенью овладения технологией получения искомых информационных индексов, а также предварительными расчетами сопряжения показателей с изучаемыми природными состояниями. Это обоснование является условием проведения в Донецком экономическом регионе многолетнего планомерного процесса по изучению фитоиндикационных характеристик [5, 7, 12, 20] с разными целевыми назначениями: инвентаризация промышленных объектов [15], их экспертная оценка по ботанической составляющей [16]; изучение растительности на локальных техногенных новообразованиях [8]; проведение экологического мониторинга [11] и дробной квантификации [7, 13] на основании данных о структурных нетипичных морфогенетических проявленияй у растений [14], состояния автономных дифференцируемых структур, например, пыльцевых зерен [10] с обязательными процессами шкалообразования [9], коррекции значимости индексов при появлении новых режимов и условий внешней среды [17] и геолокальной визуализации полученных данных [6, 8, 18]. Мировой опыт экологического картографирования [1-4] указывает на актуальность этого прикладного направления в современной науке.

Цель работы – представить результаты формирования сетей пунктов проведения полевого эксперимента фитоиндикационного и мониторингового назначения в Донбассе (на примере 120 (для центра г. Донецка) и 113 пробных площадей (для территории центрального промышленного Донбасса).

Материал и методы исследования

Базовым методом реализации запланированной программы является маршрутно-экспедиционный. Картографический блок сформирован в ГИС ArcMap 10.4 на некоммерческих материалах OpenStreetMap, World_Imagery в системе координат WGS_1984_Web_Mercator_Auxiliary_Sphere (проекция Mercator_Auxiliary_Sphere). Методика работы с фитопробами описана в предыдущих публикациях [10-16]. Для территории центрального Донбасса данные о локализации пробных площадей в фитомониторинговом аспекте представлены впервые. Сбор материала осуществляли во все сезоны года для возможного расширения базы фитоиндикационных признаков и поиска альтернативных компенсирующих друг друга информационных характеристик. Созданные сети с узлами локализации в пробных площадях составлены таким образом, чтобы в совокупности формировать единое геоинформационное поле для визуализации данных на картах.

© **Сафонов А. И., Гермонова Е. А., 2019**

Результаты и обсуждение

Для всей территории сбора материала (центральный промышленный Донбасс) нами рекомендовано использовать 113-компонентную мониторинговую сеть двухуровневой плотности распределения точек (рис. 1) с обязательным присвоением фитоиндикационных характеристик.

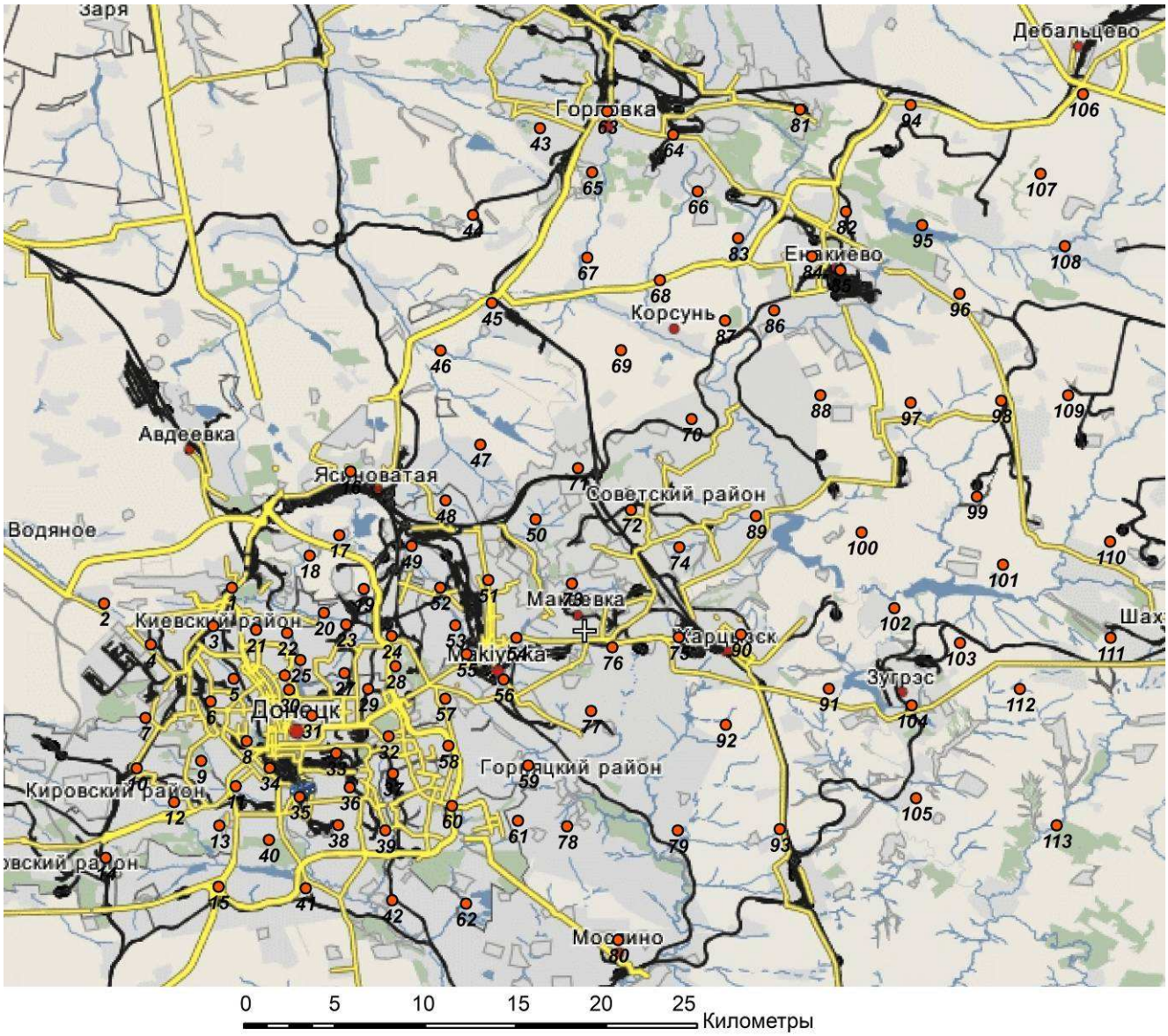

Рис. 1. Мониторинговая 113-компонентная сеть фитоиндикационного назначения на территории центрального промышленного Донбасса

В зонах предполагаемого большего антропического фактора и геохимического контраста плотность заложения пробных площадей в 2-3 раза выше, чем в районах условно буферной характеристики местности по анализируемым аспектам. Маршрутно-экспедиционный метод позволил спланировать организацию сети таким образом, чтобы лаборатория из четырех сотрудников могла осуществить тотальный единичный скрининг в трехдневный период с использованием доступного общественного транспорта в регионе.

Вторая сеть для проведения открытого фитоиндикационного эксперимента была заложена для центральных районов г. Донецка (центр города) и состоит из 120 пробных площадей – узлов локализации информационного пространства (рис. 2) с ожидаемым экологическим анализом данных при их картографировании.

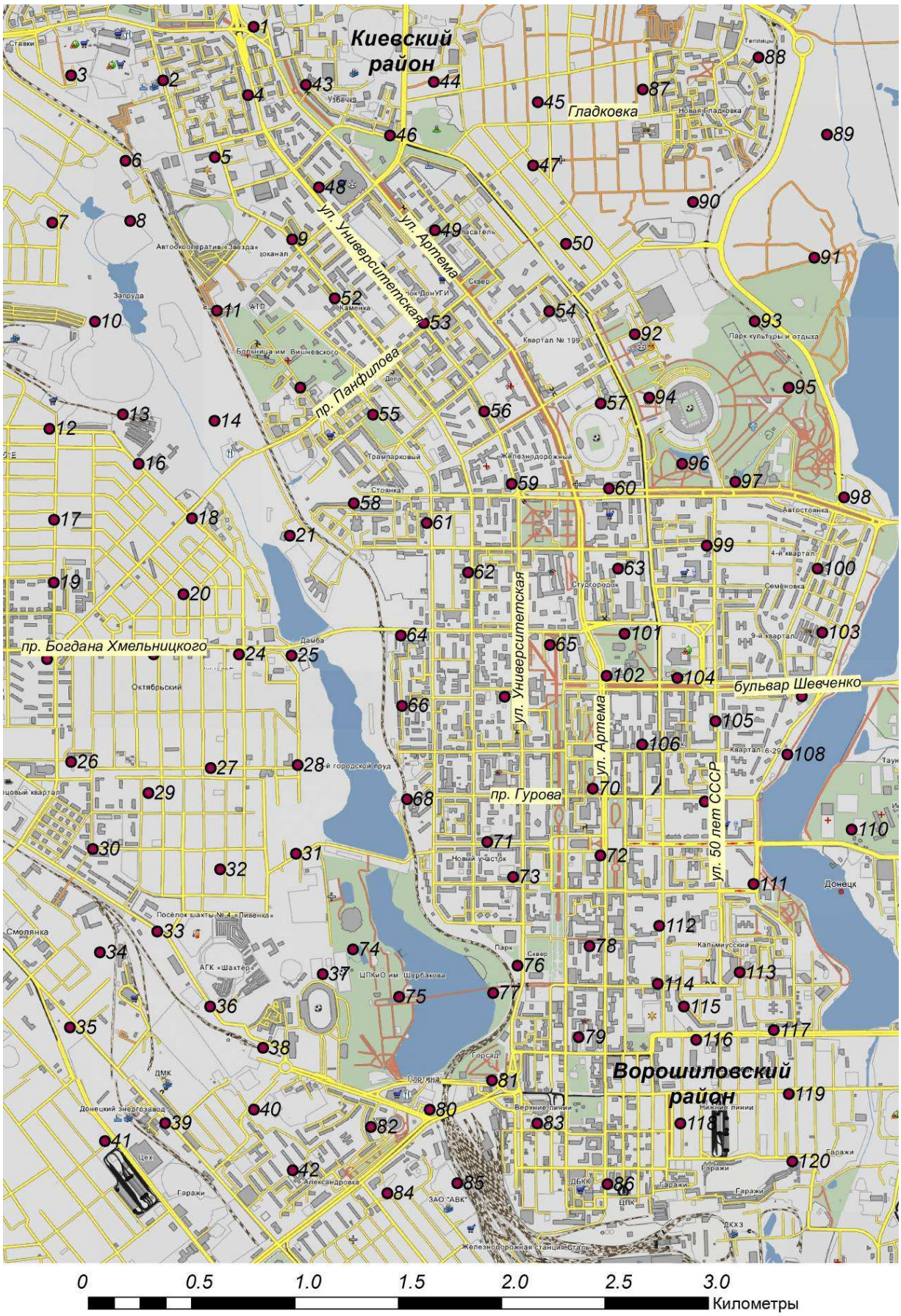

Рис. 2. Мониторинговая 120-компонентная сеть фитоиндикационного назначения в центральных районах г. Донецка

Схема организации мониторинговой сети в центре г. Донецка учитывает обязательное заложение пробной площадки в однородных равноудаленных координатах, доступных для реализации полевого эксперимента. Эмпирически доказано, что непрерывную информационную карту для демонстрационной визуализации можно получить только при использовании альтернативных взаимокомпенсаторных индексов и характеристик. Поскольку один вид (даже в случае тотальных мониторинговых программ активного способа их реализации при культивировании в качестве фитотестора с широкой амплитудой толерантности) не может с требуемой вероятностью сохраниться на протяжении всего вегетационного периода, учитывая высокий уровень трансформации урбоэкотопов и коммунально-хозяйственной активности в центральных районах г. Донецка, то в эксперименте для получения одной геостратегической визуализации как правило использованы 3-4 модельных объекта.

Из собранного материала в 2018 и 2019 гг. в стадии обработки и предварительной визуализации находятся следующие тематические индексы и показатели:

1) индекс трансформации локальных геосистем – наиболее интегральный показатель по совокупности данных о состоянии генеративной и вегетативной сфер растений-индикаторов (4-блоковая шкала информативных признаков до 20 баллов);

2) показатель дробного и частного проявления тератогенеза растений (общая суммационная шкала 0-50 баллов);

3) показатели концентраций палинологического материла в воздухе при суточном смещении аэромасс (10-балльная шкала);

4) индексы биоразнообразия, на примере мохообразных по инвентаризационным спискам, численные значения и комбинированные таксономические показатели (не нормируется, визуализация по дискретным диаграммам);

5) миграционные процессы ценопопуляций отдельных видов, индицирующих разные экологические факторы и режимы, например, в связи с микроклиматическими преобразованиями (плоскостные зоны, ареалы фиксирования материала и ареолы воздействия);

6) функциональное состояние растительных индикаторов из единой генетической семенной совокупности (10-балльная шкала);

7) анализ почвенно-семенного банка при профильных разрезах или сборах элементов диссеминации на территории картографического изображения (шкала 0-20 баллов);

8) результаты полевого метода листовой диагностики (пигментный спектр и гистоструктурные преобразования модельных тест-индикаторов, преимущественно отработан на толерантных бриобионтах, шкала 0-10 баллов);

9) визуализация процессов реализации репродуктивного потенциала (дробная разница между фундаментальной и реализованной репродуктивной нишами, поиск локальных причин угнетения при наличии достоверной информации о современном состоянии локальных экосистем в исследуемых зонах);

10) анализ выявленных изменений в показателях генеративной и вегетативной стратегиях выживания видов в нестабильных экологических условиях (направленная векторная демонстрация преобразований, без индексов).

Проводимая ботаническая экспертиза нуждается в сопряженных данных геохимического и геофизического содержания, однако, на данном этапе исследований рассматривается как независимая оценка состояния экотопов по фитоиндикационному критерию.

Геоинформационный анализ позволяет оперативно вычислять процентные соотношения отдельных заданных параметров, очерчивать зоны экологического бедствия или благополучия, определять корреляцию между изучаемыми процессами и явлениями, устанавливать динамику микролокальных изменений в разные сезоны, выбраковывать неинформативные признаки и рекомендовать новые для получения результатов, требующих корректировки, контроля и принятия мер по устранению неблагоприятных ситуаций.

Выводы

Опытным путем подготовлены мониторинговые сети для визуализации процессов, характеристик и тенденций экологической значимости в Донецком экономическом регионе и системы центральногородской застройки г. Донецка. Благодаря полевым сборам цветковых и мохообразных, собраны образцы для дальнейшей камеральной обработки, результаты которой будут проанализированы в последующих публикациях.

Представленные экологические сети мониторингового назначения с помощью растений способны отражать принципиально важные явления, перестройки или преобразования, а также на сегодня не имеют аналогов в регионе и требуют насыщения информацией; такая работа может в дальнейшем осуществляться при достойной государственной поддержке.

Работа выполнена в рамках научных тем кафедры ботаники и экологии ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет» 2018 и 2019 гг.: «Функциональная ботаника: экологический мониторинг, ресурсные технологии, фитодизайн» № 0117D000192 и «Диагностика природных и трансформированных экотопов по состоянию фитокомпонентов» № 0118 D 000017.

Список литературы

1. *Баяраа У.* Экологическое картографирование территории Монголии // Природообустройство. 2011. № 5. С. 31–37.

2. *Бешенцев А. Н.* Научные основы информационной концепции картографического метода исследования // Вестник СГУГиТ. 2018. Т. 23, № 1. С. 85–110.

3. *Воробьева И. Б.* Системный подход при геоэкологической оценке территории // Вестник ТГУ. 2014. Т. 19, вып. 5. С. 1485–1488.

4. *Гайворонский В. Г., Романов А. А., Кресин В. С., Брук В. В.* Геоинформационная система представления экологической информации для портала «Открытые данные» // Проблемы охраны окружающей природной среды и экологической безопасности. 2016. Вып. 38. С. 143–151.

5. *Гермонова Е. А., Сафонов А. И.* Визуализация микроклиматических изменений индикаторных признаков в локальных популяциях растений г. Донецка // Глобальные климатические изменения : региональные эффекты, модели, прогнозы : матер. Междунар. науч.-практ. конф. (Воронеж, 3–5 октября 2019 г.). Воронеж : Изд-во «Цифровая полиграфия», 2019 а. Т. 2. С. 39–40.

6. *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 : матер. IV Междунар. науч. конф. (Донецк, 31 октября 2019 г.). Т. 2: Хим.-биол. науки. Донецк : Изд-во ДонНУ, 2019 б. С. 202–204.

7. *Глухов А. З., Сафонов А. И.* Экосистемное нормирование по данным фитоиндикационного мониторинга // Донецкие чтения 2016 : Образование, наука и вызовы современности : матер. I Междунар. науч. конф. (Донецк, 16–18 мая 2016 г.). Т. 1. Физ.-мат., техн. науки и экол. Донецк : Изд-во ЮФУ, 2016. С. 311–312.

8. *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.

9. *Киселева Д. В., Сафонов А. И.* Принципы создания шкал анатомо-морфологической пластичности фитоиндикаторов техногенного региона // Донецкие чтения 2016 : Образование, наука и вызовы современности : матер. I Междунар. науч. конф. (Донецк, 16-18 мая 2016 г.). Т. 2. Хим. и биол. науки. Донецк : Изд-во ЮФУ, 2016. С. 117–119.

10. *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 : матер. Междунар. науч. конф. студ. и молодых ученых (Донецк, 17–20 октября 2017 г.). Т. 2. Хим.-биол. Донецк : Изд-во ДонНУ, 2017. С. 97–99.

11. *Сафонов А. И.* Функциональная ботаника в Донбассе : экологический мониторинг, информационные ресурсные технологии, фитодизайн // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2017. № 1–2. С. 8–14.

12. *Сафонов А. И.* Чек-лист индикаторных признаков сорно-рудеральной фракции урбанофлоры г. Донецка (1998–2018 гг.) // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2018 а. № 3–4. С. 67–72.

13. *Сафонов А. И.* Фитоквантификация как информационный ресурс экологического мониторинга Донбасса // Донецкие чтения 2018 : Образование, наука, инновации, культура и вызовы современности : Матер. III Междунар. науч. конф. (Донецк, 25 октября 2018 г.). Т. 2. Хим.-биол. науки. Донецк : Изд-во ДонНУ, 2018 б. С. 216–217.

14. *Сафонов А. И.* Тератогенез растений-индикаторов промышленного Донбасса // Разнообразие растительного мира. 2019 а. № 1 (1). С. 4–16. DOI: 10.22281/2686-9713-2019-1-4-16

15. *Сафонов А. И.* Инвентаризация промышленных объектов Донбасса по фитоиндикационным критериям // Вестн. Донецкого нац. ун-та. Сер. А: Естеств. науки. 2019 б. № 1. С. 121–128.

16. *Сафонов А. И.* Экспертиза промышленных предприятий Донбасса по состоянию фитокомпонентов // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2019 в. № 1–2. С. 35–43.

17. *Сафонов А. И.* Коррекция фитоиндикационных критериев оценки среды в связи с микроклиматическими изменениями в Донбассе // Глобальные климатические изменения : региональные эффекты, модели, прогнозы : матер. Междунар. науч.-практ. конф. (Воронеж, 3–5 октября 2019 г.). Воронеж : Изд-во «Цифровая полиграфия», 2019 г. Т. 2. С. 166–167.

18. *Сафонов А. И., Колесников С. В.* Оценка современного состояния и динамики степных растительных сообществ РЛП «Зуевский» с помощью технологии дистанционного зондирования // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2011. № 1 (11). С. 106–110.

19. *Khondhodjaeva N. B., Ismillaeva K. B. , Ruzimbayeva N. T.* Bioindication and its importance in the conducting of ecological monitoring // European Science. 2018. № 4 (36). P. 68–70.

20. *Safonov A. I., Safonova Y. S.* Approbation of botanical expertise method in ecological monitoring // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2014. Т. 10, № 2. С. 219–221.

***Safonov A. I., Germonova E. A.* Ecological networks for phytomonitoring purposes in Donbass.** – The territory of Central Donbass with an industrial infrastructure is divided by a system of squares of a monitoring network for collecting indicator plants and possible analysis of the data obtained by cartographic methods. The points of trial plots localization – the bridles of monitoring networks – are presented on the example of the entire territory which is analysed and the central districts of Donetsk. Directions and indices for visualization of models of phytoindicational characteristics on regional environmental maps are indicated.

Key words: environmental monitoring, cartographic method, phytoindication, Donetsk, Donbass.

УДК 581.15 : 504.06 : 902.67 : (477)

© **А. И. Сафонов, Н. С. Мирненко**

ПАЛИНОЛОГИЧЕСКИЙ СКРИНИНГ В МОНИТОРИНГОВОЙ ПРОГРАММЕ ЦЕНТРАЛЬНОГО ДОНБАССА

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»
283050, г. Донецк, ул. Щорса, 46; e-mail: andrey_safonov@mail.ru

Сафонов А. И., Мирненко Н. С. **Палинологический скрининг в мониторинговой программе Центрального Донбасса.** – В основе диагностического критерия санитарного и экологического состояния воздуха в Донбассе использован показатель концентрации пыльцевых зерен в приземном слое атмосферы. Идентифицирована пыльца растений по количественному и таксономическому признакам. Выделена разница концентрации пыльцы в воздухе в зависимости от пиков сезонного цветения (конец мая и конец августа 2018 г.) в мониторинговых точках Центрального Донбасса.

Ключевые слова: палинология, экологический мониторинг, фитоиндикация, г. Донецк, Донбасс.

Введение

Тема индикации окружающей среды по фитомониторинговому компоненту является актуальной для промышленно развитых регионов с интенсивным уровнем антропопрессии на природные биотопы [7, 14]. В числе европейских регионов с неблагоприятными экологическими условиями выделяется Донбасс, центральные территории которого в последние годы являются площадкой для проведения детального квантификационного скрининга как промышленных, урбанизированных, так и природных локальных экосистем с конкретными геоинформационными привязками [2, 3, 17, 20, 21]. Показатели состояния мужской генеративной сферы растений являются предметом фундаментальных и прикладных экологических исследований [4-6, 13, 22], что также определенным образом отражается на потребности изучения пыльцевого материала в Донбассе [1, 12, 15, 16]. В лабораториях кафедры ботаники и экологии ДонНУ отдельные эксперименты посвящены изучению функционального состояния пыльцы растений селитебных территорий г. Донецка [9], морфотипическим аномалиям пыльцевых зерен в Донецком экономическом регионе [8] как составляющих общего тератогенеза [18], палинологическому критерию отдельно травянистых [11] и древесных растений [10], что важно в инвентаризации [19] и составлении экспертных оценок экотопов [20] для ведения и планирования научно обоснованной хозяйственной деятельности в Донбассе.

Цель работы – в рамках мониторинговых программ Центрального Донбасса провести палинологический скрининг экотопов по всей территории наблюдательной экологической сети. Задачами экспериментальной части определено: использование диагностического критерия санитарного и экологического состояния воздуха в Донбассе по показателю концентрации пыльцевых зерен в приземном слое атмосферы; идентификация пыльцевого материала по количественному и таксономическому признакам; выделение разницы концентрации пыльцы в зависимости от пиков сезонного цветения (конец мая и конец августа 2018 г.) в мониторинговых точках Центрального Донбасса.

Материал и методы исследования

Основная методика работы с палинологическим материалом представлена в публикациях [4, 5, 13, 14, 22], которые по своему назначению решают как общеэкологические вопросы в регионах, так и дают возможность ретроспективного анализа и проведения палеографических экспертиз, что важно в историко-культурном направлении научной деятельности. Адаптация к региональным современным потребностям в Донбассе позволила сформировать специфику методического блока для оценки текущего состояния аэрофитогоризонтов в приземном слое при реализации программ мониторингового назначения [8-12, 15, 16]. Микроскопирование, фиксация и окрашивание материала проведены по стандартным регионально апробированным методикам [8, 12, 15].

© **Сафонов А. И., Мирненко Н.С., 2019**

Результаты и обсуждение

Вся 113-компонентная мониторинговая экологическая сеть для Центрального Донбасса была охвачена полевым экспериментом по учету количественных характеристик пыльцевых агентов в приземном слое атмосферы. Рисунки 1 и 2 содержат информацию по результатам расчета концентраций всех пыльцевых зерен в разные вегетационные периоды, которые по материалам предыдущих рекогносцировочных наблюдений характерны для третей декады мая и третей декады августа. Однако, как и предположительно ожидалось, ситуация даже по количественным характеристикам пыльцы в разные месяцы может существенно отличаться для сопряженных территорий, поскольку спектр доминирования фенопаузы цветения таксономически специфичен и приурочен к разным сезонам.

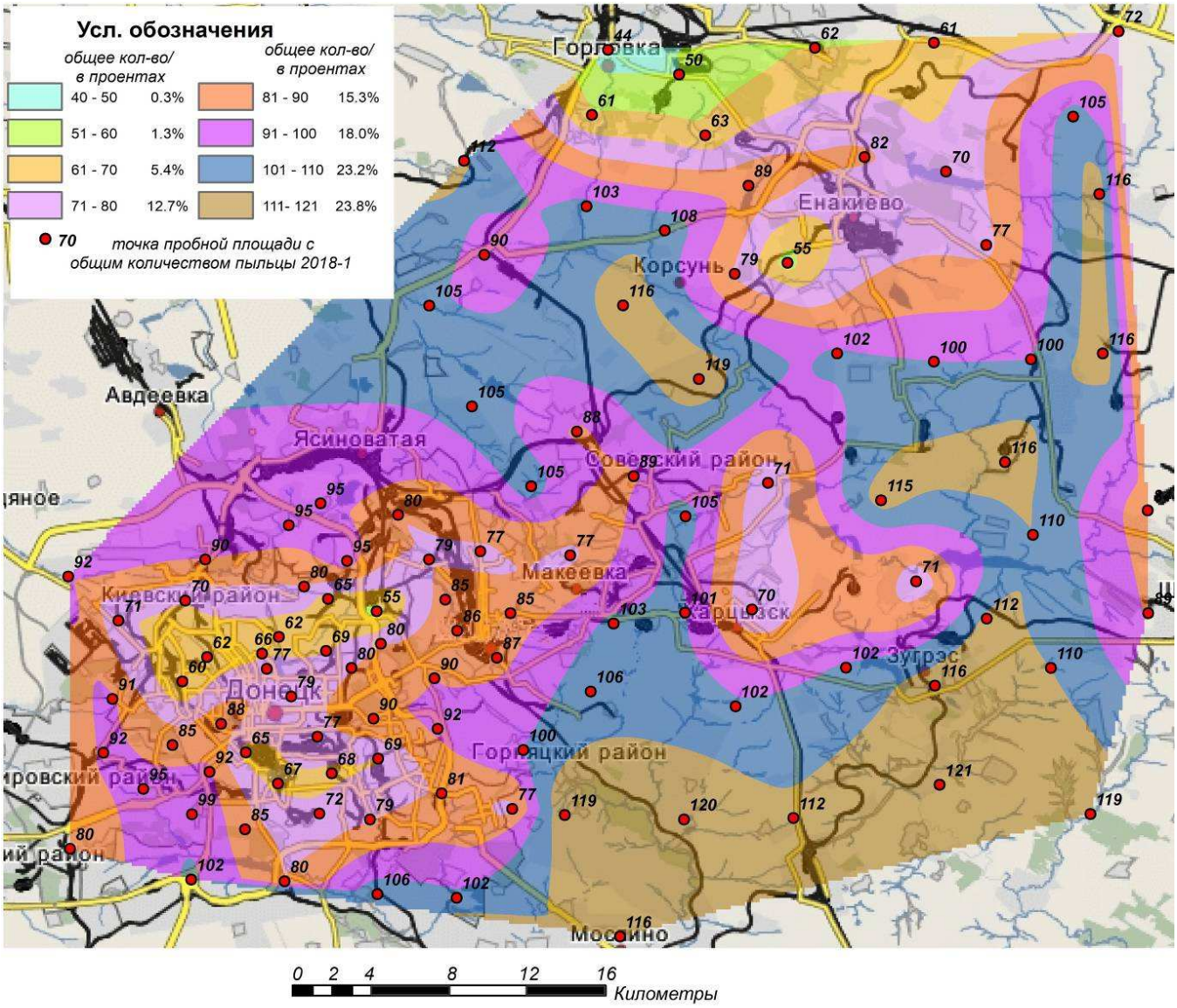

Рис. 1. Карта-схема распределения показателей концентрации пыльцевого материала в мониторинговом пространстве Центрального Донбасса (3-я декада мая 2018 г.)

Легенды рис. 1 и 2 содержат информацию о процентном соотношении разных интервальных значений индекса количественного учета. Адаптировано к диапазону всего варьирования основного показателя, выделены 8 диапазонов значения для визуализации критерия на карте. Распределение индекса концентрации пыльцевого материала (см. рис. 1) в мае 2018 г. тяготеет по максимальным значениям к экотопам их меньшей антропогенной трансформации, что связано, в первую очередь, с большим фиторазнообразием и минимальным вмешательством в системы по санитарным нормам кошения доминирующих в

этом сезоне представителей семейств Poaceae и Brassicaceae. В спектре палинологических сборов преобладали роды (в порядке убывания): *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., *Euphorbia* Neck., *Sisymbrium* (Murray) Roth, *Senecio* L., *Thlaspi* L. Предположительно, наибольшую аллергенную опасность (по аэропалинологическим характеристикам) представляют в этот период роды *Elytrigia, Bromopsis, Dactylis, Berteroa* и *Diplotaxis.*

Зоны плотной жилой застройки, а также очаги работы промышленных объектов характеризовались минимальными показателями концентрации пыльцевого материала. Наибольший научный интерес в дифференциации пыльцы по таксономическому разнообразию представляют диапазоны 7 и 8, а диапазоны минимальных значений (1–3) в основном соответствуют монодоминантным таксонам на уровне семейства, что также требует дальнейшего детального изучения внутри диапазонного значения.

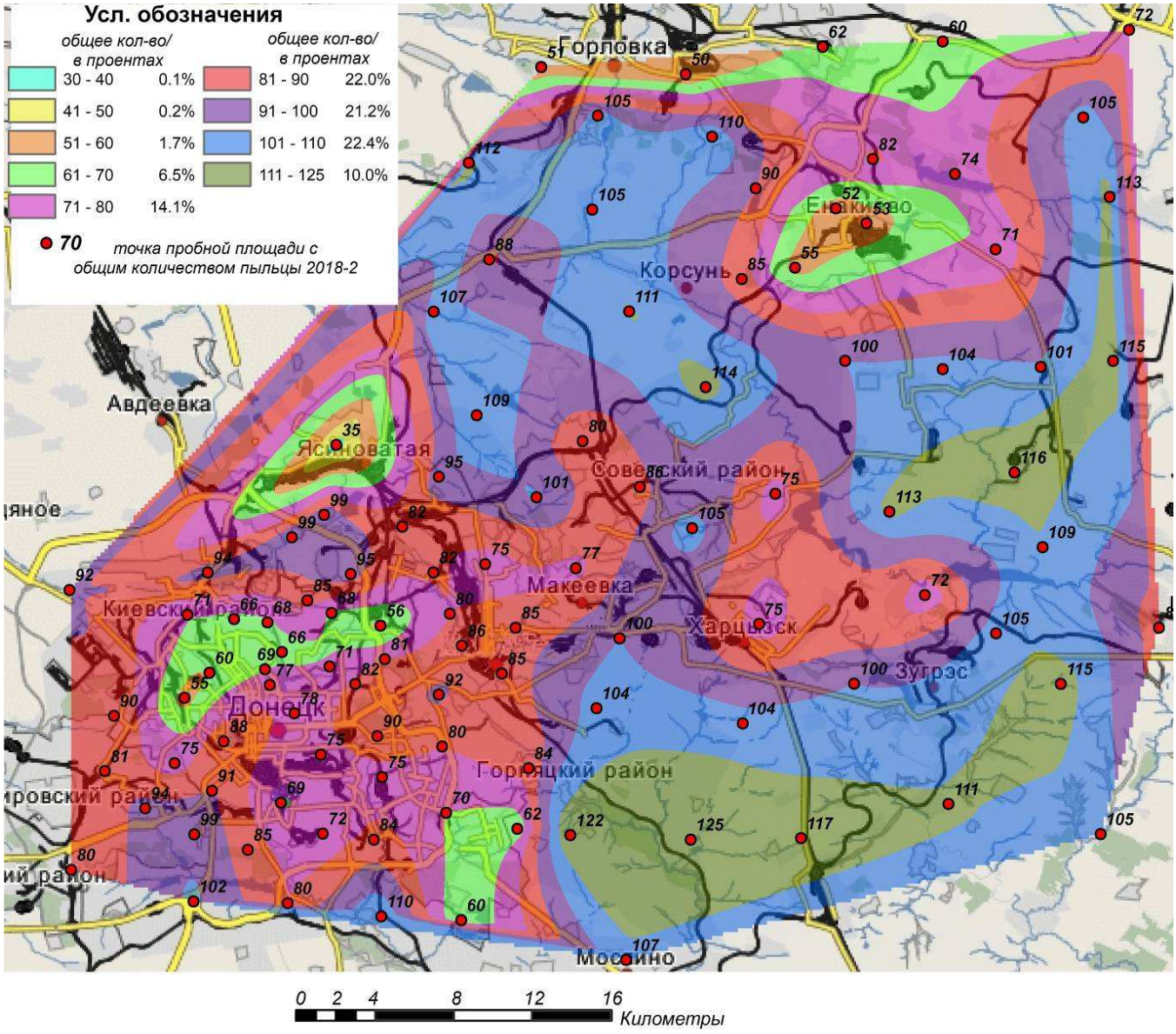

Рис. 2. Карта-схема распределения показателей концентрации пыльцевого материала в мониторинговом пространстве Центрального Донбасса (3-я декада августа 2018 г.)

Для визуализации палинологических характеристик в третьей декаде августа потребовалось ранжировать диапазон на 9 интервальных значений (см. рис. 2), что, в конечном счете, позволило построить более доступную для восприятия картографическую модель. При этом показатель нормальности распределения более типичен для периода конца лета (чем конца весны) 2018 г., поскольку максимальные количественные характеристики соответствуют срединным интервальным значениям (6-8). Тенденция большей палинозагрязненности на территории Центрального Донбасса сохраняется для зон с меньшей антропогенной трансформацией, однако это также свидетельствует о недостаточных санитарных мероприятиях по уходу за синантропной растительностью в регионе. Территории с наименьшими концентрациями пыльцевого материала в третьей декаде августа 2018 г. соответствуют урбанизированным экотопам и ландшафтам локальной трансформации в результате промышленной застройки.

Спектр доминирующих таксономических примеров по концентрации пыльцы характерен для родов (в порядке убывания): *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. По опасности аллергизации населения наибольшую угрозу представляют роды семейства Asteracea: *Ambrosia, Cyclachaena* и *Centaurea.*

Составленные карты (см. рис. 1, 2) позволяют также включить показатели по учету пыльцы в общую программу мониторинговых исследований в Донецком экономическом регионе. Такие сведения нуждаются в дальнейшем автоматизированном геоинформационном анализе динамики (сезонной или годовой) активности палинообъектов, а также их функционального состояния по структурным особенностям, например, при использовании показателя степени дефектности пыльцы индикаторных видов, выделении тератных форм и других характеристик.

Качественный анализ информации палинологического скрининга доказывает, что состояние среды по разным критериям может быть противоречиво для одних и тех же территорий – в этом блоке эксперимента максимально нежелательные эффекты для здоровья населения характерны участкам с минимальной токсической нагрузкой на экотопы, а также уровнем антропогенной трансформации геосистем в целом.

Выводы

Благодаря проведению полномасштабного скрининга по 113 пробным площадям в мониторинговом эксперименте количественные характеристики пыльцевого материала в приземном слое атмосферы на территории Центрального Донбасса сведены в единую картографическую визуализацию.

Ареалогически наибольшими показателями загрязнения воздуха пыльцевыми агентами характеризуются территории с меньшей антропогенной деятельностью в широком смысле и, соответственно, санитарными мероприятиями ухода за сорно-рудеральной растительностью с отмеченными тенденциями к синантропизации.

Наибольший таксономический спектр долевого участия в палинозагрязнении соответствует сорно-рудеральной фракции флоры региона с явным доминированием в поздневесенний период представителей семейств Poaceae и Brassicaceae, а в позднелетний период – семейства Asteracea.

Благодарности

Благодарим доцента кафедры геоинформатики и геодезии ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет» Екатерину Александровну Гермонову за помощь в создании картографического материала по полученным данным полевого эксперимента.

Работа выполнена в рамках научных тем 2018 и 2019 гг.: «Функциональная ботаника: экологический мониторинг, ресурсные технологии, фитодизайн» № 0117D000192 и «Диагностика природных и трансформированных экотопов по состоянию фитокомпонентов» № 0118 D 000017.

Список литературы

1. *Владимирова М. С., Сафонов А. И.* Характер эксплеренции *Ambrosia artemisiifolia* L. в условиях городской среды // Донецкие чтения 2016 : Образование, наука и вызовы современности : матер. I Междунар. науч. конф. (Донецк, 16–18 мая 2016 г.). Т. 1. Физ.-мат., техн. науки и экол. Донецк : Изд-во ЮФУ, 2016. С. 112–113.

2. *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 : матер. IV Междунар. науч. конф. (Донецк, 31 октября 2019 г.). Т. 2: Хим.-биол. науки. Донецк : Изд-во ДонНУ, 2019. С. 202–204.

3. *Глухов А. З., Сафонов А. И.* Экосистемное нормирование по данным фитоиндикационного мониторинга // Донецкие чтения 2016 : Образование, наука и вызовы современности : матер. I Междунар. науч. конф. (Донецк, 16–18 мая 2016 г.). Т. 1. Физ.-мат., техн. науки и экол. Донецк : Изд-во ЮФУ, 2016. С. 311–312.

4. *Дзюба О. Ф.* Тератоморфные пыльцевые зерна в современных и палиопалинологических спектрах и некоторые проблемы палиностратиграфии // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2007. № 2. С. 5–22.

5. *Елькина Н. А.* Состав и динамика пыльцевого спектра воздушной среды г. Петрозаводска : автореф. дис. ... канд. биол. наук. СПб., 2008. 24 с.

6. *Именитова А. С., Пупышева С. А., Жуйкова И. А.* Анализ таксономического состава и динамики аэропалинологического спектра Северо-Востока Русской равнины // Науч.-метод. электр. журн. «Концепт». 2016. Т. 15. С. 871–875.

7. *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.

8. *Мирненко Н. С.* Тератоморфы пыльцевых зёрен *Ambrosia artemisiifolia* L. селитебных территорий г. Донецка // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2017 а. № 1–2. С. 26–31.

9. *Мирненко Н. С.* Состояние пыльцевых зерен *Ambrosia artemisiifolia* L. и *Artemisia absinthium* L. в г. Донецке // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2017 б. № 3–4. С. 12–17.

10. *Мирненко Н. С.* Диагностика состояния экотопов Донецка по палинологическим данным *Betula pendula* Roth // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2018 а. № 1–2. С. 20–24.

11. *Мирненко Н. С.* Качество пыльцы *Diplotaxis muralis* (L.) DC. в условиях пгт. Новый свет Старобешевского района // Вестн. Донецкого нац. ун-та. Сер. А : Естеств. науки. 2018 б. № 3–4. С. 157–162.

12. *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 : матер. Междунар. науч. конф. студ. и молодых ученых (Донецк, 17–20 октября 2017 г.). Т. 2. Хим.-биол. науки. Донецк : Изд-во ДонНУ, 2017. С. 97–99.

13. *Ненашева Г. И.* Аэропалинологический мониторинг аллергенных растений г. Барнаула // Ин-т водн. и экол. проблем СО РАН. Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2013. 132 с.

14. *Осмонбаева К. Б.* Использование пыльцы растений в качестве тест-системы окружающей среды. Каракол, 2010. 147 с.

15. *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.

16. *Сафонов А. И.* Функциональная ботаника в Донбассе : экологический мониторинг, информационные ресурсные технологии, фитодизайн // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2017. № 1–2. С. 8–14.

17. *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.

18. *Сафонов А. И.* Тератогенез растений-индикаторов промышленного Донбасса // Разнообразие растительного мира. 2019 а. № 1 (1). С. 4–16. DOI: 10.22281/2686-9713-2019-1-4-16.

19. *Сафонов А. И.* Инвентаризация промышленных объектов Донбасса по фитоиндикационным критериям // Вестн. Донецкого нац. ун-та. Сер. А : Естеств. науки. 2019 б. № 1. С. 121–128.

20. *Сафонов А. И.* Экспертиза промышленных предприятий Донбасса по состоянию фитокомпонентов // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2019 в. № 1–2. С. 35–43.

21. *Сафонов А. И.* Коррекция фитоиндикационных критериев оценки среды в связи с микроклиматическими изменениями в Донбассе // Глобальные климатические изменения : региональные эффекты, модели, прогнозы : матер. Междунар. науч.-практ. конф. (Воронеж, 3–5 октября 2019 г.). Воронеж : Изд-во «Цифровая полиграфия», 2019 г. Т. 2. С. 166–167.

22. *Смирнов В. В., Боков Д. О., Морохина С. Л., Луферов А. Н.* Актуальные аспекты и специфика стандартизации полного аллергенного экстракта пыльцы березы // Бутлеровские сообщения. 2013. Т. 36, № 10. С. 13–20.

Safonov A. I., Mirnenko N. S. **Palynological screening in the monitoring program of Central Donbass.** – The indicator of pollen grains concentration in the surface layer of the atmosphere is used as the basis for the diagnostic criterion of the sanitary and ecological state of air in Donbass. Plant pollen was identified by quantitative and taxonomic characteristics. The difference in pollen concentration in the air was determined depending on the peaks of seasonal flowering (end of May and end of August 2018) at the monitoring points of the Central Donbass.

Key words: palynology, environmental monitoring, phytoindication, Donetsk, Donbass.

ФАУНА, ЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА ЖИВОТНОГО МИРА
FAUNA, ECOLOGY AND PROTECTION OF THE ANIMAL KINGDOM

УДК 595.794(477)

© **А. В. Амолин**

ОБЗОР ФАУНЫ ОС СЕМЕЙСТВ SCOLIIDAE, MUTILLIDAE, POMPILIDAE, VESPIDAE, SPHECIDAE, CRABRONIDAE (HYMENOPTERA: VESPOMORPHA) СЕВЕРНОГО ПРИАЗОВЬЯ

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»
283050, г. Донецк, ул. Щорса, 46; e-mail: a.amolin@mail.ru

Амолин А. В. **Обзор фауны ос семейств Scoliidae, Mutillidae, Pompilidae, Vespidae, Sphecidae, Crabronidae (Hymenoptera: Vespomorpha) Северного Приазовья.** – В статье приведен обзор фауны и экологии 6 семейств ос (Scoliidae, Mutillidae, Pompilidae, Vespidae, Sphecidae и Crabronidae) Северного Приазовья. Наиболее изученными являются осы-сколии (Scoliidae) – 7 видов из 3 родов и осы-веспиды (Vespidae) – не менее 45 видов ос-веспид из 21 рода и 3 подсемейств. Слабо изученными являются осы семейств Mutillidae, Sphecidae и Crabronidae. Практически неизученными остаются дорожные осы (Pompilidae), а также мелкие осы из семейств Dryinidae, Embolemidae и Bethylidae. К числу редких степных видов ос Северного Приазовья относятся: *Colpa galbula* (Pallas, 1771), *Krombeinella longicollis* (Tournier, 1889), *Smicromyrme triangularis* (Radoszkowski, 1865), *Lophopompilus samariensis* (Pallas, 1771), *Microdynerus microdynerus* (Dalla Torre, 1889), *Stenodynerus orenburgensis* (André, 1884), *Hemipterochilus bembeciformis* (F. Morawitz, 1867), *Brachyodynerus magnificus* (F. Morawitz, 1867), *Eumenes tripunctatus* (Christ, 1791), *Katamenes dimidiatus* (Brullé, 1832), *Sphex flavipennis* Fabricius, 1793, *Ammatomus rogenhoferi* (Handlirsch, 1888), *Cerceris tuberculata* (Villers, 1789), *Cerceris bicincta schultessi* Schletterer, 1889. Для сохранения биоразнообразия Северного Приазовья, включая фауну ос, необходимо проводить заповедание уникальных биоценозов Приазовья со всем комплексом живых организмов.

Ключевые слова: фауна, осы-сколии, осы-немки, дорожные осы, осы-веспиды, роющие осы, Северное Приазовье.

Введение

Территория Северного Приазовья расположена на юге Русской равнины, и являясь продолжением обширной Причерноморской низменности, в пределах Донбасса, охватывает территорию Приазовской низменной степи и Приазовской возвышенности. Сочетая в себе равнинные ландшафты приморских песчано-ракушечных кос с галофитными лугами и участками псаммофитных степей, а также ландшафты петрофитных типчаково-ковыльных степей, в прошлом занимавшие обширную площадь, территория Северного Приазовья имеет своеобразную энтомофауну, которая во многом отличается от более северных территорий Донецкой возвышенности. В настоящее время здесь доминируют урбо- и агроландшафты, представленные плантациями различных сельскохозяйственных культур в сочетании с искусственными лесополосами, сетью искусственных прудов и водохранилищ, поселками и городами. Естественные ландшафты, фрагментарно представленные на некоторых приморских косах, в долинах рек и на заповедных территориях (заповедники «Хомутовская степь» и «Каменные могилы») имеют незначительную территорию и, в большинстве своем, также подвержены антропогенному влиянию (пожары, сенокошение). В этой связи значение охраняемых территорий в Северном Приазовье очень важно для сохранения имеющегося здесь биоразнообразия.

Сведения о сколиоидных (Scolioidea), помпилоидных (Pompiloidea), веспоидных (Vespoidea) и апоидных (Apoidea) осах отдельных регионов Северного Приазовья можно найти в целом ряде статей, определителей насекомых и монографических сводках, например, в монографиях Д. М. Штейнберга и А. С. Лелея посвященных осам семейств Scoliidae [11] и Mutillidae [7], работах автора данной статьи [3, 4], статьях А. В. Шкуратова и В. А. Горобчишина по роющим осам [6, 9]. При этом следует отметить отсутствие

© **Амолин А. В., 2019**

обобщающих работ по указанным группам ос для всей территории Северного Приазовья и неравномерность в их изученности.

В этой связи основной целью данной статьи было провести предварительный обзор фауны ос семейств Scoliidae, Mutillidae, Pompilidae, Vespidae, Sphecidae и Crabronidae Северного Приазовья, как на основе имеющихся литературных данных, так и собственных многолетних исследований сколиоидных и веспоидных ос Донбасса. Частично результаты этих исследований уже ранее были опубликованы автором [1-5].

Материал и методы исследования

Исследования проводили в период с 1996 по 2018 гг. на территории 17 географических пунктов Северного Приазовья в границах Донецкой области. В частности, в период с 1996-2001 гг. – окр. г. Новоазовск, окр. пос. Мелекино, Азовское, Ялта в период с 2002-2005 – заповедник «Хомутовская степь», окр. пос. Безыменное, Мелекино, Раздольное, Бугас, Стыла, г. Докучаевска, в 2006-2010 гг. – заповедник «Каменные могилы», окр. пос. Урзуф, Белосарайская коса, Анадоль, пгт. Старобешево, в 2016-2017 гг. – заповедник «Хомутовская степь», пос. Седово, Кривая коса. При этом основным методом исследований был сбор ос при помощи энтомологического сачка, а также фотографирование имаго ос на цветках. Кроме этого применяли искусственные гнездовые конструкции (тростниковые пучки) для видов, гнездящихся в готовых полостях. Следует отметить, что основное внимание уделяли осам семейств Scoliidae и Vespidae. Кроме собственных сборов ос автором был обработан материал по осам-эвменинам, переданный коллегами-энтомологами (Мартынов В. В., Мартынова Е. В., Сергеев М. Е., Панченко А. А.) из различных точек Северного Приазовья, а также был изучен коллекционный материал Харьковского отделения УЭО и кафедры зоологии Южного Федерального университета (г. Ростов-на-Дону). Всего было изучено не менее 1600 экз. ос собранных на территории Северного Приазовья.

Названия большинства таксонов ос приведены в соответствие с Аннотированным Каталогом перепончатокрылых насекомых России [12]. Для некоторых видов указаны наиболее распространенные синонимичные названия.

Результаты и обсуждение

Ниже приводим фаунистический обзор 6 семейств ос с указанием видового состава для семейств Scoliidae и Vespidae, а также описанием стации гнездования для вида *Parabatozonus lacerticida* (Pallas, 1771) и сведений о встречаемости и обилии отдельных видов.

1. Семейство **Scoliidae – Сколиевые осы**

Осы-сколиии (Scoliidae) – относительно небольшое семейство паразитических ос, насчитывающее в мировой фауне более 560 видов из 43 родов [20]. Самки изученных видов ос-сколий охотятся на личинок пластинчатоусых жесткокрылых (Scarabaeoidea), которые живут в почве, при этом самка парализует жертву уколом жала, после чего откладывает на личинку жука свое яйцо. Личинки сколий являются специализированными энтомофагами (карниворoидами), развивающимися на личинках своих жертв.

Фауна ос-сколий Северного Приазовья насчитывает 7 видов из 3 родов: *Colpa galbula* (Pallas, 1771) [= *S. interrupta* Fabricius, 1781, *Colpa sexmaculata* (Fabricius, 1781)], *C. quinquecincta* (Fabricius, 1793), *Megascolia maculata* (Drury, 1773), *Scolia hirta* (Schrank, 1781), *S. sexmaculata* O.F. Müller, 1766 [= *S. quadripunctata* Fabricius, 1775], *S. quadricincta* (Scopoli, 1787) [= *S. dejeani* Vander Linden, 1829], *S. fuciformis* Scopoli, 1786 [= *S. insubrica* Rossi, 1790], что составляет 50% фауны ос-сколий Восточной Европы. К числу редких для фауны юга Русской равнины видов, отмеченных в Северном Приазовье, следует отнести сколию шеститочечную (*Colpa galbula*), обитающую, в пределах Донецкой области, на участке между г. Новоазовском и с. Самсоново. Вид малочислен и строго приурочен к псаммофитным степным участкам (рис. 1). Популяция этого вида, выявленная в окр. г. Новоазовска, является самой крупной на территории Донбасса. Кроме того, на

вышеуказанном участке, а также в прибрежной полосе между г. Новоазовском и пос. Седово, обитает ещё один псаммофильный вид – сколия желтоголовая (*S. quadricincta*). Личинки данного вида развиваются на личинках живущих здесь хрущей *Polyphyllo alba* L. и *Polyphylla fullo* L. Достаточно обычными видами являются *Megascolia maculata* и *Scolia hirta* (рис. 2). При этом вид *M. maculata* обитает в Северном Приазовье локально в селитебных ландшафтах (окрестности сел и городов), где приурочен к местам развития личинок жука-носорога (*Oryctes nasicornis* L.). Преимущественно в степных ландшафтах Приазовья отмечены виды *C. quinquecincta* и *S. fuciformis*.

А **Б**

Рис. 1. Характерные местообитания *Colpa galbula* в Северном Приазовье:
А – участок прибойного вала; Б – участок прибрежной псаммофитной степи (фото автора)

А **Б**

Рис. 2. Наиболее обычные в Северном Приазовье виды ос-сколий:
А – *Scolia hirta*; Б – *Megascolia maculata* (фото автора)

2. Семейство **Mutillidae – Осы-немки**

Относительно крупное семейство паразитических ос, насчитывающее в мировой фауне около 4300 видов из 216 родов [18]. Самки бескрылые, откладывают яйца на взрослых личинок (предкуколок) и куколок жалящих перепончатокрылых, реже жуков и мух [18]. В Северном Приазовье, как и по всему Донбассу, осы-немки относятся к слабо изученной группе, особенно в плане изученности экологии и биологии. На основе имеющихся литературных данных [7], а также собственных сборов здесь отмечено не менее 10 видов из 6 родов, однако эти цифры не отражают всей полноты изученности ос-немок Северного Приазовья. Среди редких для фауны юга Русской равнины видов, следует отметить находки *Krombeinella longicollis* (Tournier, 1889) и *Smicromyrme triangularis* (Radoszkowski, 1865),

известных из заповедника «Хомутовская степь» по литературным данным [7]. Относительно обычными видами являются: *Dasylabris maura* (L., 1758), *Nemka viduata* (Pallas, 1773), *Physetopoda halensis* (Fabricius, 1787), *Ronisia brutia* (Petagna, 1787), *Myrmilla caucasica* (Kolenati, 1846).

3. Семейство **Pompilidae – Дорожные осы**

Дорожные осы относятся к числу всесветно распространенных насекомых, насчитывающих в мировой фауне 4855 видов из 254 родов [19]. Характерной биологической особенностью этого семейства является тот факт, что самки всех изученных видов охотятся только на пауков, которые служат кормом для их личинок [19]. Парализованного жалом паука самка доставляет в гнездо и откладывает на его тело одно яйцо, после чего закрывает вход в гнездо. Гнезда строят в земле (в виде простых неразветвленных норок) или используют готовые полости в стеблях трав, некоторые виды строят лепные гнезда, из глины прикрепляя их к камням, ветвям, стволам и даже листьям растений. Все виды подсемейства Ceropalinae, а также виды рода *Evagetes* из подсемейства Pompilinae и рода *Poecilagenia* из подсемейства Pepsinae собственных гнезд не строят, а откладывают свои яйца на добычу других видов дорожных ос, являясь гнездовыми паразитами [19].

В Северном Приазовье дорожные осы хорошо представлены благодаря наличию здесь хорошо прогреваемых псаммофитных участков, а также степных участков и глиняных осыпей возле береговых обрывов. В тоже время фауна дорожных ос Северного Приазовья остается практически не изученной. Многие виды ос-помпилид предпочитают строить свои гнезда в песчаной почве, поэтому песчаные косы и узкая полоса пляжа на побережье Азовского моря, являются основным местом обитания псаммофильных видов. Из крупных, хорошо узнаваемых видов, следует отметить находки в окр. пос. Мелекино батазона ящеричного – *Parabatozonus lacerticida* (Pallas, 1771), сокращающего свою численность в Донецкой области вида, внесенного в Красную книгу Украины, а также находки на Белосарайской косе ещё более редкого аноплия самарского – *Lophopompilus samariensis* (Pallas, 1771) [=*Anoplius samariensis* (Pallas, 1771)].

Гнездование *P. lacerticida* было отмечено автором 26.06.2005 г. в 1,5 км к востоку от пос. Мелекино на приморских оползневых береговых обрывах. Наблюдаемая самка в качестве места для устройства гнезда выбрала небольшой ширины (около 3,5 м), хорошо освещенный участок глинистой осыпи, расположенный у подножия пятиметрового глиняного обрыва и граничащего с лугом, имеющим высокое проективное покрытие травостоя (около 90%). Растительный покров на гнездовом участке практически отсутствовал (встречались отдельные куртины латука татарского). Угол наклона поверхности гнездования составил около 45º. После полного окончания всего комплекса гнездостроительных и сопутствующих работ (рытья норки, охоты, провиантирования гнезда, откладки яйца) самка тщательно маскирует вход в гнездо. Элементы маскировки включали разбрасывание при помощи ног свежевыкопанной почвы, стаскивание к входу в гнездо сухих кусочков глины. По-видимому, устройство гнезда на открытых, лишенных растительного покрова участках является важной особенностью гнездовой биологии этого вида. Так как, по нашим наблюдениям, самка батазона доставляет свою добычу (паука) пятясь, все время задом по направлению к гнезду, таща добычу волоком по земле, и густая растительность, в этом случае, может оказаться существенной механической преградой для доставки провизии в гнездо. Кроме того, во время транспортировки добычи самка на разном расстоянии от гнезда (от полуметра и меньше) несколько раз бросает свою добычу и бежит по земле к своей норке, каждый раз заглядывая в нее (по-видимому, для подтверждения правильности своего движения) и затем вновь возвращается к добыче. При этом время поиска лежащей добычи сильно варьирует в зависимости от расстояния до гнезда. По нашему мнению, учитывая вышеуказанные особенности транспортировки добычи в гнездо, при гнездовании на участке с густым травостоем, существенно возросли бы время доставки добычи в гнездо, а также вероятность ее потери при доставке.

4. Семейство **Vespidae – Складчатокрылые осы**

Складчатокрылые осы насчитывают в мировой фауне 5274 вида из 256 родов и 6 подсемейств [13], при этом большая часть видов (3758 видов из 205 родов) относится к подсемейству Eumeninae [21]. Все осы-веспиды (кроме семейства Masaridae) являются энтомофагами и выполняют в наземных биоценозах целый ряд важных функций, в частности, регуляции численности многих видов насекомых. Например, имаго ос-эвменин (Eumeninae) запасают для питания своих личинок относительно широкий спектр гусениц листогрызущих и минирующих видов чешуекрылых (включая опасных вредителей садов и лесов), в меньшей степени личинок жесткокрылых (чаще Chrysomelidae и Curculionidae), а также ложногусениц перепончатокрылых насекомых (Tenthredinidae, Pamphiliidae, Diprionidae и Cimbicidae). Осы подсемейств Polistinae и Vespinae имеют еще больший рацион кормовых объектов. Являясь активными хищниками, они выкармливают собственных личинок пережеванными насекомыми, а также кусочками тщательно измельченного мандибулами свежего мяса падших млекопитающих (Vespinae).

По литературным данным и результатам собственных исследований в Северном Приазовье отмечено не менее 45 видов ос-веспид из 21 рода и 3 подсемейств (табл. 1).

Таблица 1

Видовой состав ос семейства Vespidae Северного Приазовья

Виды	Примечания
Подсемейство Eumeninae	
Discoelius dufourii Lepeletier, 1841	заповедник «Хомутовская степь»
Discoelius zonalis (Panzer, 1801)	заповедник «Каменные могилы»
Hemipterochilus bembeciformis (F. Morawitz, 1867)*	[15] (umgegend von St. Berdjansk)
Brachyodynerus magnificus (F. Morawitz, 1867)	приморские районы Запорожской области
Odynerus melanocephalus (Gmelin, 1790)	заповедник «Хомутовская степь»
Pterocheilus phaleratus (Panzer, 1797)	заповедник «Хомутовская степь», дельта Дона
Alastor mocsaryi (André, 1884)	окр. пос. Урзуф
Microdynerus microdynerus (Dalla Torre, 1889)	редкий степной вид, отмеченный автором только на охраняемых территориях
Microdynerus longicollis F. Morawitz, 1895	заповедник «Хомутовская степь»
Microdynerus parvulus (Herrich-Schaeffer, 1838)	заповедник «Хомутовская степь»
Leptochilus alpestris (de Saussure, 1855)	заповедник «Хомутовская степь»
Stenodynerus bluethgeni van der Vecht, 1971	повсеместно обычный вид
Stenodynerus chevrieranus (de Saussure, 1855)	повсеместно обычный вид
Stenodynerus clypeopictus (Kostylev, 1940)	окр. г. Новоазовск
Stenodynerus orenburgensis (André, 1884)	редкий степной вид, приуроченный к зональным степным ландшафтам;
Stenodynerus steckianus (Schulthess, 1897)	широко распространен в степных биотопах
Antepipona deflenda (S. S. Saunders, 1853)	заповедники «Хомутовская степь» и «Каменные могилы», окр. с. Раздольное
Parodontodynerus ephippium (Klug, 1817)	заповедники «Хомутовская степь» и «Каменные могилы», окр. с. Златоустовка
Allodynerus delphinalis (Giraud, 1866)	заповедник «Хомутовская степь», окр. г. Новоазовск
Allodynerus rossii (Lepeletier, 1841)	заповедник «Хомутовская степь» (инкубация из тростниковых пучков)

Виды	Примечания
Pseudepipona herrichii (de Saussure, 1856)	заповедник «Хомутовская степь», окр. с. Раздольное
Euodynerus dantici (Rossi, 1790)	широко распространен
Euodynerus notatus (Jurine, 1807)	пос. Мелекино, г. Мариуполь
Euodynerus posticus (Herrich-Schaeffer, 1841)	г. Мариуполь
Ancistrocerus auctus (Fabricius, 1793)	заповедники «Хомутовская степь» и «Каменные могилы», пос. Кременевка
Ancistrocerus gazella (Panzer, 1798)	обычный вид
Ancistrocerus parietinus (L., 1761)	заповедники «Хомутовская степь» и «Каменные могилы», пгт. Старобешево, пос. Стыла, окр. пос. Седово
Ancistrocerus parietum (L., 1758)	заповедник «Хомутовская степь»
Symmorphus bifasciatus (L., 1761)	заповедник «Каменные могилы»
Symmorphus gracilis (Brullé, 1832)	с. Обрыв, окр. с. Анадоль, с. Раздольное
Eumenes coarctatus lunulatus (Fabricius, 1804)	самый многочисленный, широко распространенный подвид
Eumenes mediterraneus Kriechbaumer, 1879	г. Мариуполь, окр. пос. Седово
Eumenes papillarius (Christ, 1791)	заповедник «Хомутовская степь»
Eumenes pedunculatus (Panzer, 1799)	заповедник «Каменные могилы»
Eumenes pomiformis (Fabricius, 1781)	заповедник «Каменные могилы», пгт. Старобешево, с. Раздольное
Eumenes sareptanus André, 1884	обычный вид в степных ландшафтах Приазовья
Eumenes subpomiformis Blüthgen, 1938	окр. с. Раздольное
Eumenes tripunctatus (Christ, 1791)	Запорожская область (коса Бирючий остров), в настоящее время в Донецкой области не отмечен
Katamenes dimidiatus (Brullé, 1832)	заповедники «Хомутовская степь» и «Каменные могилы»
Подсемейство Polistinae	
Polistes dominula (Christ, 1791)	селитебные городские и сельские ландшафты
Polistes gallicus (L., 1767)	повсеместно в степных ландшафтах
Polistes nimpha (Christ, 1791)	-
Подсемейство Vespinae	
Vespa crabro L., 1758	малочисленный вид
Vespula germanica (Fabricius, 1793)	повсеместно обычный вид
Vespula vulgaris (L., 1758)	-

Примечание. * – виды, известные только по литературным данным.

При этом 39 видов из 18 родов относятся к подсемейству Eumeninae, что составляет 66,1% региональной фауны ос-эвменин. Следует отметить, что по нашим оценкам фауна ос-эвменин Северного Приазовья включает не менее 47 видов. Здесь весьма вероятны находки некоторых средиземноморских и евроазиатских степных видов и подвидов, например, *Tropidodynerus interruptus* (Brullé, 1832), *Odynerus albopictus calcaratus* (Morawitz, 1885), древнесредиземского полупустынно-степного *Eustenancistrocerus amadanensis* (de Saussure, 1855), которые известны для других регионов Донбасса [3, 16]. Среди редких степных видов следует отметить находки на охраняемых территориях *Stenodynerus orenburgensis* и *Microdynerus microdynerus*. В заповеднике «Хомутовская степь» обитает редкий для фауны Донбасса средиземноморский вид *Leptochilus alpestris,* самки которого строят свои гнезда в пустых раковинах моллюсков [3]. К числу обычных видов среди ос-эвменин следует отнести

Stenodynerus bluethgeni, *S. chevrieranus*, *Euodynerus dantici* (рис. 3, А), *Ancistrocerus gazella*, *Eumenes coarctatus lunulatus*, *E. sareptanus* (рис. 3, Б). Следует отметить, что на территории Северного Приазовья, по сравнению с районами Донецкой возвышенности, закономерно возрастает численность некоторых средиземноморских видов, например, таких видов как *Euodynerus posticus*, *Eumenes mediterraneus*, *Parodontodynerus ephippium* и снижается численность лесных видов (*Symmorphus bifasciatus*, *Eumenes pedunculatus*). При этом некоторые лесные виды или вовсе не отмечены здесь, например, *Symmorphus murarius* (L., 1758), *S. crassicornis* (Panzer, 1798), *Ancistrocerus trifasciatus* (Müller, 1776), *Eumenes coronatus* (Panzer, 1799) или приурочены к селитебным городским и сельским ландшафтам и поймам рек с развитой древесно-кустарниковой растительностью, например, *Discoelius dufourii*, *D. zonalis*, *Vespa crabro*, *Vespula vulgaris*.

А **Б**

Рис. 3. Некоторые из обычных, фоновых видов ос-эвменин Северного Приазовья:
А – *Euodynerus dantici*; Б – *Eumenes sareptanus* (фото И. Н. Оголя)

5. Семейство **Sphecidae – Роющие осы-сфециды**

Роющие осы-сфециды насчитывают в мировой фауне 779 видов из 19 родов [17]. Самки гнездятся в почве (при этом самостоятельно выкапывают гнездовой ход), в готовых полостях или строят свободные лепные гнезда из влажной глинистой почвы (*Sceliphron*). В качестве добычи виды родов *Podalonia*, *Ammophila* запасают в свои гнезда гусениц бабочек, виды родов *Sphex*, *Palmodes*, *Prionyx* – различных прямокрылых, а виды родов *Chalybion*, *Sceliphron* – пауков. При этом добыча обязательно парализуется одним или несколькими уколами жала в нервные узлы [8]. Взрослые осы питаются нектаром энтомофильных растений (рис. 4).

На территории Северного Приазовья, включая юг Донецкой области, это семейство остается слабо изученным. По данным В. А. Горобчишина для Обиточной косы (Запорожская обл.) отмечено 5 видов из 4 родов ос данного семейства [6]. Среди них два краснокнижных вида – *Sphex flavipennis* Fabricius, 1793 и *Sphex funerarius* Gussakovskij, 1934. Для соседней Ростовской области РФ А. В. Шкуратов приводит 21 вид роющих ос-сфецид из 6 родов [9], при этом в данной работе указывается также ряд видов для Донбасса. В частности, для заповедника «Хомутовская степь» им приводится редкий вид *Sphex flavipennis* Fabricius, 1793, а также редкий для фауны юга Русской равнины вид *Palmodes strigulosus* (A. Costa, 1858). К числу обычных на исследуемой территории видов ос-сфецид следует отнести *Ammophila sabulosa* (L., 1758), *A. heydeni* Dahlbom, 1845, *Sphex funerarius* Gussakovskij, 1934 (рис. 4, А), *Sceliphron destillatorium* (Illiger, 1807) (рис. 4, Б). Гнезда последнего вида нами обнаружены в населенных пунктах, в нишах глиняных приморских береговых обрывов, под автомобильными мостами.

А Б

Рис. 4. Некоторые виды ос-сфецид Северного Приазовья:
А – *Sphex funerarius*; Б – *Sceliphron destillatorium* (фото И. Н. Оголя)

6. Семейство **Crabronidae – Роющие осы-крабониды**

Одно из самых крупных, всесветно распространенных семейств ос, насчитывающее в мировой фауне около 8900 видов из 250 родов и 8 подсемейств [14]. В отличие от роющих ос-сфецид, среди ос-крабронид нет видов строящих свободные лепные гнезда. Эти осы гнездятся в почве, стеблях растений с мягкой сердцевиной, самостоятельно выгрызая гнездовой ход, а также заселяют готовые полости. Для выкармливания личинок самки запасают в гнезда различных насекомых и пауков. Виды некоторых родов паразитируют в гнездах других роющих ос (*Brachystegus*, *Nysson*, *Stizoides*) [14]. Имаго – антофилы, питающиеся нектаром цветковых растений (рис. 5).

В Донбассе семейство Crabronidae остается слабо изученным. Некоторые сведения из соседних регионов имеются в вышеуказанных работах В. А. Горобчишина и А. В. Шкуратова, а также в статье К. И. Шоренко и С. В. Коновалова [10]. В частности, для Обиточной косы В. А. Горобчишин приводит 28 видов из 14 родов [6]. Для Приазовской низменности в границах Ростовской области РФ А. В. Шкуратов указывает не менее 111 видов из 33 родов [9]. Среди выявленных этим автором видов, следует отметить находки ряда степных видов на территории заповедника «Хомутовская степь», например, *Cerceris bracteata* Eversmann, 1849, *C. flavilabris* (Fabricius, 1793), *C. tenuivittata* Dufour, 1849, *C. ruficornis* (Fabricius, 1793),

К числу облигатных псаммофильных видов ос-крабронид относятся, например, хорошо узнаваемые, благодаря относительно крупным размерам своего тела и стремительному, резкому полету, осы-бембексы, охотящиеся на крупных мух, включая кровососущих слепней. Осы-бембиксы представлены в Северном Приазовье пятью псаммофильными видами (*Bembix bidentata* van der Linden, 1829, *B. megerlei* Dahlbom, 1845, *B. oculata* Panzer, 1801 (рис. 5, А), *B. olivacea* Fabricius, 1787, *B. rostrata* (L., 1758).

К числу облигатных псаммофилов относится также *Bembecinus tridens* (Fabricius, 1781), а также некоторые виды родов *Tachysphex* и *Oxybelus*. При этом *B. olivacea* достаточно редкий вид, рекомендованный к занесению в Красную книгу Донецкой Народной Республики. Из числа видов занесенных в Красную книгу Украины, следует отметить находки *Larra anathema* (Rossi, 1790) (участки галофитных лугов в окр. г. Новоазовска). Кроме того, в Северном Приазовье нами отмечен целый ряд редких степных и средиземноморских видов, например, *Ammatomus rogenhoferi* (Handlirsch, 1888) (окр. пос. Урзуф), *Cerceris tuberculata* (Villers, 1789) (окр. с. Раздольное), *Cerceris bicincta schultessi* Schletterer, 1889 (заповедник «Хомутовская степь»).

А Б

Рис. 5. Некоторые из обычных в Северном Приазовье видов роющих ос-кабронид:
А – *Bembix oculata*; Б – *Philanthus triangulum* (фото И. Н. Оголя)

Таким образом, из шести вышеуказанных семейств ос, наиболее изученными в Северном Приазовье являются осы-сколии (Scoliidae) и осы-веспиды (Vespidae). Весьма перспективными группами для эколого-фаунистического изучения являются дорожные осы (Pompilidae), роющие осы-краброниды (Crabronidae), а также мелкие осы из семейств Dryinidae, Embolemidae и Bethylidae. Кроме того, остаются слабо изученными вопросы стациального распределения ос, их трофические связи, а также биология гнездования.

Сохранение биоразнообразия Северного Приазовья, включая фауну жалоносных перепончатокрылых, в первую очередь зависит от сохранности биоценозов этой территории, и в этом отношении процесс заповедания должен включать мероприятия, направленные на охрану уникальных биоценозов Приазовья со всем комплексом живых организмов.

Благодарности

Автор выражает глубокую благодарность специалистам-энтомологам: В. В. Мартынову, Е. В. Мартыновой, М. Е. Сергееву, А. А. Панченко за переданный материал по осам с территории Северного Приазовья, И. Н. Оголю – за фото ос, а также М. А. Филатову (Харьковский национальный аграрный университет им. В. В. Докучаева) за оказанную возможность работать с коллекцией Харьковского отделения УЭО.

Список литературы

1. *Амолин А. В.* Аннотированный список ос-сколий (Hymenoptera: Scoliidae) Донецкой области // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона : межвед. сб. науч. работ. Донецк : ДонНУ, 2005 а. Вып. 5. С. 79–83.

2. *Амолин А. В.* Некоторые особенности фауны и гнездовой биологии жалоносных перепончатокрылых (Hymenoptera: Aculeata) отделения Украинского степного природного заповедника «Хомутовская степь» // Экология и фауна юго-востока Украины : сб. науч. тр. Донецк : ДонНУ, 2005 б. Вып. 5. С. 34–36.

3. *Амолин А. В.* Эколого-фаунистический обзор ос подсемейства Eumeninae (Hymenoptera : Vespidae) Юго-Восточной Украины. Донецк : ДонНУ, 2009. 123 с.

4. *Амолин А. В.* К изучению фауны ос-эвменин (Hymenoptera : Vespidae : Eumeninae) заповедника «Каменные могилы» // Кам’яні могили – минуле та сучасність : матер. наук.-практ. конф., присв. 85-річчю відділення Укр. степ. прир. запов. НАН України. Донецьк, 2012. Вип. 2, ч. 1. С. 209–216.

5. *Амолин А. В.* Находки некоторых редких видов ос (Hymenoptera : Bethylidae, Sapygidae, Scoliidae, Tiphiidae, Mutillidae, Pompilidae, Vespidae, Sphecidae, Crabronidae) на

территории Донецкой и Луганской областей // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2016. № 1–2. С. 25–33.

6. *Горобчишин В. А.* Риючі оси (Hymenoptera, Sphecidae) заказника «Обиточна коса» // Сучасні проблеми зоологічної науки. «Наукові читання, присвячені 170-річчю заснування кафедри зоології та 100-річчю з дня народження професора О. Б. Кістяківського» : матер. Всеукр. наук. конф. (Київ–Канів, 16–18 вересня 2004 р.). К. : КНУ, 2004. С. 33–34.

7. *Лелей А. С.* Осы-немки (Hymenoptera, Mutillidae) фауны СССР и сопредельных стран. Л. : Наука, 1985. 268 с.

8 *Немков П. Г.* Секция Spheciformes – Роющие осы / Аннотированный каталог насекомых Дальнего Востока России. Т. I. Перепончатокрылые. Владивосток : Дальнаука, 2012. С. 433–448.

9. *Шкуратов А. В.* Роющие осы (Hymenoptera : Sphecidae) Ростовской области и прилегающих территорий // Изв. Харьковского энтом. общ-ва. 2003 (2004). Т. XI, вып. 1–2. С. 70–85.

10. *Шоренко К. И., Коновалов С. В.* Новые данные о роющих осах (Hymenoptera : Ampulicidae, Sphecidae, Crabronidae) фауны Украины // Укр. ентомофауністика. 2010. № 1 (2). С. 9–32.

11. *Штейнберг Д. М.* Сем. Сколии (Scoliidae) / Фауна СССР. Т. 13. М.–Л. : Изд-во АН СССР, 1962. 186 с.

12. Annotated Catalogue of the Hymenoptera of Russia. Vol. 1. Symphyta and Apocrita : Aculeata / Edit. by S. A. Belokobylskij, A. S. Lelej. Saint-Peterburg, 2017. P. 147–148.

13. *Antropov A. V., Fateryga A. V.* Family Vespidae / Annotated Catalogue of the Hymenoptera of Russia. Vol. I. Symphita and Apocrita : Aculeata / Edit. by S. A. Belokobylskij, A. S. Lelej. Saint-Peterburg, 2017. Suppl. № 6. P. 175–177.

14. *Antropov A. V.* Family Crabronidae – Crabronid Digger wasps / Annotated Catalogue of the Hymenoptera of Russia. Vol. 1. Symphyta and Apocrita : Aculeata / Edit. by S. A. Belokobylskij, A. S. Lelej. Saint-Peterburg, 2017. Suppl. № 6. P. 217.

15. *Bialynicki-Birula A.* Ein Beitrag zur Kenntnis der palaearktischer Hoplomerus-Arten (Hymenoptera–Diploptera) // Bulletin de I'Acad, Sci. I'URSS. 1926. VI serie, T. XX, № 10–11. S. 885–906.

16. *Blüthgen P.* Die Faltenwespen Mitteleuropas (Hymenoptera, Diploptera). Berlin : Akademie-Verlag, 1961. 247 s.

17. *Danilov Yu. N.* Family Sphecidae – Sphecid digger wasps / Annotated Catalogue of the Hymenoptera of Russia. Vol. I. Symphita and Apocrita : Aculeata / Edit. by S. A. Belokobylskij, A. S. Lelej. Saint-Peterburg, 2017. Suppl. № 6. P. 212.

18. *Lelej A. S.* Family Mutillidae – Velvet ants / Annotated Catalogue of the Hymenoptera of Russia. Vol. I. Symphita and Apocrita : Aculeata / Edit. by S. A. Belokobylskij, A. S. Lelej. Saint-Peterburg, 2017. Suppl. № 6. P. 152–158.

19. *Loktionov V. M., Lelej A. S.* Family Pompilidae – Spider wasps / Annotated Catalogue of the Hymenoptera of Russia. Vol. I. Symphita and Apocrita : Aculeata / Edit. by S. A. Belokobylskij, A. S. Lelej. Saint-Peterburg, 2017. Suppl. № 6. P. 407–414.

20. *Mokrousov M. V., Lelej A. S.* Family Scoliidae / Annotated Catalogue of the Hymenoptera of Russia. Vol. I. Symphita and Apocrita : Aculeata / Edit. by S. A. Belokobylskij, A. S. Lelej. Saint-Peterburg, 2017. Suppl. № 6. P. 147–148.

21. *Perrard A., Grimaldi D., Carpenter J. M.* Early lineages of Vespidae (Hymenoptera) in Cretaceous amber // Systematic Entomology. 2017. Vol. 42 (2). P. 379–386.

***Amolin A. V.* A review of fauna of Scoliidae, Mutillidae, Pompilidae, Vespidae, Sphecidae, Crabronidae (Hymenoptera: Vespomorpha) of the Northern Azov Region.** – The article gives a review of fauna and ecology of 6 families of wasps (Scoliidae, Mutillidae, Pompilidae, Vespidae, Sphecidae, Crabronidae) of the Northern Azov Region. The most studied are mammoth wasps (Scoliidae) – 7 species from 3 genera and vespid wasps (Vespidae) – at least 45 species from 21 genera and 3 subfamilies. The wasps of the families Mutillidae, Sphecidae and Crabronidae are poorly studied. Road wasps (Pompilidae), as well as small wasps from the Dryinidae, Embolemidae and Bethylidae families,

remain largely unexplored. The following species of *Colpa galbula* (Pallas, 1771), *Krombeinella longicollis* (Tournier, 1889), *Smicromyrme triangularis* (Radoszkowski, 1865), *Lophopompilus samariensis* (Pallas, 1771), *Microdynerus microdynerus* (Dalla Torre, 1889), *Stenodynerus orenburgensis* (André, 1884), *Hemipterochilus bembeciformis* (F. Morawitz, 1867), *Brachyodynerus magnificus* (F. Morawitz, 1867), *Eumenes tripunctatus* (Christ, 1791), *Katamenes dimidiatus* (Brullé, 1832), *Sphex flavipennis* Fabricius, 1793, *Ammatomus rogenhoferi* (Handlirsch, 1888), *Cerceris tuberculata* (Villers, 1789), *Cerceris bicincta schultessi* Schletterer, 1889 are among the rare steppe species of wasps of the Northern Azov Region. To preserve the biodiversity of the Northern Azov Region, it is necessary to protect the unique biocenoses of this region.

Key words: fauna, Scoliidae, Mutillidae, Pompilidae, Vespidae, Sphecidae, Crabronidae, Northern Azov Region.

УДК 595.762.12

© **Е. Ю. Савченко**

ЖУЖЕЛИЦЫ (COLEOPTERA: CARABIDAE) БООПТРЗ «ХОМУТОВСКАЯ СТЕПЬ – МЕОТИДА»

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»
283050, г. Донецк, ул. Щорса, 46; e-mail: katrinsavchenko@mail.ru

***Савченко Е. Ю.* Жужелицы (Coleoptera: Carabidae) БООПТРЗ «Хомутовская степь – Меотида».** – Изучена структура карабидофауны БООПТРЗ «Хомутовская степь – Меотида», выявлен видовой состав и степень видового сходства исследуемых стационаров, изучен состав доминантных группировок и сезонная динамика жужелиц района исследований. Полученные данные могут быть использованы в комплексном экологическом мониторинге, для оценки биологического разнообразия и степени антропогенной трансформации.

Ключевые слова: жужелицы, сезонная динамика, доминанты.

Введение

Жужелицы представляют собой одно из самых крупных и экологически разнообразных семейств жесткокрылых, число видов Carabidae в мировой фауне по разным оценкам составляет от 25000 до 50000, в том числе в России и сопредельных странах на данный момент известно более 3000 видов [3]. Представители семейства Carabidae обладают широкой экологической пластичностью, различаются по способам питания, занимаемым ярусам, местообитаниям, сезонной и суточной активности, а кроме того, жужелицы довольно чувствительны к антропогенной нагрузке. Все эти факторы определяют значение жужелиц как важнейшего компонента сообществ целинных и антропогенных ценозов, играющих огромную роль в поддержании природного гомеостаза [1, 11].

Целью нашей работы было проведение эколого-фаунистического анализа жужелиц БООПТРЗ «Хомутовская степь – Меотида», что включало в себя выявление видового состава и сравнение степени видового сходства, анализ доминантных группировок и сезонной динамики.

Биосферная особо охраняемая природная территория республиканского значения «Хомутовская степь – Меотида» была создана на землях Новоазовского и Тельмановского районов в 2015 г. и объединила в себе заповедник «Хомутовская степь» и РЛП «Меотида», суммарная площадь территории составила 16551,78 га [2]. Отделение «Хомутовская степь» представляет собой южный вариант разнотравно-типчаково-ковыльных степей и является крупнейшим целинным степным участком в Приазовье. «Меотида» расположена в прибрежной полосе Азовского моря, на ее территории охраняются типовые и уникальные природные комплексы и объекты Азовского моря.

Фауна жужелиц района исследований на данный момент изучена весьма неравномерно. Видовой состав жужелиц «Хомутовской степи» приводился в отдельных работах, касающихся либо фауны жесткокрылых заповедника [7], либо в работах по изучению мезофауны в целом [9] и герпетобионтов в частности [10]. На данный момент указан 41 вид из 26 родов [9]. Приводились также сведения о редких и исчезающих видах [6]. Что касается «Меотиды», нам известна одна работа, представляющая собой очерк о жужелицах рода *Carabus* L., 1758, включающий сведения о 10 видах [5]. Наши исследования позволят расширить данные о видовом составе и эколого-фаунистических характеристиках жужелиц района исследований.

Материал и методы исследования

Сборы проводились с апреля по сентябрь 2016 г. в БООПТРЗ «Хомутовская степь – Меотида», а также в окрестностях пос. Седово и г. Новоазовск. Программа исследований включала постановку на избранных стационарах почвенных ловушек Барбера в пики наибольшей сезонной активности насекомых (май, июль, сентябрь).

© **Савченко Е. Ю., 2019**

В качестве почвенных ловушек Барбера применялись пластмассовые стаканчики емкостью 0,25 л и диаметром 65 мм, заполненные на 1/3 фиксирующей жидкостью (4% раствор формалина). Ловушки устанавливались по 20 штук через 1 м одновременно во всех стационарах с экспозицией в 7 дней (140 ловушко-суток на стационар ежемесячно).

В «Хомутовской степи» в качестве стационаров было выбрано пять участков с различной степенью охраны: участок абсолютно заповедной степи (АЗС), выпасаемый участок, периодически косимый участок (ПКУ), терновник и лесополоса в охранной зоне (лесополоса ХС).

На территории «Меотиды» были установлены почвенные ловушки Барбера на следующих стационарах: 1) «прибрежный» сосняк (усыхающее искусственное насаждение *Pinus sylvestris* на берегу моря); 2) ракушечно-песчаная степь; 3) солончак; 4) галофильный луг; 5) «материковый» сосняк (сомкнутое искусственное насаждение *Pinus sylvestris*, расположенное вдоль трассы при подъезде к пос. Седово); 6) лесополоса (с преобладанием *Acer* spp. – лесополоса М); 7) степной склон.

Систематика семейства Carabidae приведена в соответствии с каталогом О. Л. Крыжановского и др. [4, 12]. Определение жужелиц велось по «Определителю Европейской части СССР» [8].

Для сравнения количественных характеристик применяли показатель индекса доминирования по шкале Ренконена [13], где E – эудоминант или супердоминант (более 50%), D – доминант (от 5% и выше), SD – субдоминант (от 2 до 5%), R – рецедент (1–2%), SR – субрецедент (менее 1%).

Для оценки видового сходства применялся кластерный анализ с использованием компьютерной программы Past3.

Результаты и обсуждение

В качестве общепринятых показателей фауны любой территории выступают численность, видовой состав и структура доминирования.

Наибольшая численность и динамическая плотность карабид отмечалась на периодически косимом участке (соответственно 474 экз. и 7,2 экз. на 10 ловушко-суток). Наименьшим показателем уловистости обладал «материковый» сосняк: 60 экз. и 1,4 экз. на 10 ловушко-суток (рис. 1).

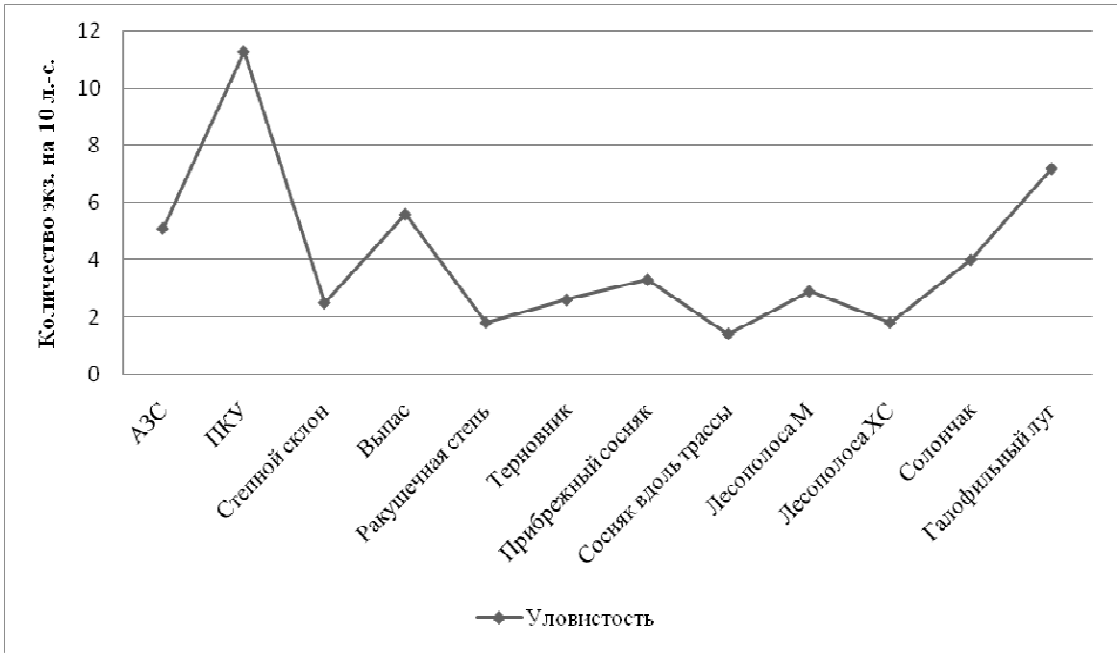

Рис. 1. Уловистость жужелиц исследованных стационаров БООПТРЗ «Хомутовская степь – Меотида»

Всего за период исследований было отловлено и идентифицировано 2073 экз. имаго жужелиц 53 видов, относящихся к 29 родам.

Самыми многочисленными по количеству видов являются рода: *Harpalus* Latreille, 1802 (6 видов), *Poecilus* Bonelli, 1810 (4 вида), *Calathus* Bonelli, 1810 (4 вида), *Carabus* L., 1758 (4 вида), *Pogonus* Dejean, 1822 (3 вида), *Brachinus* F.Weber, 1801 (3 вида).

Наибольшее количество видов было зарегистрировано на периодически косимом участке (22), наименьшее – в ракушечной степи (8) (рис. 2).

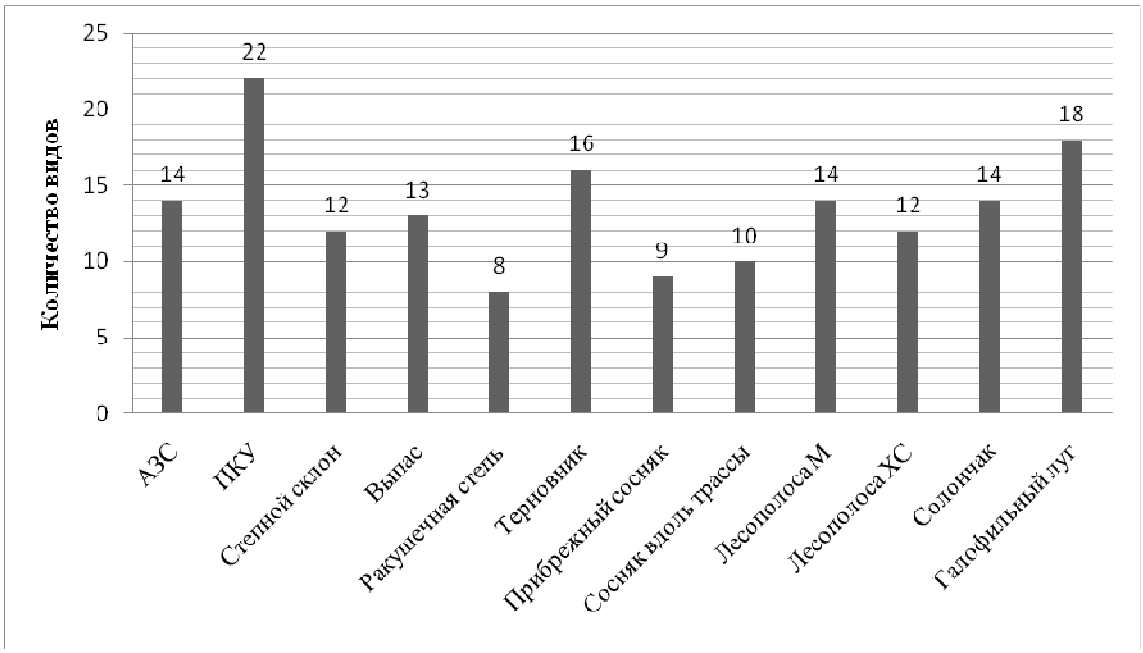

Рис. 2. Видовой состав и биотопическое распределение жужелиц исследуемых стационаров БООПТРЗ «Хомутовская степь – Меотида»

Наиболее заметны различия между стационарами на уровне видового сходства (рис. 3). Изучаемые стационары можно разделить на несколько групп по степени видового сходства: участки с засоленной почвой (солончак и галофильный луг), древесные насаждения (прибрежный сосняк, «материковый» сосняк, расположенный вдоль трассы, и лесополосы в «Хомутовской степи» и в пос. Седово), степные участки с разнотравно-типчаково-ковыльной растительностью (участок абсолютно заповедной степи и выпасаемый участок), степные участки, подверженные периодическому выкашиванию (ПКУ) с кустарниковой растительностью (терновник), степные участки с различным типом растительного и почвенного покрова (степной склон и ракушечно-песчаная степь).

Стоит отметить тот факт, что для каждого участка характерен свой комплекс доминантных видов. В доминантную группировку входят 23 вида, из них 10 доминируют более чем на двух участках. Остальные виды являются доминантами только на одном-двух участках. Для некоторых видов присуща избирательность по отношению к местам обитания. Так, например, для участков с древесными насаждениями характерно высокое доминирование *Calathus fuscipes* (Goeze, 1777), который здесь входит в категорию супердоминантов. В то же время *Zabrus spinipes* (Fabricius, 1798) предпочитает степные участки.

В целом, можно отметить равномерность распределения различных категорий (эудоминанты, доминанты, субдоминанты, рецеденты, субрецеденты) на исследованных участках. Супердоминирования только одного вида на одном участке не наблюдалось – наряду с эудоминантами присутствовали и другие доминирующие виды, что может говорить о слабой степени антропогенной нагрузки (табл. 1).

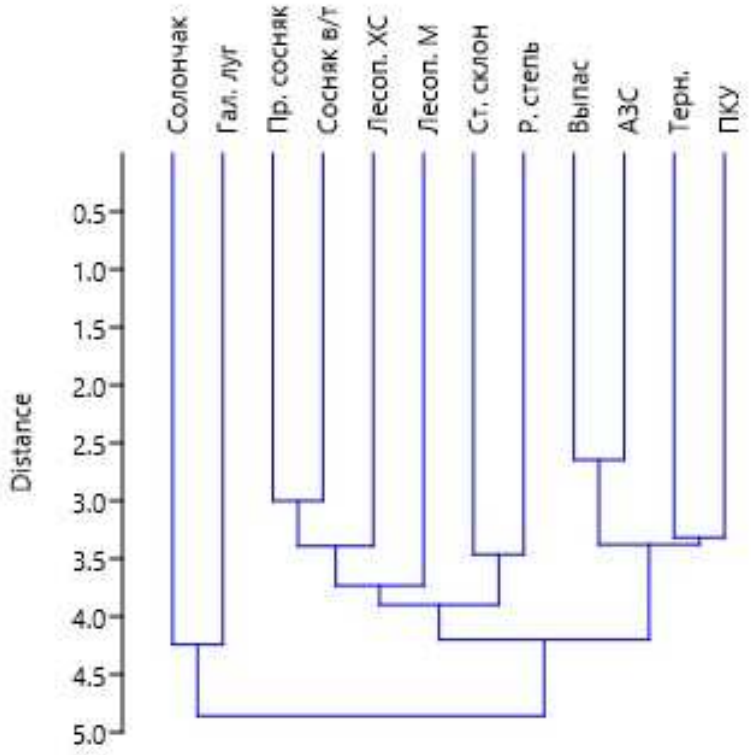

Рис. 3. Дендрограмма степени видового сходства жужелиц исследованных стационаров БООПТРЗ «Хомутовская степь-Меотида»

Таблица 1

Структура доминантных группировок исследованных стационаров БООПТРЗ «Хомутовская степь – Меотида»

	1	2	3	4	5
Эудоминант	1	–	1	3	–
Доминант	8	12	7	14	10
Субдоминант	4	9	2	9	6
Рецедент	4	4	3	10	5
Субрецедент	10	13	7	9	11

Примечание: 1 – степные участки с разнотравно-типчаково-ковыльной растительностью (выпас и АЗС); 2 – степные участки, подверженные периодическому выкашиванию (ПКУ) с кустарниковой растительностью (терновник); 3 – степные участки с различным типом растительного и почвенного покрова (степной склон и ракушечная степь); 4 – участки с древесными насаждениями (сосняки и лесополосы); 5 – участки с засоленной почвой (солончак и галофильный луг).

Таким образом, состав доминантной группировки, по нашему мнению, позволяет судить о степени нарушенности ценозов и может быть использован в качестве одного из факторов биологической индикации.

Что касается сезонной динамики, то для каждой из выделенных нами групп стационаров характерен свой ход сезонной активности жужелиц. Для участков с засоленной почвой пик сезонной динамики приходится на май (весенний тип активности), далее активность карабид постепенно падает и к сентябрю практически не наблюдается.

Участки с древесной растительностью, в целом, демонстрируют схожий ход сезонной активности, пик которой приходится на май и сентябрь (весенне-летняя активность). Тем не менее, в лесополосе, расположенной в охранной зоне заповедника «Хомутовская степь», пик активности жужелиц приходится на июль.

На степных участках с различным характером растительного и почвенного покрова активность жужелиц также демонстрирует различный характер: на степном склоне пик

активности приходится на май, а в ракушечной степи активность жужелиц равномерна в течение сезона.

Для остальных степных участков зарегистрирована весенняя активность жужелиц (выпас и терновник). Резко отличается по ходу сезонной динамики участок абсолютно заповедной степи, на котором пик активности карабид приходится на летний период. На периодически косимом участке активность жужелиц имеет два пика: весенний и осенний.

Можно предположить, что сезонная динамика является одним из ярких показателей особенностей карабидофауны, поскольку уже при изменении микроклиматических условий, растительного и почвенного покрова наблюдаются отличия в ходе сезонной динамики жужелиц исследованных стационаров БООПТРЗ «Хомутовская степь – Меотида».

Выводы

Наибольшим количеством видов и уловистостью жужелиц БООПТРЗ «Хомутовская степь – Меотида» характеризовались периодически косимый участок и галофильный луг. Несмотря на то, что в доминантную группировку входят 23 вида, для каждого участка характерен свой комплекс доминантов, распределение которых по категориям доминирования было достаточно равномерным, что, возможно, говорит о слабой степени антропогенной нагрузки. Для каждой группы исследуемых стационаров кривая сезонной активности жужелиц имеет свои особенности, что зависит от активности отдельных видов и климатических условий конкретного года.

Список литературы

1. *Бабенко А. С.* Почвенные беспозвоночные как индикаторы состояния территории // Геохимия живого вещества : тез. докл. Междунар. молод. школа-семинар, посв. 150-летию со дня рождения В. И. Вернадского (1863–2013 гг.). Томск, 2013. С. 40–42.

2. Государственный комитет по экологической политике и природным ресурсам при Главе Донецкой Народной Республики. [Электронный ресурс]. URL: http://gkecopoldnr.ru/

3. Жуки (Coleoptera) и колеоптерологи. [Электронный ресурс]. URL: https://www.zin.ru/Animalia/Coleoptera/rus/

4. *Крыжановский О. Л.* Жуки подотряда Adephaga (семейства Rhysodidae, Trachypachidae, Carabidae) // Фауна СССР. Жесткокрылые. Л. : Наука, 1983. Т. 1, вып. 2. 341 с.

5. Ландшафты, растительный покров и животный мир регионального ландшафтного парка «Меотида» : монография. Донецк : Ноулидж, 2010. С. 124.

6. *Мартынов В. В., Никулина Т. В.* Заметки о некоторых редких и исчезающих видах беспозвоночных заповедника «Хомутовская степь» // Природное наследие России : сб. науч. ст. Междунар. науч. конф., посв. 100-летию нац. заповед. дела и году экологии в России (Пенза, 23–25 мая 2017 г.). Пенза : Изд-во ПГУ, 2017. С. 237–239.

7. *Мартынов В. В., Рязанцева А. Е.* Фауна жесткокрылых (Coleoptera) заповедника «Хомутовская степь» // Членистоногие природных и техногенных ландшафтов Донбасса. Донецк : Изд-во ДонГУ, 1994. Вып. 2. С. 16–21.

8. Определитель насекомых Европейской части СССР. Жесткокрылые. М.–Л. : Наука, 1965. Т. 2. С. 356–381.

9. *Петрусенко С. В., Петрусенко А. А.* К изучению почвенно-подстилочной мезофауны Приазовской заповедной степи // Пробл. общ. и молекул. биол. Киев, 1989. Вып. 8. С. 64–68.

10. *Савченко Е. Ю.* Герпетобионтные жесткокрылые (Insecta, Coleoptera) заповедных территорий Донбасса // Охрана, восстановление и изучение степных экосистем в XXI веке : матер. Междунар. науч.-практ. конф., посв. 90-летию запов. «Хомутовская степь». Донецк : Ноулидж, 2016. С. 175–176.

11. *Шарова И. Х.* Жизненные формы жужелиц (Coleoptera, Carabidae). М. : Наука, 1981. 360 с.

12. *Kryzhanovskij O. L., Belousov I. A., Kabak I. I., Kataev B. M., Makarov K. V., Shilenkov V. G.* A cheklist of the ground-beetles of Russia and adjacent lands (Insecta, Coleoptera, Carabidae). Sofia–Moscow : Pensoft Publishers, 1995. 271 p.

13. *Renkonen O.* Statisch-okologische Unterguchungen uber die terrestrische Kaferwelt der finnischen Bruchmoore // Annales Botanici Societatis Zoologicae Botanicae Fennicae «Vanamo». 1938. N 6, S. 1. 231 p.

***Savchenko E. Yu.* Ground beetles (Coleoptera: Carabidae) of Biosphere specially protected natural territory of Republican significance «Khomutovskaya steppe – Meotida».** – The structure of carabidofauna of «Khomutovskaya steppe – Meotida» was studied, the species composition and degree of species similarity of the studied sites were revealed. The composition of dominant groups and the seasonal dynamics of ground beetles of the study area were studied. The data obtained can be used in integrated environmental monitoring, to assess biological diversity and the degree of anthropogenic transformation.

Key words: ground beetles, seasonal dynamics, dominants.

УДК 595.423 : 574.34

© **А. Д. Штирц, А. М. Невидомая**

ПАНЦИРНЫЕ КЛЕЩИ ЯБЛОНЕВОГО САДА Г. ВЛАДИМИРА (РФ)

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»
283050, г. Донецк, ул. Щорса, 46; e-mail: eco-1999@mail.ru

Штирц А. Д., Невидомая А. М. **Панцирные клещи яблоневого сада г. Владимира (РФ).** – Установлен видовой состав и проанализированы основные экологические характеристики сообществ панцирных клещей (видовое богатство, средняя плотность населения, экологическое разнообразие, структура доминирования и соотношение жизненных форм) яблоневого сада и обочины автодороги, прилегающей к саду. Проведена оценка состояния окружающей среды по интегральному показателю сообществ орибатид.

Ключевые слова: панцирные клещи, орибатиды, экологическая структура, сообщества, яблоневый сад.

Введение

За исключением вредителей, фаунистические комплексы садов, расположенных в городской черте, остаются слабо изученными [5]. Это утверждение также характеризует современные знания о почвенных клещах, и в частности об орибатидах, в этих местообитаниях. Наряду с другими типами древесных насаждений (парки, скверы, ботсады и т.п.) сады выступают в качестве рефугиумов для многих почвенных беспозвоночных, не способных существовать в условиях урбанизированных ландшафтов. Сады являются важной составляющей городского ландшафта. При расширении городской территории, когда сады входят в территорию города, комплексы животных подвергаются значительным изменениям. Это частично объясняется возрастающим загрязнением воздуха, почвы и воды, а частично – эффектом рекреации. В городских садах их основная роль (поставка фруктов) становится вторичной, а на первое место выходит посещение садов людьми, использующими их как место для отдыха. Такая повышенная рекреационная нагрузка приводит к вытаптыванию поверхности почвы, что оказывает существенное влияние на почвенную фауну, особенно на обитателей поверхности почвы, подстилки и травостоя. Изучение изменений экологической структуры комплексов почвообитающих беспозвоночных животных помогает в оценке состояния почвы и окружающей среды в целом.

Цель исследования – установить видовой состав панцирных клещей (орибатид) яблоневого сада в г. Владимире (РФ), проанализировать экологическую структуру сообществ, провести оценку состояния окружающей среды с помощью интегрального показателя сообществ панцирных клещей.

Для достижения поставленной цели предусматривалось решение следующих задач: определить видовой состав орибатид, установить основные биоценотические характеристики сообществ (средняя плотность населения, видовое богатство, экологическое разнообразие, структура доминирования и соотношение жизненных форм), дать оценку состояния окружающей среды с помощью метода биоиндикации – анализа экологической структуры сообществ панцирных клещей.

Материал и методы исследования

Материалом для настоящей работы послужили сборы, проведенные в яблоневом саду г. Владимира, а также на обочине автодороги, прилегающей к саду (на расстоянии 1 м от дорожного полотна). Почвенные пробы объемом 250 см^3 брали в 15-кратной повторности на двух вышеперечисленных участках. Всего в 30 пробах было обнаружено 825 экз. имаго панцирных клещей.

Отбор почвенных проб и выгонка клещей в термоэклекторах Тульгрена проводились по общепринятой методике Е. М. Булановой-Захваткиной [2]. Для оценки экологического разнообразия исследуемых сообществ панцирных клещей использован информационно-статистический индекс Шеннона [10]. Для анализа структуры доминирования сообществ применялись градации доминирования по шкале Тишлера из Г. Энгельманна [18], где: Е –

© **Штирц А. Д., Невидомая А. М., 2019**

эудоминант (>10%), D – доминант (5–10%), SD – субдоминант (2–5%), R – рецедент (1–2%), SR – субрецедент (<1%). Анализ распределения жизненных форм проведен в соответствии с работами Д. А. Криволуцкого [8, 12]. Оценка состояния окружающей среды с использованием интегрального показателя сообществ панцирных клещей проведена в соответствии с предложенной нами методикой [15]. Все расчеты проведены в MS Excel.

Результаты и обсуждение

В результате проведенного исследования в 30 почвенных пробах было обнаружено 825 экз. имаго панцирных клещей, относящихся к 36 видам, 26 родам и 16 семействам (табл. 1).

Таблица 1

Видовое богатство, численность и индекс доминирования панцирных клещей яблоневого сада и обочины автодороги г. Владимира

Вид	Яблоневый сад		Обочина автодороги	
	К-во экз.	%	К-во экз.	%
Hypochthonius rufulus rufulus C. L. Koch	-	-	3	0,7
Brachychthonius berlesei Willmann	68	16,3	14	3,4
Brachychochthonius zelawaiensis (Sellnick)	24	5,8	15	3,6
Brachychochthonius cricoides (Weis-Fogh)	-	-	1	0,2
Liochthonius sp.	6	1,4	5	1,2
Eulohmannia ribagai Berlese	1	0,2	-	-
Phthiracarus sp.	4	1,0	36	8,8
Nothrus silvestris Nicolet	6	1,4	6	1,4
Nanhermannia sellnicki Forsslund	-	-	2	0,4
Tectocepheus velatus (Michael)	90	21,6	183	44,8
Berniniella sp.$_1$	-	-	1	0,2
Berniniella sp.$_2$	1	0,2	-	-
Oppiella nova (Oudemans)	15	3,6	13	3,1
Medioppia obsoleta (Paoli)	23	5,5	-	-
Medioppia sp.	1	0,2	-	-
Lauroppia sp.	9	2,2	78	19,1
Ramusella clavipectinata (Michael)	85	20,4	5	1,2
Microppia minus (Paoli)	25	6,0	7	1,7
Granuloppia sp.	-	-	1	0,2
Quadroppia quadricarinata (Michael)	5	1,2	3	0,7
Quadroppia media Gordeeva	1	0,2	10	2,4
Suctobelba trigona (Michael)	1	0,2	-	-
Suctobelbella vera (Moritz)	21	5,0	10	2,4
Suctobelbella sarekensis (Forsslund)	-	-	2	0,4
Suctobelbella falcata (Forsslund)	1	0,2	-	-
Suctobelbella sp.$_1$	2	0,5	1	0,2
Suctobelbella sp.$_2$	2	0,5	1	0,2
Suctobelbella sp.$_3$	15	3,6	1	0,2
Suctobelbella sp.$_4$	7	1,7	4	0,9
Oribella pectinata (Michael)	-	-	1	0,2
Licneremaeus licnophorus (Michael)	-	-	1	0,2
Haplozetes vindobonensis (Willmann)	1	0,2	-	-
Zygoribatula exilis (Nicolet)	-	-	1	0,2
Trichoribates trimaculatus (C. L. Koch)	1	0,2	-	-
Galumna europaea (Berlese)	1	0,2	3	0,7

Вид	Яблоневый сад		Обочина автодороги	
	К-во экз.	%	К-во экз.	%
Pergalumna dorsalis (C. L. Koch)	1	0,2	-	-
Всего (экз.)	417		408	
Средняя плотность (экз./м^2)	11120		10880	
Количество видов	27		27	

Средняя плотность населения панцирных клещей на исследуемом участке яблоневого сада составила 11120 экз./м^2. Это выше аналогичных показателей в экосистемах полевых культур (1500–5800 экз./м^2) [1, 9], но ниже чем в лесонасаждениях [9]. Средняя плотность населения орибатид на обочине автодороги была несколько ниже (10880 экз./м^2), чем в яблоневом саду. Аналогичные данные по снижению численности и видового богатства клещей у обочин автодорог были получены ранее в работах [3, 6, 13, 17]. Основу исследуемых сообществ панцирных клещей составили широкораспространенные виды с высокой экологической пластичностью. Большая их часть была ранее известна для различных агроэкосистем соседней с Владимирской Московской области [9].

Сравнение показателя видового богатства сообщества орибатид яблоневого сада (27 видов) показывает его промежуточное положение между агроценозами (пашня) – 8–15 видов [4] и естественными древесными массивами (свыше 60 видов) [4, 9]. Заслуживает также упоминания тот факт, что только 12 видов орибатид было обнаружено при исследовании яблоневых садов в Узбекистане [7].

На участке, прилегающем к автодороге, структура сообществ панцирных клещей довольно резко отличается от таковой в находящемся рядом яблоневом саду. И хотя видовое богатство орибатид данного участка также составляет 27 видов, только 18 из них являются общими для двух участков (см. табл. 1).

Значение одного из наиболее информативных показателей экологического разнообразия сообществ – индекса Шеннона на участке яблоневого сада составляет 2,4 нат, у обочины автодороги отмечается снижение индекса до 2,0 нат.

Сообщество панцирных клещей исследуемого яблоневого сада полидоминантно (рис. 1). Виды *T. velatus* и *R. clavipectinata* отмечены нами как наиболее обильные (21,6 и 20,4% от общей численности орибатид, соответственно). Космополитический вид *T. velatus* часто доминирует в нарушенных местообитаниях и во многих агроценозах соседней Московской области [14]. Орибатиды – обитатели мелких почвенных скважин (*B. berlesei, B. zelawaensis, M. obsoleta, M. minus, S. vera*), выступают здесь в качестве доминантов. На долю других классов доминирования приходится 18,9% (см. рис. 1; табл. 1).

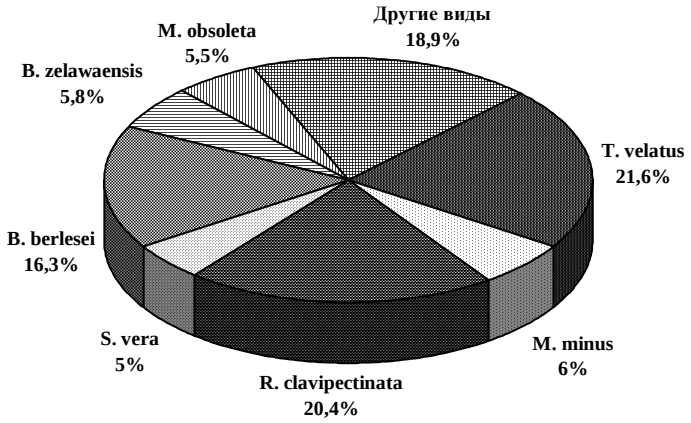

Рис. 1. Структура доминирования сообщества панцирных клещей яблоневого сада г. Владимира

Тенденция к доминированию в агроэкосистемах вторично неспециализированных форм (*T. velatus*) и обитателей мелких почвенных скважин была также показана в работах [4, 7, 14].

Рассматривая структуру доминирования населения орибатид на обочине автодороги, находящейся всего в 12 м от яблоневого сада, мы наблюдаем ее резкое изменение (рис. 2). Доля представителей вторично неспециализированных форм здесь возрастает почти до 45%, т. к. здесь, на загрязненном автомобильными выбросами участке, наиболее приспособленными к данным условиям оказываются такие экологически пластичные виды как *T. velatus*. Кроме вышеуказанного, к доминантам отнесены еще 2 вида (*Lauroppia* sp. и *Phthiracarus* sp.), доля которых значительно ниже (19,1 и 8,8%, соответственно). Редкие виды в целом составляют 27,3% от общей численности обнаруженных панцирных клещей (см. рис. 2; табл. 1).

Таким образом, на участке, прилегающем к автодороге, изменяется не только состав доминирующих видов, но и значительно снижается их количество. Такая структура доминирования в целом характерна для нарушенных экосистем, когда в сообществе преобладают 1–2 доминанта при незначительном количестве редких видов. В естественных биогеоценозах обычно наблюдается значительное количество доминирующих видов с низкой относительной численностью, а также рецедентов и субрецедентов [16].

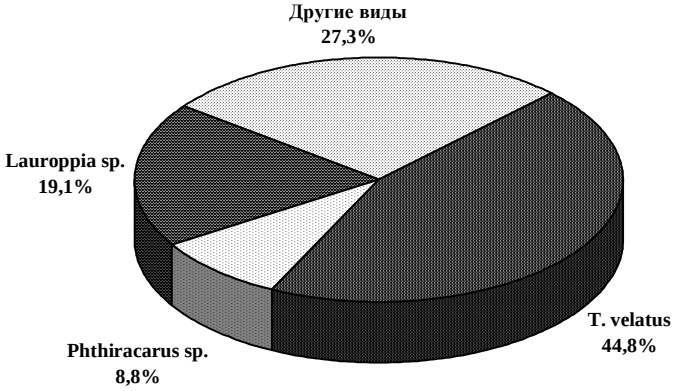

Рис. 2. Структура доминирования сообщества панцирных клещей на обочине автодороги возле яблоневого сада г. Владимира

Анализ интегрального показателя структуры сообщества панцирных клещей [15] исследуемого участка яблоневого сада показал, что экологическое состояние окружающей среды в целом можно охарактеризовать как *условно нормальное* (I уровень, 24 балла), тогда как на обочине автодороги, прилегающей к саду, отмечены *незначительные отклонения от нормы* (II уровень, 18 баллов).

Рассматривая степень рекреационной нагрузки в яблоневом саду, следует отметить, что значительная кратковременная нагрузка отмечается здесь в начале сентября и связана со временем основного сбора урожая, что сказывается на структуре населения панцирных клещей. Наблюдаемые в этот период антропогенные воздействия могут быть отнесены к «острому антропогенному стрессу», который характеризуется, по выражению Ю. Одума [11], «внезапным натиском, высокой интенсивностью и незначительной продолжительностью». Ранее уже было установлено, что кратковременное, но сильное воздействие на экосистему оказывает более сильное влияние, чем длительное и умеренное воздействие. Известно также, что естественные экосистемы довольно устойчивы к таким кратковременным сильным стрессам [11]. Поэтому, несмотря на ежегодную рекреационную нагрузку на почвенный покров яблоневых садов, их животное население, на наш взгляд, имеет достаточный потенциал для нивелирования этого процесса и поддержания высокого уровня видового разнообразия.

Выводы

Установлен видовой состав панцирных клещей в яблоневом саду и на обочине автодороги, прилегающей к саду, определено 36 видов, относящихся к 26 родам и 16 семействам. Средняя плотность населения орибатид на участке яблоневого сада составила 11120 экз./м^2, на обочине автодороги этот показатель был ниже (10880 экз./м^2). Основу сообщества панцирных клещей яблоневого сада составили широкораспространенные виды с высокой экологической пластичностью, всего здесь отмечено 27 видов. На обочине автодороги видовой состав орибатид отличается от такового в яблоневом саду, и хотя здесь также обнаружено 27 видов, только 18 из них являются общими для двух участков.

Сообщество панцирных клещей исследуемого нами участка яблоневого сада полидоминантно. Виды *T. velatus* и *R. clavipectinata* отмечены как наиболее обильные (21,6 и 20,4% от общей численности орибатид, соответственно). На обочине автодороги изменяется не только состав доминирующих видов, но и значительно снижается их количество. Доля представителей вторично неспециализированных форм здесь возрастает почти до 45%, т.к. на загрязненном автомобильными выбросами участке наиболее приспособленными к данным условиям оказываются такие экологически пластичные виды как *T. velatus*.

Индекс экологического разнообразия Шеннона исследуемого сообщества орибатид на участке яблоневого сада составляет 2,4 нат, у обочины автодороги отмечено снижение индекса до 2,0 нат.

Экологическое состояние окружающей среды исследуемого участка яблоневого сада можно охарактеризовать как *условно нормальное* (I уровень, 24 балла), тогда как на обочине автодороги, прилегающей к саду, отмечены *незначительные отклонения от нормы* (II уровень, 18 баллов).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Блинников В. И., Куликов Н. И.* Спектры жизненных форм почвенных ногохвосток и орибатид в агроценозах юго-запада Нечерноземья // Экология жизненных форм почвенных и наземных членистоногих. М., 1986. С. 143–150.

2. *Буланова-Захваткина Е. М.* Панцирные клещи – орибатиды. М. : Высш. шк., 1967. 254 с.

3. *Давидова І. В., Аристархова Е. О., Щирський В. В., Шульга І. В.* Використання ґрунтових кліщів Oribatei для біоіндикації та біотестування загальної токсичності ґрунту // Наук. вісник. Укр. держ. лісотехн. ун-ту. 2003. Вип. 13.5. С. 113–117.

4. *Злобина И. И.* Панцирные клещи почв Московской области и их изменение под действием антропогенных факторов : автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 1976. 22 с.

5. *Клауснитцер Б.* Экология городской фауны. М. : Мир, 1990. 246 с.

6. *Кононенко С. В.* Біоіндикація впливу автотранспорту на мікрофауну у межах м. Дніпропетровськ // Вісн. Дніпропетровського ун-ту. Біол. Екол. 2010. Т. 1, вип. 18. С. 67–72.

7. *Кочанова Р. Е.* Свободноживущие клещи мелиорируемых земель Каракалпакской республики // Проблемы почвенной зоологии. Тбилиси, 1987. С. 143–144.

8. *Криволуцкий Д. А.* Морфо-экологические типы панцирных клещей (Acariformes, Oribatei) // Зоол. журн. 1965. Т. 44, № 8. С. 1176–1189.

9. *Криволуцкий Д. А., Чугунова М. Н., Гордеева Е. В., Тарба З. М.* Фауна орибатидных клещей (Acariformes, Oribatei) Московской области и прилегающей территории. М., 1982. 71 с.

10. *Мэгарран Э.* Экологическое разнообразие и его измерение : пер. с англ. М. : Мир, 1992. 184 с.

11. *Одум Ю.* Экология : пер. с англ. М. : Мир, 1986. Т. 2. 376 с.

12. Панцирные клещи : морфология, развитие, филогения, экология, методы, исследования, характеристика модельного вида *Nothrus palustris* C. L. Koch, 1839 /

Криволуцкий Д. А., Лебрен Ф., Кунст М. и др. / Под ред. Д. А. Криволуцкого. М. : Наука, 1995. 224 с.

13. *Петрова-Никитина А. Д.* Влияние автодорог на комплексы микроартропод агроценозов. 1. Структура комплексов // Агрохимия. 1994. № 10. С. 116–125.

14. *Чернова Н. М.* Экологические сукцессии при разложении растительных остатков. М. : Наука, 1977. 200 с.

15. *Штирц А. Д.* Оценка влияния антропогенной нагрузки на экосистемы с использованием интегрального показателя сообществ панцирных клещей // Acta Biologica Sibirica. 2015 a. № 1 (1–2). С. 51–66. http://dx.doi.org/10.14258/abs.v1i1-2.782

16. *Штирц А. Д., Ярошенко Н. Н.* Структура и динамика населения панцирных клещей заповедных степей юго-востока Украины. Донецк : Норд, 2003. 269 с.

17. *Эйтминавичуте И. С.* Структура комплекса микроартропод в почвах озелененных обочин дорог // Зоол. журн. 2006. Т. 85, № 10. С. 1187–1195.

18. *Engelmann H.-D.* Zur Dominanzklassifizierung von Bodenarthropoden // Pedobiologia. 1978. Bd. 18, Hf. 5/6. S. 378–380.

***Shtirts A. D., Nevidomaya A. M.* Oribatid mites in the apple orchard of Vladimir (Russian Federation).** – The species composition and the main ecological characteristics of the oribatid mite communities (species richness, average population density, ecological diversity, dominance structure and the ratio of life forms) of the apple orchard and the roadside of the road adjacent to the garden were analyzed. The state of the environment was assessed by the integrated index of oribatid communities.

Key words: oribatid mites, ecological structure, communities, apple orchard.

ФИЗИОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ, МИКОЛОГИЯ
PHYSIOLOGY AND ECOLOGY OF THE PLANT, MYCOLOGY

УДК 635.82 : 631.527.541

© **С. И. Демченко, М. С. Шаймухаметова**

АГРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА НОВЫХ ГИБРИДНЫХ ШТАММОВ *PLEUROTUS OSTREATUS* (JACQ.: FR.) KUMM.

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»
283050, г. Донецк, ул. Щорса, 46; e-mail: sdemch5@mail.ru

Демченко С. И., Шаймухаметова М. С. **Агробиологическая оценка новых гибридных штаммов *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) Kumm.** – В работе представлены результаты хозяйственно-биологической оценки десяти гибридных штаммов вешенки обыкновенной донецкой селекции. Приведены данные фенологических наблюдений, учёта габитусных параметров и урожайности базидиом опытных штаммов в лабораторных и производственных условиях.

Ключевые слова: вешенка обыкновенная, гибридные штаммы, агробиологическая оценка, лабораторные и производственные условия.

Введение

Искусственное выращивание съедобных грибов во многих странах мира приобретает огромное значение из-за серьезного ухудшения экологической среды и невозможности использования в пищу дикорастущих грибов [1, 7, 16]. В связи с этим возрастает роль промышленного производства съедобных макромицетов, которое обеспечивает стабильный выпуск продукции и полностью ликвидирует сезонность [3, 6, 12]. Около 80 стран мира в искусственных условиях выращивают шампиньон двуспоровый, вешенку обыкновенную, шиитаке, опенок летний, зимний гриб, кольцевик, но среди перечисленных грибов в условиях защищенного грунта наиболее широко культивируют вешенку обыкновенную (*Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) Kumm.) [2]. Выращивание плодовых тел ксилотрофного гриба *P. ostreatus* на дешевых недефицитных лигноцеллюлозных отходах сельского хозяйства и перерабатывающей промышленности обеспечивает низкую себестоимость продукции и позволяет утилизировать растительные отходы без загрязнения окружающей среды [1, 6, 8].

К сожалению, в Донецком регионе отсутствуют штаммы гриба *P. ostreatus* отечественной селекции, которые способны превзойти по вкусовым и технологическим характеристикам штаммы НК-35 (Sylvan, Hungary) и К-17 (Fungisam, Spain), получившие широкое распространение среди отечественных грибоводов. Непрерывное культивирование какого-либо штамма гриба в течение длительного времени неизбежно приводит к потере его урожайности в результате генетического «старения» [11, 16]. Поэтому получение новых гибридов вешенки, обладающих хозяйственно-ценными признаками [1, 2, 3, 5, 12], является наиболее актуальной задачей в области селекции грибов.

Целью нашей работы являлось сравнение хозяйственно-ценных признаков гибридных штаммов *P. ostreatus* донецкой селекции при выращивании их по европейской технологии в лабораторных и производственных условиях.

Материал и методы исследования

В работе использовали 11 гибридных штаммов гриба *P. ostreatus*: 1 коммерческий штамм – гибрид НК-35 венгерской селекции (мицелиальная культура были предоставлена в 2018 г. ООО «Троянда», г. Донецк) и 10 гибридных штаммов донецкой селекции (Д-2.2, Д-2.3, Д-2.6, Д-1.4, Д-1.9, Д-1.3, Д-1.6, Д-2.1, Д-1.7, Д-2.8), созданных сотрудниками кафедры физиологии растений ГОУ ВПО «ДонНУ» с помощью аутбридинга [5]. Музейные штаммы хранили на картофельно-глюкозной агаровой среде (КГА) [14] с добавлением опилок из тополя при температуре +4°С.

© **Демченко С. И., Шаймухаметова М. С., 2019**

С целью отбора перспективных гибридных штаммов вешенки обыкновенной донецкой селекции нами были проведены испытания активности их роста и плодоношения в лабораторных и производственных условиях. Работа проводилась в 2018-2019 гг. в научно-исследовательской лаборатории кафедры физиологии растений ГОУ ВПО «ДонНУ» и на базе тепличного комплекса ГП «НИИ комплексной автоматизации» (г. Донецк).

При оценке скорости роста мицелия гибридных штаммов вешенки обыкновенной использовали агаризованную среду (КГА) и субстрат из лузги семян подсолнечника (ЛСП) влажностью 68%. В чашки Петри помещали агаризованную среду по 14 мл, увлажненный растительный субстрат по 15 г. и автоклавировали на протяжении 1 часа при давлении 0,7-0,9 атм. Охлажденный субстрат инокулировали 7-суточными мицелиальными культурами гибридов, предварительно выращенных на КГА. Диски мицелия диаметром 7 мм вырезали стерильным стальным сверлом по краю активно растущей колонии гриба, переносили их в чашки Петри с вышеуказанными питательными субстратами и культивировали в полной темноте при температуре 26 ± 1ºС. Радиусы колоний измеряли каждые сутки по концевым гифам гриба. Скорость радиального роста (мм/сут.) вегетативного мицелия *P. ostreatus* рассчитывали в логарифмическую фазу роста [10]. Повторность опытов была трехкратной.

Определение урожайности и габитуса базидиом гибридных штаммов вешенки обыкновенной проводили по стандартным методикам, принятым в грибоводстве [1, 7, 16]. В качестве посевного материала использовали зерновой мицелий, выращенный на зерне озимой пшеницы по общепринятой технологии [15]. Субстрат для выращивания плодовых тел вешенки готовили на основе лузги семян подсолнечника. Термообработку субстрата проводили гидротермическим способом [16]. Посев зернового мицелия осуществляли в стерильных условиях при охлаждении субстрата до 25-28°С. Норма расхода посевного материала составила 5%.

Для формирования субстратных блоков были использованы пакеты из полиэтиленовой пленки толщиной 80 микрон. Сформированные блоки имели удлиненно-цилиндрическую форму массой 1 кг в лабораторных условиях и 8 кг в производственных условиях. Перфорацию субстратных блоков проводили на второй день после инокуляции.

В фазу вегетативного роста температуру в камере заращивания как в лабораторных, так и производственных условиях поддерживали на уровне 20ºС. В камере плодоношения поддерживали следующий микроклимат: температура воздуха – +14-16ºС, освещенность – 550 лк. на протяжении 12 ч./сут., относительная влажность воздуха – 93-95%. Воздухообмен в камере плодоношения осуществляли с помощью системы приточно-вытяжной вентиляции в соответствии с требованиями культур.

В период выращивания вешенки обыкновенной проводили фенологические наблюдения: отмечали продолжительность колонизации субстрата мицелием, начало и конец плодоношения (друзы снимали на стадии технологической зрелости плодовых тел); биометрические измерения: определяли количество друз на субстратном блоке, их вес, подсчитывали количество плодовых тел в друзе, определяли размеры плодовых тел (диаметр шляпки и ножки, длина ножки) [4].

Продуктивность или плодоотдачу увлажненного субстрата рассчитывали как отношение массы зрелых плодовых тел, получаемых с одного субстратного блока, к изначальной массе фасовки, выраженное в процентах. Биологическую эффективность оценивали как отношение массы сырых плодовых тел к абсолютно сухой массе субстратного блока, выраженное в процентах [16]. Учетной единицей опыта были 10 субстратных блоков для каждого исследованного штамма гриба.

Статистическую обработку полученных данных проводили при 5% уровне значимости с помощью дисперсионного, вариационного, кластерного анализов и множественного сравнения арифметических средних значений по критерию Дункана и Даннета, используя компьютерную программу Statistica 6.0 и Microsoft Excel 2007 [8, 13].

Результаты и обсуждение

Главной стратегией в селекции штаммов грибов, перспективных для практического использования, является отбор культур с высокой скоростью роста вегетативного мицелия. Это связано с тем, что быстрая колонизация субстрата мицелием предотвращает развитие конкурентной микрофлоры и укорачивает цикл культивирования на всех его этапах [9, 11]. Поэтому нами была изучена скорость роста мицелиальных культур гибридов вешенки обыкновенной на агаризованной картофельно-глюкозной среде и на растительном субстрате из лузги семян подсолнечника. Результаты этих исследований представлены на рис. 1.

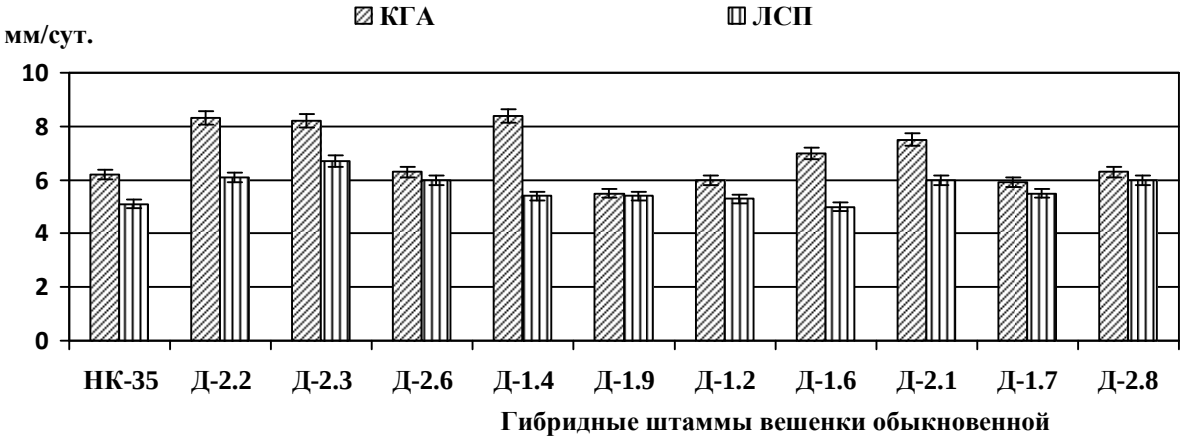

Рис. 1. Скорость роста мицелия гибридных штаммов *P. ostreatus* на картофельно-глюкозном агаре (КГА) и субстрате из лузги семян подсолнечника (ЛСП)

Анализ результатов исследований показал, что все исследованные штаммы вешенки обыкновенной проявили хороший рост как на КГА, так и ЛСП. Однако у большинства гибридов скорость роста мицелиальных культур зависела от состава питательной среды, что совпадает с литературными данными [1, 7, 9, 16]. Так, у 64% исследованных штаммов ускоренный рост мицелия наблюдался лишь на КГА, у 36% культур скорость радиального роста мицелия была достоверно одинаковой на двух экспериментальных средах.

Гибридные штаммы вешенки обыкновенной достоверно отличались по ростовым показателям как между собой, так и в сравнении с эталонной культурой – штаммом НК-35. На КГА наибольшая скорость радиального роста мицелия (8,2-8,4 мм/сут.) зафиксирована у гибридных штаммов донецкой селекции Д-2.2, Д-2.3 и Д-1.4, которые превосходили эталонный штамм по данному показателю в 1,3-1,4 раза. У штаммов донецкой селекции Д-1.6 и Д-2.1 скорость роста грибницы на агаризованной среде также была достоверно больше в 1,1-1,2 раза, чем у штамма венгерской селекции НК-35. У остальных исследованных гибридов скорость радиального роста мицелия находилась на одном уровне с контрольным штаммом НК-35. Исключением был штамм Д-1.9, который по ростовому показателю уступал эталонной культуре в 1,1 раза.

На стерильном субстрате из лузги семян подсолнечника выявлена высокая скорость роста грибницы (6,7 мм/сут.) лишь у одного штамма донецкой селекции Д-2.3. Гибридные штаммы Д-2.2, Д-2.6, Д-2.1 и Д-2.8 также довольно быстро колонизировали растительный субстрат и существенно не отличались по скорости роста мицелия (6,0-6,1 мм/сут.) от быстрорастущего штамма Д-2.3, но превосходили эталонную культуру по данному показателю в 1,2 раза. У остальных гибридных штаммов не обнаружены достоверные различия по скорости роста мицелия на исследованном субстрате в сравнении с контрольным штаммом НК-35.

В лабораторных условиях с помощью европейской технологии [15] изучена плодообразовательная активность 10 гибридных штаммов *P. ostreatus* донецкой селекции. В качестве эталонной культуры использовали гибридный штамм венгерской селекции НК-35.

Результаты проведенных исследований позволили обнаружить, что все исследованные гибриды *P. ostreatus* способны были образовывать плодовые тела на полустерильном субстрате из лузги семян подсолнечника и не требовали для начала плодообразования холодового шока. Однако у этих культур продолжительность инициации плодообразования существенно отличалась. Быстрее всего переходили в фазу генеративного развития гибриды донецкой селекции Д-2.2, Д-2.3, Д-2.6 и Д-1.4 (на 11-е сутки после инокуляции). Гибриды Д-2.1 и Д-2.8 образовывали зачатки базидиом одновременно с эталонной культурой НК-35 – на 17-е сутки после инокуляции. Позднее начало плодообразования наблюдалось у гибридов донецкой селекции Д-1.2, Д-1.6, Д-1.7 и Д-1.9 (на 18-20-е сутки после инокуляции) (рис. 2).

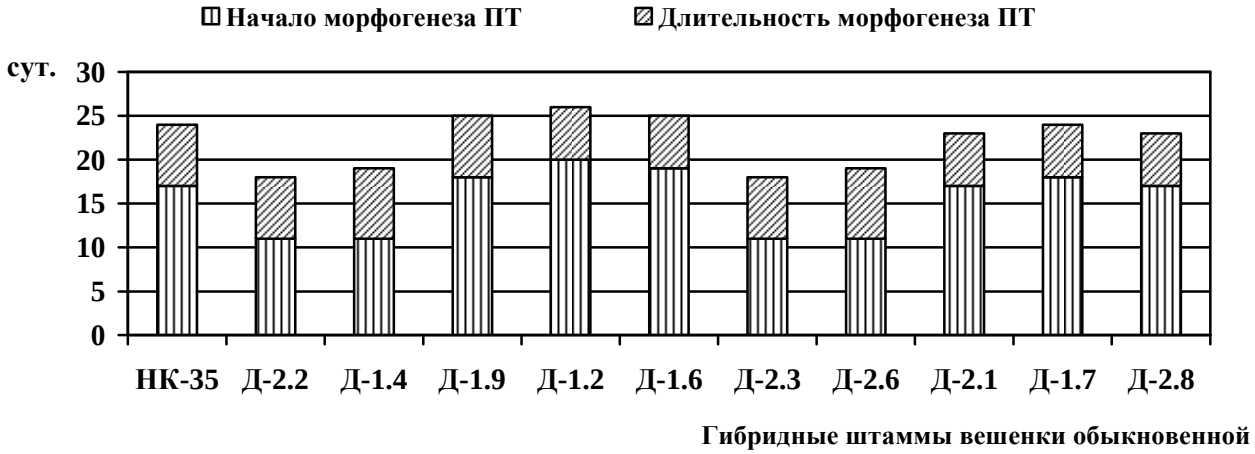

Рис. 2. Характеристика процесса морфогенеза плодовых тел (ПТ) гибридных штаммов *P. ostreatus*

По длительности морфогенеза базидиом исследованные гибридные штаммы *P. ostreatus* существенно не отличались друг от друга. У штаммов с длительным периодом инициации плодообразования технологическая зрелость плодовых тел наступала довольно быстро – на 6-е сутки после появления первых примордиев. У штамма зарубежной селекции НК-35 и гибридов донецкой селекции Д-2.2, Д-2.3, Д-2.6 и Д-1.4 плодовые тела созревали на 1-2-е суток позже, чем у скороспелых культур (см. рис. 2).

Урожайность изученных гибридов *P. ostreatus* в «первую» волну плодоношения варьировала от 149,2 до 222,2 г на 1 кг увлажненного субстрата. Лучшими по этому показателю были гибридные штаммы Д-2.1, Д-2.2, Д-2.3, Д-2.6 и Д-2.8 (табл. 1), урожайность которых превысила контрольный вариант опыта в 1,3-1,4 раза. Наименьшая урожайность была отмечена у штаммов Д-1.2, Д-1.4 и Д-1.7 (149,2-154,8 г/кг субстрата), которые достоверно не отличались по продуктивности в сравнении с эталонным штаммом НК-35. При использовании стерильной баночной технологии наибольшая урожайность базидиом была обнаружена лишь у гибридного штамма Д-2.2, который в 1,5 раза достоверно превышал коммерческий штамм НК-35 по выходу плодовых тел со 100 г абсолютно сухого субстрата [5].

Плодовые тела исследованных гибридных штаммов *P. ostreatus* соответствовали ГОСТ Р 56636-2015 «Грибы вешенки свежие культивируемые. Технические условия» [4]. Все гибриды *P. ostreatus* имели крупные, мясистые, упругие базидиомы, у которых максимальный диаметр шляпки находился в пределах от 62 до 108 мм. Наиболее крупные плодовые тела, у которых максимальный диаметр шляпок превышал 100 мм, отмечены для штаммов Д-2.1, Д-2.2, Д-2.3 и Д-2.8 (табл. 2).

У большинства гибридных штаммов окраска поверхности шляпок базидиом была бежевой. Светло-сероватая окраска шляпок наблюдалась у гибридов НК-35 и Д-2.1, а темно-песочного цвета – у гибридных штаммов Д-2.6 и Д-2.8.

Таблица 1

Урожайность гибридных штаммов *P. ostreatus* в «первую» волну плодоношения

Гибридные штаммы *P. ostreatus*	Урожайность, г на 1 кг субстрата	Плодоотдача, %	Количество плодовых тел в сростке, штук
НК-35 (контроль)	158,85 ± 5,91	15,9	29
Д-2.2	206,90 ± 7,04	20,7	32
Д-1.4	154,15 ± 3,74	15,4	25
Д-1.9	182,55 ± 9,26	18,3	32
Д-1.2	159,35 ± 7,47	15,9	24
Д-1.6	183,30 ± 4,10	18,3	28
Д-2.3	222,20 ± 10,11	22,2	38
Д-2.6	207,35 ± 1,77	20,7	35
Д-2.1	207,25 ± 12,84	20,7	27
Д-1.7	149,20 ± 9,48	14,9	22
Д-2.8	209,35 ± 10,28	20,9	28

Таблица 2

Показатели габитуса плодовых тел гибридных штаммов *P. ostreatus*

Гибридные штаммы *P. ostreatus*	Окраска шляпок	Максимальный диаметр шляпки, мм	Максимальный диаметр ножки, мм	Максимальная длина ножки, мм
НК-35 (контроль)	светло-сероватая	95	17	40
Д-1.6	бежевая	75	16	65
Д-1.4	бежевая	62	18	30
Д-2.1	светло-сероватая	108	15	45
Д-2.6	темно-песочная	88	20	25
Д-2.3	бежевая	105	20	25
Д-1.7	бежевая	85	20	70
Д-2.8	темно-песочная	103	15	30
Д-1.2	бежевая	92	15	39
Д-1.9	бежевая	78	20	40
Д-2.2	бежевая	103	20	22

Ножки плодовых тел всех гибридов *P. ostreatus* имели белую окраску и эксцентричное расположение, но выявлены штаммовые различия по длине и диаметру. Мясистая, толстая и короткая ножка, длиной не более 25 мм, отмечена у штаммов Д-2.2, Д-2.3 и Д-2.6. Тонкая, жесткая, средней длины ножка (до 30-40 мм) наблюдалась у гибридных штаммов НК-35, Д-1.2, Д-1.4, Д-2.1 и Д-2.8. Удлиненной (до 40 мм), но более толстой ножкой отличался штамм Д-1.9. Плодовые тела штаммов Д-1.6 и Д-1.7 характеризовались длинной ножкой (до 65-70 мм), но в пределах ГОСТа (до 100 мм) [4].

Для апробации в производственных условиях были отобраны три гибридных штамма *P. ostreatus* донецкой селекции Д-2.2, Д-2.3 и Д-2.6, которые отличались быстрой плодоотдачей, высокой скоростью роста мицелия и урожайностью базидиом на субстрате из лузги семян подсолнечника.

В результате проведенных испытаний на базе тепличного комплекса ГП «НИИ комплексной автоматизации» (г. Донецк) было установлено, что исследованные гибриды вешенки обыкновенной с одинаковой скоростью колонизировали субстрат из лузги семян

подсолнечника. Во всех вариантах опыта полное обрастание субстрата посевным мицелием наблюдалось на 14-е сутки после инокуляции. Однако гибридные штаммы *P. ostreatus* донецкой селекции быстрее переходили к репродуктивной стадии развития, чем эталонная культура – штамм НК-35. Первые примордии у этих штаммов появились на 18-е сутки после инокуляции, что на 5 суток раньше, чем в контроле. У всех исследованных гибридных штаммов вешенки обыкновенной скорость морфогенеза плодовых тел достоверно не отличалась от эталонного штамма НК-35 (технологическая зрелость плодовых тел наступала на 6-е сутки после появления первых зачатков базидиом).

На рис. 3 приведены результаты учета биологической эффективности гибридов вешенки обыкновенной на увлажненной лузге семян подсолнечника.

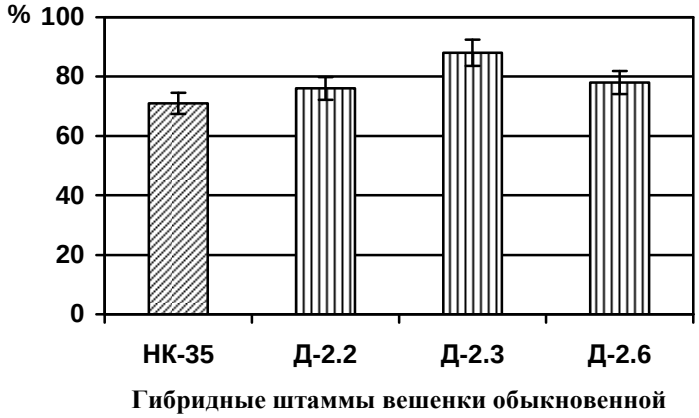

Рис. 3. Биологическая эффективность гибридных штаммов *P. ostreatus* на субстрате из лузги семян подсолнечника

Проведенные исследования показали, что наибольшая биологическая эффективность наблюдалась у штамма Д-2.3 (88%), наименьшие значения отмечены у контрольного штамма НК-35 (71%). Разница по биологической эффективности штаммов Д-2.2 и Д-2.6 в сравнении с контролем составила 5 и 7% соответственно и была несущественной.

Основную массу урожая базидиом получили в первую «волну» плодоношения (рис. 4). Наибольшая урожайность в первую «волну» наблюдалась у гибридного штамма Д-2.3 (227 г/кг субстрата), а наименьшая – в контроле (179 г/кг субстрата). При этом урожайность второй «волны» у всех гибридов достоверно находилась на одном уровне и составила 49-55 г/кг субстрата.

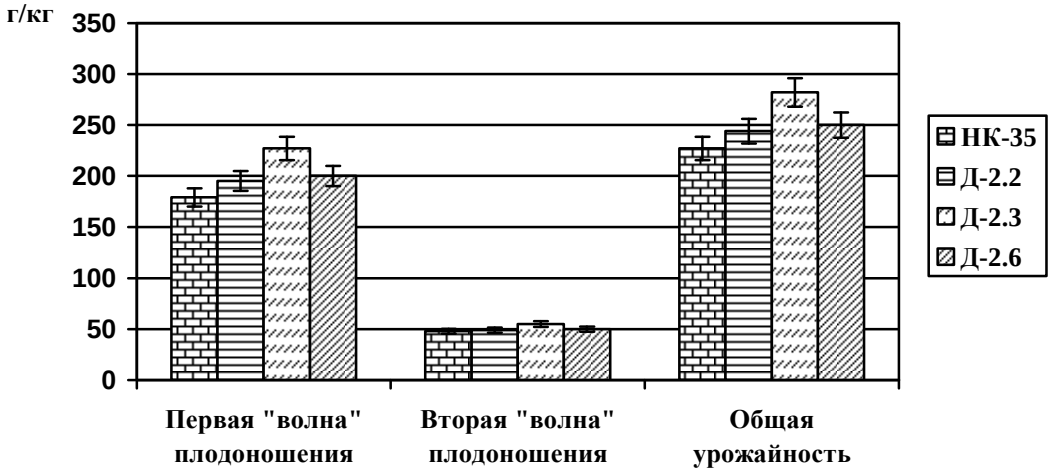

Рис. 4. Урожайность гибридных штаммов *P. ostreatus* по «волнам» плодоношения

Распределение урожайности плодовых тел по «волнам» плодоношения было почти одинаковым у исследованных гибридных штаммов *P. ostreatus*. В первую волну плодоношения получили 79-80% общей урожайности, соответственно во вторую «волну» – 21 и 20% от общей урожайности.

Данные биометрического анализа плодовых тел исследованных гибридов вешенки обыкновенной свидетельствуют о штаммовой изменчивости морфологических признаков карпофоров гриба и их сростков при одинаковых условиях культивирования (табл. 3).

Таблица 3

Описание морфологических признаков плодовых тел и технологических характеристик исследованных гибридных штаммов вешенки обыкновенной

Штамм	Описание морфологических особенностей плодовых тел	Технологическая характеристика штаммов
НК-35	Шляпки крупные, массой от 1,8 до 41,1 г, плотные по консистенции, воронковидной формы, от 2,5 до 12,6 см в диаметре, окраска от темно-серой до светло-серой в зависимости от возраста. Ножка тонкая, плотная, волокнистая.	Друзы среднего размера, массой от 24,2 до 680,0 г, образованы плодовыми телами (ПТ) с высокой вариативностью по габитусу (CV=68%). Количество ПТ в друзе варьирует от 9 до 62 штук. Споруляция низкая.
Д-2.2	Шляпки крупные, массой от 1,6 до 39,5 г, плотные по консистенции, воронковидной формы, от 2,5 до 10,3 см в диаметре, окраска бежевая. Ножка толстая, короткая и мясистая.	Друзы плотные, округлой формы, массой от 29,5 до 705 г, образованы плодовыми телами (ПТ) с высокой вариативностью по габитусу (CV=79%). Количество ПТ в друзе варьирует от 18 до 73 штук. Споруляция средняя.
Д-2.3	Шляпки крупные, массой от 1,9 до 40,9 г, плотные по консистенции, округлой формы, от 1,2 до 12 см в диаметре, окраска бежевая. Ножка толстая, короткая и мясистая.	Друзы плотные, округлой формы, массой от 30 до 925 г. ПТ развиваются неравномерно: от мелких у основания до крупных в верхней части друзы (коэффициент вариации габитуса базидиом составляет 67%). Количество плодовых тел в друзе варьирует от 15 до 82 штук. Споруляция низкая.
Д-2.6	Шляпки средние, массой от 1,5 до 33,9 г, плотные по консистенции, воронковидной формы, от 1,4 до 9 см в диаметре, окраска темно-песочная. Ножка толстая, короткая и мясистая.	Друзы плотные, округлой формы, массой от 29 до 725 г. Плодовые тела развиваются неравномерно: от мелких у основания до крупных в верхней части друзы (коэффициент вариации габитуса базидиом составляет 69%). Количество ПТ в друзе варьирует от 10 до 81 штук. Споруляция средняя.

Выводы

Исследованные гибридные штаммы вешенки обыкновенной донецкой селекции отличаются по комплексу биологических и хозяйственно-ценных признаков. Из 10 штаммов, выращенных на субстрате из лузги семян подсолнечника при стандартных условиях культивирования, только 3 гибрида (Д-2.2, Д-2.3 и Д-2.6) по скорости роста мицелия и

плодоотдачи, урожайности, органолептическим показателям и габитусу базидиом рекомендованы для промышленного культивирования.

Наилучшая технологическая характеристика в производственных условиях отмечена для гибридного штамма Д-2.3. Этот штамм отличается достаточно скорой плодоотдачей (базидиомы технологической зрелости формируются на 24-е сутки после инокуляции) и высокой продуктивностью (227 г/кг субстрата влажностью 68%) в первой «волне» плодоношения, в которой реализуется большая часть его потенциала урожайности. На лузге семян подсолнечника образует крупные высококачественные плодовые тела с короткой, утолщенной, не жесткой ножкой, которая пригодна в пищу. Относительно малоспоровый штамм. Споры созревают достаточно поздно, поэтому при сборе молодых базидиом у персонала не возникает проблем с аллергией.

Список литературы

1. *Бисько Н. А., Дудка И. А.* Биология и культивирование съедобных грибов рода Вешенка. К. : Наук. думка, 1987. 148 с.

2. *Вдовенко С. А.* Получение товарной продукции вешенки обыкновенной в защищенном грунте // Овощи России. 2013. Т. 2, вып. 19. С. 75–77.

3. *Гарибова Л. В.* Выращивание грибов. М. : Вече, 2005. 95 с.

4. Грибы вешенки свежие культивируемые. Технические условия : ГОСТ Р 56636-2015. [Срок действия с 12.10.2015 г. № 1533]. М. : Стандартинформ, 2016. 8 с.

5. *Демченко С. И., Дейнеко О. И., Швиндина Е. С.* Лакказная и плодообразовательная активность гибридных штаммов гриба *Pleurous ostreatus* (Jacq. : Fr.) Kumm. // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2018. № 3–4. С. 114–121.

6. *Дворнина А. А.* Базидиальные съедобные грибы в искусственной культуре. Кишинев : Штиинца, 1990. 111 с.

7. *Дудка И. А., Бисько Н. А., Билай В. Т.* Культивирование съедобных грибов. К. : Урожай, 1992. 160 с.

8. *Лакин Г. Ф.* Биометрия. М. : Высш. шк., 1990. 350 с.

9. *Ломберг М. Л.* Лікарські макроміцети у поверхневій та глибинній культурі : дис. ... канд. біол. наук. К., 2005. 231 с.

10. Методы экспериментальной микологии : справ. / [Дудка И. А., Вассер С. П., Элланская И. А. и др.]; под ред. В. И. Билай. К. : Наук. думка, 1982. 550 с.

11. Основы биотехнологии высших грибов : учеб. пособие / [Н. А. Заикина, А. Е. Коваленко, В. А. Галынкин и др.]. СПб. : Проспект Науки, 2007. 336 с.

12. *Поединок Н. Л.* Повышение эффективности промышленного культивирования съедобного гриба вешенки обыкновенной // Биотехнология. 2004. № 5. С. 64–66.

13. *Приседський Ю. Г.* Статистична обробка результатів біологічних експериментів. Донецьк : Кассиопея, 1999. 201 с.

14. *Семенов С. М.* Лабораторные среды для актиномицетов и грибов : справ. М. : Агропромиздат, 1990. 240 с.

15. *Сычев П. А., Негруцкий С. Ф., Лупашевский А. В.* Методические рекомендации по технологии промышленного выращивания ценного съедобного гриба вешенки обыкновенной. Донецк : ДонГУ, 1994. 32 с.

16. *Сычев П. А., Ткаченко Н. П.* Грибы и грибоводство. М. : ООО «Изд-во АСТ»; Донецк : Изд-во «Сталкер», 2003. 512 с.

Demchenko S. I., Shaimukhametova M. S. **The agrobiological estimation of new *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) Kumm. hybrid strains. –** In this thesis the results of economical and biological estimation of ten oyster mushroom hybrid strains Donetsk selection are presented**.** The data of phenological observations, habitus index registration and harvest of experimental strains in laboratory and industrial conditions are offered.

Key words: oyster mushroom, hybrid strains, agrobiological estimation, laboratory and industrial conditions.

УДК 582.284 : 577.112

© Ю. П. Загнитко

АКТИВНОСТЬ ФЕРМЕНТНОГО ПРЕПАРАТА МОЛОКОСВЕРТЫВАЮЩЕГО ДЕЙСТВИЯ ШТАММА В-02 *IRPEX LACTEUS* (FR.) FR. ПРИ РАЗНЫХ ЗНАЧЕНИЯХ ТЕМПЕРАТУРЫ И КИСЛОТНОСТИ СРЕДЫ

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»
283050, г. Донецк, ул. Щорса, 46; e-mail: upzagnitko@mail.ru

Загнитко Ю. П. **Активность ферментного препарата молокосвертывающего действия штамма В-02 *Irpex lacteus* (Fr.) Fr. при разных значениях температуры и кислотности среды.** – Проведено исследование по изучению некоторых физико-химических свойств ферментного препарата молокосвертывающего действия штамма В-02 *Irpex lacteus*. Показано, что экзоферментный препарат молокосвертывающего действия штамма В-02 *I. lacteus* представляет собой комплекс, состоящий из кислых протеиназ с температурным оптимумом действия 30-40°С.

Ключевые слова: молокосвертывающая активность, ферментный препарат, прогревание, кислотность, протеиназы.

Введение

Возрастающее применение протеолитических ферментов в медицине, легкой и пищевой промышленности, а также в научных исследованиях, ставит задачу поиска удобных и экономически выгодных источников для получения ферментов определенного действия в промышленных масштабах. Поиск новых продуцентов различных биологически активных веществ и белков, разработка научных основ их культивирования на организменном и клеточном уровне является проблемой современной биотехнологии.

Изучение протеолитических ферментов в последнее время значительно интенсифицировалось. Вот уже несколько десятков лет они находятся на переднем плане развития энзимологии. Протеолитические ферменты были в числе первых белков и первых ферментов, полученных в высокоочищенном кристаллическом виде. На протяжении долгого времени они служили и продолжали служить моделью для изучения кинетики и специфичности ферментативных реакций, а также взаимосвязи между структурами и функциями белков.

Возрастающая потребность сыродельной промышленности в сычужном ферменте побуждает исследователей вести поиск продуцентов молокосвертывающих ферментов среди высших растений, различных групп микроорганизмов и грибов. За последние 10 лет внимание исследователей в разных странах стали привлекать базидиальные грибы как перспективные продуценты молокосвертывающего фермента. Базидиомицеты как объекты биотехнологии перспективны в качестве продуцентов белка, ферментов, полисахаридов и других биологически активных веществ [1-5]. Высшие базидиальные грибы рассматриваются не только как пищевой продукт, но и как ценное сырье, используемое при создании лечебно-профилактических и медицинских препаратов широкого спектра действия. Изучение высших базидиомицетов свидетельствует, что по своей молокосвертывающей активности их препараты не уступают препаратам животного и микробного происхождения.

Материал и методы исследования

При изучении влияния различных температур на активность молокосвертывающих ферментов использовали белки, полученные при 80%-ном насыщении культуральной жидкости сернокислым аммонием штамма В-02 *Irpex lacteus*. Водные растворы ферментных препаратов (0,1%) выдерживали в термостатах (ТС-80 М) в течение 1 часа при следующих температурах: 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60°С, а также в течение 15 мин. при 45, 50, 55, 60, 65, 70°С, а затем ферментный препарат быстро охлаждали до 15°С в целях стабилизации неденатурированных белков. После инкубации определяли молокосвертывающую активность ферментных препаратов согласно методике Kawai и Mukai [6].

© Загнитко Ю. П., 2019

Для изучения pH оптимума реакций, катализирующих ферменты молокосвертывающего действия штамма B-02 *I. lacteus*, готовили 0,1%-ный раствор ферментов в цитратном буфере. Значение pH цитратного буфера составило: 3,05; 3,2; 3,4; 3,6; 3,8; 4,0; 4,2; 4,4; 4,6; 4,8; 5,0; 5,2; 5,4; 5,6; 5,8; 6,0; 6,4; 7,0; 7,4. Значение pH раствора ниже 3,0 вызывает свертываемость молока.

Результаты и обсуждение

Изучение термостойкости молокосвертывающих ферментных препаратов грибного происхождения показало (рис. 1), что при прогревании в течение 1 часа в интервале температур 25-40°С исследуемый препарат проявил стабильно высокую активность. При этом максимальная молокосвертывающая активность показана при 30°С. Температура 45-50°С вызвала незначительный спад активности ферментного препарата, а при 55-60°С наблюдается существенное снижение активности протеиназ молокосвертывающего действия. Причем минимальная активность ферментов молокосвертывающего действия показана при 60°С.

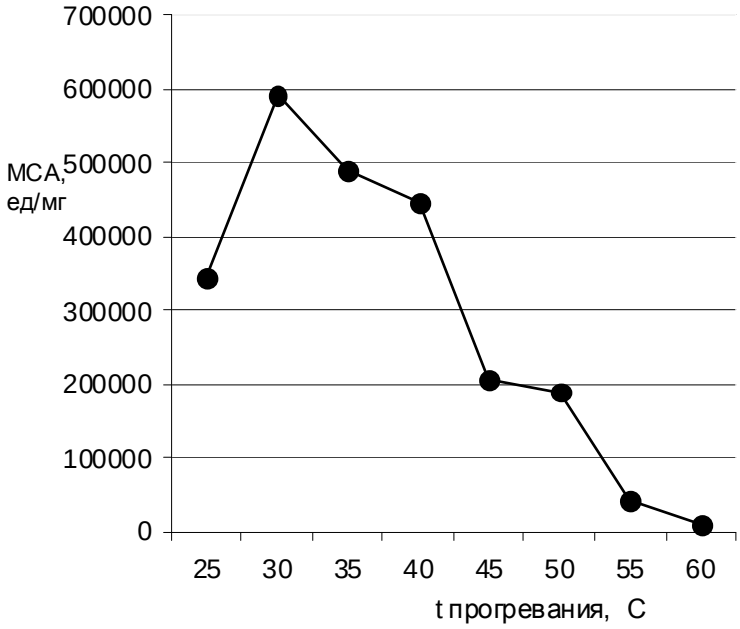

Рис. 1. Зависимость МСА от длительности прогревания и температуры раствора ферментного препарата штамма B-02 *I. lacteus*: 60 мин. прогревания

По результатам исследований, полученных при прогревании ферментного препарата в течение 15 мин. с последующим охлаждением (рис. 2), мы обнаружили, что температуры 45-50°С оказывают такое же влияние на ферментный препарат как и при прогревании в течение 1 часа. Однако, при 55-60°С наблюдается значительное повышение активности протеаз молокосвертывающего действия по сравнению с прогреванием в течение 1 часа. Температура 65°С также вызывает невысокую активность ферментного препарата, а при 70°С наблюдалась полная инактивация протеиназ молокосвертывающего действия штаммов *I. lacteus*.

Таким образом, на основании полученных данных можно сказать, что полученные ферментные препараты из культурального фильтрата штамма *I. lacteus* не относятся к термофильным, но имеют стабильность белковой молекулы в диапазоне температур 30-40°С, о чем свидетельствует неизменная величина МСА. Можно также сказать, что охлаждение ферментного препарата, после его 15-минутного прогревания, действительно вызывает стабилизацию неденатурированных белков.

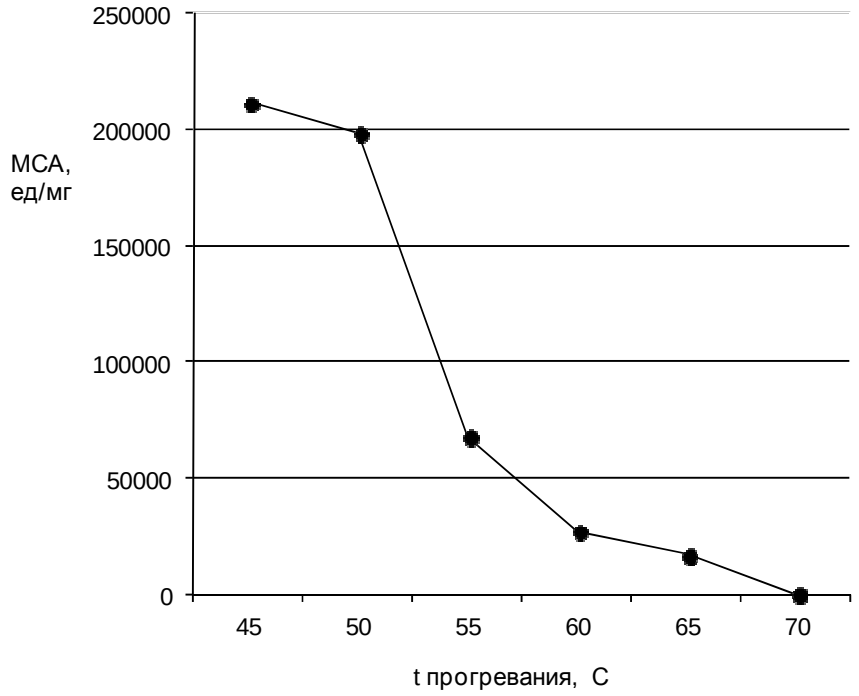

Рис. 2. Зависимость МСА от длительности прогревания и температуры раствора ферментного препарата штамма В-02 *I. lacteus*: 15 мин. прогревания

Исследование pH оптимума действия ферментного препарата молокосвертывающего назначения штамма В-02 *I. lacteus* показало (рис. 3), что ферменты, обладающие молокосвертывающей активностью исследуемого штамма, относятся к кислым протеазам. Так, максимальные показатели МСА зафиксированы в интервале значений pH 3,8-4,2, после чего происходит резкое снижение значений молокосвертывающей активности ферментного препарата.

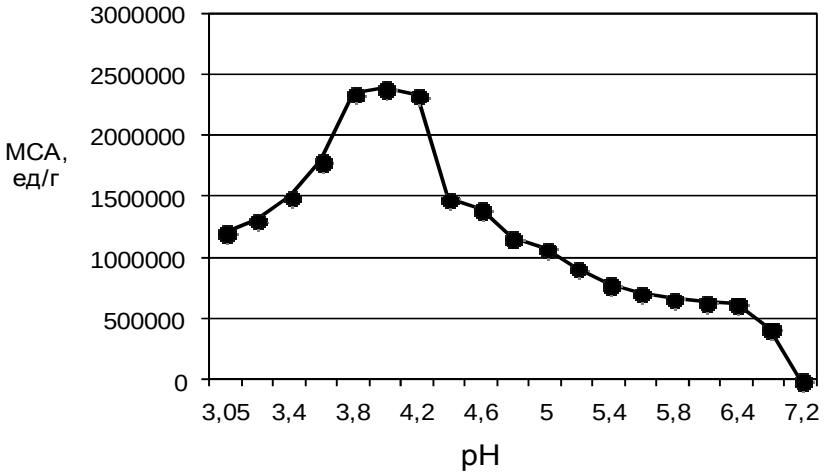

Рис. 3. Изменение МСА ферментного препарата молокосвертывающего действия штамма В-02 *I. lacteus* в зависимости от pH растворителя (цитратный буфер)

Выводы

Экзоферментный препарат молокосвертывающего действия штамма В-02 *I. lacteus* представляет собой комплекс, состоящий из кислых протеиназ с температурным оптимумом действия 30-40°С, а инактивация их осуществляется при 70°С. Непродолжительное прогревание ферментного препарата при высоких температурах с его последующим охлаждением способствует стабилизации неденатурированных белков.

Список литературы

1. *Бойко М. И., Кузнецова И. А., Белун А. В.* Определение оптимальных значений pH и температуры для культивирования *Irpex lacteus* Fr. А-Дон-02 продуцента протеиназ молокосвертывающего действия // Современная микология в России : тез. докл. II съезда микологов России. М., 2008. С. 121.

2. *Бойко М. И., Стадничук В. М.* Дереворазрушающие грибы – активные продуценты протеиназ молокосвертывающего и тромболитического действия // Успехи медицинской микологии. М. : Национальная академия микологии, 2003. Т. 1. С. 237–238.

3. *Демченко С. И., Тюфкий А. В.* Отбор перспективных моноспоровых культур вешенки обыкновенной для имбридинга // Сучасні проблеми фізіології та інтродукції рослин : матер. Всеукр. наук.-практ. конф. до 80-річчя проф. Л. Г. Долгової. Дніпропетровськ, 2007. С. 39.

4. *Никитина О. А.* Регуляция активности экзопротеиназ молокосвертывающего действия штаммов *Hirschioporus laricinus* (Karst.) Ryv. : дис. ... канд. биол. наук. К., 1998. 152 с.

5. *Федоров Н. И.* Корневые гнили хвойных пород. М. : Лесная промышленность, 1984. 160 с.

6. *Kawai M., Mukai N.* Studies on milk clotting enzymes produced by Basidiomycetes. 1. Screening test of Basidiomycetes for the production of milk clotting enzymes // J. Agr. Biol. Chem. 1970. Vol. 34, N 2. P. 159–163.

***Zagnitko Yu. P.* Activity of the enzyme preparation of milk coagulative action of the strain B-02 *Irpex lacteus* Fr. in different value of temperature and pH.** – The study on some physical and chemical properties of milk coagulative enzyme preparation of the strain *Irpex lacteus* (Fr.) Fr. B-02 was conducted. It was shown that the extracellular milk coagulative enzyme of the strain *I. lacteus* B-02 is a complex consisting of acidic proteases with an optimum temperature of action 30-40°C.

Key words: thrombolytic activity, enzyme preparation, warming, acidity, proteinase.

УДК 631.415.1 : 631.416.1 : 631.416.2 : 631.417.2

© **Д. В. Сыщиков, И. В. Агурова**

МОНИТОРИНГ СОДЕРЖАНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА И ЭЛЕМЕНТОВ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ В ЭДАФОТОПАХ ТЕХНОГЕННЫХ ЭКОСИСТЕМ

Государственное учреждение «Донецкий ботанический сад»
283059, г. Донецк, пр. Ильича, 110; e-mail ir.agur@mail.ru, 2007dmitry@rambler.ru

Сыщиков Д. В., Агурова И. В. **Мониторинг содержания органического вещества и элементов минерального питания в эдафотопах техногенных экосистем. –** Результаты проведенных исследований позволяют сделать заключение о варьировании содержания органического вещества и элементов минерального питания в эдафотопах техногенно нарушенных земель. На концентрацию и сезонную динамику этих элементов влияние оказывают множество факторов, включая эдафические особенности субстрата, климатические условия, флористическое разнообразие.

Ключевые слова: элементы минерального питания, гумус, эдафотоп, динамика, техногенный экотоп.

Введение

В настоящее время уровень антропогенной трансформации достиг критически высоких величин. Быстрый рост городов и стремительное развитие промышленного комплекса вызывает необратимые изменения почв, растительности и ландшафта. В промышленно загрязненных городах возникают новые элементы ландшафта с обедненным видовым составом растений. Кроме того, продолжающаяся деградация земель в настоящее время представляет одну из важнейших мировых социально-экономических проблем [2].

В Донецком регионе наиболее развита угледобывающая промышленность, результатом деятельности которой являются отвалы угольных шахт, оказывающие негативное влияние на окружающую среду. Источником отрицательного влияния на близлежащие территории являются и такие техногенные объекты как хвостохранилища, промышленные участки предприятий, отвалы вскрыши, свалки бытовых отходов, золоотвалы, шламовые отвалы и др. Занимая большие площади, техногенные и посттехногенные эдафотопы являются постоянным источником загрязнения воздуха и почвы.

Изучение физических и химических свойств техноземов позволит выявить лимитирующие факторы, сдерживающие восстановление нарушенных земель для оценки перспектив их восстановления и разработки специальных рекультивационных мероприятий, направленных на активизацию процессов самовосстановления нарушенных почв.

Целью наших исследований было изучение обеспеченности основными элементами минерального питания и органического вещества эдафотопов техногенно нарушенных земель.

Материал и методы исследования

Исследования проводились на мониторинговых участках, расположенных в южной и юго-западной части Донецко-Макеевской промышленной агломерации.

Описание почвенных разрезов проводили по И. И. Назаренко и Н. И. Полупану [5, 6]. Отбор почвенных образцов проводили по почвенным горизонтам [4] в весенний, летний и осенний периоды года (в характерное время для каждого сезона в нашем регионе).

Мониторинговый участок № 1. Территория, прилегающая к южной части отвала шахты № 12 «Наклонная» (Пролетарский район г. Донецка). Общее проективное покрытие (ОПП) растений составляет 95–100%.

Разрез № 1. Чернозем обыкновенный среднегумусированный.

Н – 0–47 см. Свежий, темно-бурый, однородный, легкосуглинистый, среднезернистый, умеренно плотный. Новообразований и включений не выявлено. Отмечается большое количество корней. Переход в горизонт Нр ясный по цвету и структуре.

© **Сыщиков Д. В., Агурова И. В., 2019**

Hp – 47–86 см. Свежий, светло-каштановый-коричневый, неоднородный, легкосуглинистый, среднезернистый, умеренно плотный. Новообразований и включений не отмечено. Редкие корни. Переход в горизонт hP резкий по цвету и структуре.

hP – 86–110 см. Суховатый, светло-каштановый, однородный, суглинистый, пластинчатый, умеренно плотный. Новообразований и включений не отмечено. Единичные корни. Переход в горизонт P языковатый по цвету.

P – глубже 110 см. Суховатый, коричневато-оранжевый, однородный, суглинистый, пластинчатый, плотный. Новообразований и включений не отмечено. Корни отсутствуют.

Данный участок рассматривается нами как условный контроль.

Мониторинговый участок № 2. Склон отвала шахты № 12 «Наклонная» северной экспозиции (Пролетарский район г. Донецка). ОПП 25–30%. Довольно много *Echium vulgare* L., *Oenothera biennis* L. Рассеянно произрастают *Ambrosia artemisiifolia* L., *Artemisia absinthium* L., *Daucus carota* L., *Centaurea diffusa* Lam., *Linaria genistifolia* (L.) Mill., *Holosteum umbellatum* L. и *Senecio vernalis* Waldst. & Kit., единично встречаются *Rumex crispus* L. и однолетние всходы *Acer negundo* L. В нижней части участка добавляются *Achillea pannonica* Scheele и *Chondrilla juncea* L.

Разрез № 2. Примитивные неразвитые почвы.

H – 0–20 см. Свежий, темно-бурый, однородный, бесструктурный, порошистый, рыхлый. Новообразований не отмечено, каменистость 25%. Густо пронизан корнями растений. Переход в горизонт P ясный по цвету.

P – суховатый, темно-серый, однородный, бесструктурный, порошистый, рыхлый. Новообразований не отмечено, каменистость 40%. Единичные корни. Прослежен до глубины 45 см.

Мониторинговый участок № 3. Территория, прилегающая к северо-восточной части отвала шахты № 12 «Наклонная» (Пролетарский район г. Донецка). Растительный покров практически отсутствует. Отмечено рассеянное произрастание *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud., особи угнетенные, на 1.07 высота растущих по руслу ручья экземпляров не превышала 40 см. В месте отбора проб на относительно просохшем участке были только мертвые особи с наростами соли.

Разрез № 3. Гидроморфный солончак.

Hs – 0–43 см. Сырой, темно-серый, неоднородный, с беловатыми выцветами солей до глубины 8 см. Среднесуглинистый, плитчатый, плотно сложенный. Отмечаются органические новообразования (корневины), включений не отмечено. Переход в горизонт P постепенный, волнистый по структуре и цвету.

Hps – 43–55 см. Сырой, черный, однородный, тяжелосуглинистый, мелко зернистый, плотно сложенный. Новообразований и включений не отмечено. Корни отсутствуют.

Ниже 55 см грунтовые воды.

Мониторинговый участок № 4. Свалка твердых бытовых отходов (Пролетарский район, г. Донецка). В фитоценозе доминируют *Festuca valesiaca* Gaudin и *Tanacetum millefolium* (L.) Tzvelev. Довольно много *Medicago romanica* Prodán, *Artemisia marschalliana* Spreng и *A. austriaca* Jacq. (группами). Рассеянно представлены *Eryngium campestre* L., *Plantago urvillei* Opiz, *Salvia tesquicola* Klokov & Pobed, *Marrubium praecox* Janka, *Stachys transsilvanica* Schur, *Holosteum umbellatum* L., *Euphorbia stepposa* Zoz ex Prokh., *E. seguieriana* Neck., *Senecio jacobaea* L., *Otites sibirica* (L.) Raf., *Ononis arvensis* L., *Thesium arvense* Horv., *Nonea rossica* Steven, *Thymus marschallianus* Willd., в нескольких экземплярах встречены *Hesperidium triste* (L.) G. Beck и единичной группой *Agropyron pectinatum* (M. Bieb.) P. Beauv. Общее проективное покрытие 80%.

Разрез № 4. Примитивные неразвитые почвы на песчанике.

H – 0–18 см. Суховатый, темно-серый, однородный, супесчаный, мелкозернистый, слабо уплотненный. Новообразований и включений не отмечено. Много корней. Переход в горизонт P резкий, волнистый по цвету и структуре.

Р – сухой, белесоватый-темно-каштановый, неоднородный, песчаный, мелкокомковатый, рыхлый. Новообразований и включений не отмечено. Единичные корни. Прослежен до глубины 40 см.

Мониторинговый участок № 5. Выведенное из эксплуатации шламохранилище (Горняцкий район г. Макеевки). Растительный покров представлен *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud., также в составе формирующейся группировки представлены *Poa compressa* L. *Taraxacum officinale* Wigg., *Epilobium parviflorum* Schreb., *Daucus carota* L., а из древесных растений имеются несколько экземпляров *Elaeagnus angustifolia* L. возрастом не менее 5 лет. Общее проективное покрытие в зарослях *Phragmites australis* доходит до 100%.

Разрез № 5. Субстрат (черный песчаный шлам) с признаками почвообразования. Черный, бесструктурный, плотносложенный, мелкопластинчатый, порошистый. Генетические горизонты не выражены. В профиле наблюдается первичное агрегатообразование на корнях растений, накопление гумуса не имеет морфологического выражения вследствие слабого развития глинистой составляющей. Включений, ходов и пор зоогенной природы не выявлено. Отбор почвенных образцов проводился по слоям 0–10 и 20–30 см.

Содержание органического вещества определялось по методу Тюрина со спектрофотометрическим окончанием по Орлову-Гриндель [1, 7]. Концентрация аммонийного азота (обменного аммония) определялась колориметрически с реактивом Несслера [1, 7]. Содержание нитритного азота по взаимодействию с альфа-нафтиламином и сульфаниловой кислотой [1, 7]. Определение подвижных форм фосфора проводили согласно методу Чирикова [1, 7]. Статистическая обработка экспериментальных данных проводилась по общепринятым методам параметрической статистики на 95% уровне значимости по Ю. Г. Приседскому [8].

Результаты и обсуждение

При изучении содержания гумуса в эдафотопах мониторинговых участков установлено варьирование этого показателя (в процентах) как по отдельным горизонтам, так и по участкам и сезонам (табл. 1).

Таблица 1

Содержание гумуса (%) в техноземах мониторинговых участков

Участок	Весна		Лето		Осень	
	M ± m	%	M ± m	%	M ± m	%
№ 1 H	3,68±0,05	–	3,38±0,05	–	2,67±0,03	–
№ 1 Hp	2,25±0,08	–	2,29±0,12	–	1,53±0,05	–
№ 1 hP	1,73±0,06	–	1,68±0,05	–	0,92±0,05	–
№ 1 P	0,83±0,03	–	0,85±0,03	–	0,57±0,01	–
№ 2 H	0,71±0,03*	19,3	0,72±0,03*	21,2	0,49±0,02*	18,3
№ 2 P	0,56±0,02*	67,5	0,54±0,02*	63,5	0,33±0,01*	57,9
№ 3 Hs	4,32±0,06*	117,3	5,67±0,19*	167,5	3,85±0,2*	144,1
№ 3 Hps	3,51±0,06*	156,0	5,0±0,06*	218,3	3,21±0,22*	209,8
№ 4 H	3,54±0,06	96,3	3,35±0,03	99,1	3,65±0,14*	136,8
№ 4 P	1,21±0,08*	145,7	1,08±0,03*	127,0	1,11±0,07*	194,7
№ 5 0-10, см	0,83±0,01*	22,6	0,72±0,03*	21,3	0,78±0,02*	29,2
№ 5 20-30, см	0,77±0,02*	92,7	0,63±0,02*	74,1	0,72±0,02*	126,3

Примечание. Здесь и в табл. 2-4 % – процент превышения значений по отношению к аналогичным почвенным горизонтам участка № 1, * – различия статистически достоверны при $p < 0,05$.

Наименьшим количеством гумуса, не превышающим 0,9% в весенний период исследований, характеризовались участки № 2 и 5. Полученные данные объясняются тем, что согласно классификации отвалов шламохранилища относят к классу отвалов, сложенных породами, подвергшимися частичной или полной переработке и лишенными органических веществ или крайне бедными ими [3]. По сравнению с контролем повышенное содержание гумуса было отмечено на участке № 3 (солончак). Поскольку формирование солончака происходило на черноземе, то потенциально этот участок имел достаточное (в процентном отношении) содержание органического вещества. В связи с практически отсутствием растительности и неразвитостью растительного покрова на этом участке расхода органического вещества не происходит, гумус накапливается как в поверхностном, так и глубинном горизонте. Почвы полигона ТБО также характеризуются повышенным содержанием гумуса по сравнению с контролем по причине потенциально изначально высокого содержания органического вещества в субстрате, на котором он сформирован. Для чернозема среднегумусированного отмечено постепенное уменьшение содержания гумуса вниз по профилю (с 3,68 до 0,83%), что является характерным признаком большинства зональных типов почв. Наличие достаточного количества гумуса на этом мониторинговом участке объясняется в первую очередь сформированностью растительного покрова и наличием достаточно широкого видового разнообразия растений, присутствием в составе почвы хорошо сформированного дернового слоя, составными элементами которого являются растительные остатки прошлых лет.

В процессе изучения сезонной динамики органического вещества нами зафиксировано незначительное снижение содержания гумуса на всех мониторинговых участках летом по сравнению с весенним периодом исследований. Единственное исключение составлял участок № 3, где отмечено возрастание процентного содержания гумуса в гумусово-аккумулятивном и переходном горизонтах. В целом летом нами не зафиксировано существенного уменьшения содержания гумуса как по горизонтам, так и по отдельным участкам.

В осенний период отмечается значительное снижение процентного содержания гумуса, что, вероятнее всего, связано не только с усиленным потреблением гумуса растениями, но и с преобладанием процессов его минерализации, обусловленных неудовлетворительными климатическими условиями (продолжительным периодом засухи). Кардинальные изменения в процентном содержании органического вещества затронули чернозем, где содержание гумуса снизилось в гумусово-аккумулятивном горизонте с 3,68 до 2,67%, в переходном – с 2,25 до 1,53%. Дальнейшее понижение процентного содержания гумуса наблюдается на мониторинговом участке № 2 (отвал угольной шахты). Складывающиеся жесткие микроклиматические условия на отвале, усиливающиеся постоянными эрозионными процессами, наряду с несформированным растительным покровом, а, следовательно, и малым количеством растительных остатков привели к преобладанию процессов минерализации гумуса над его образованием. В результате проведенных исследований можно утверждать, что динамика содержания гумуса в почвах мониторинговых участков имеет ниспадающий характер с минимумом в осенний период. Низкое содержание органического вещества в эдафотопах отвалов угольных шахт обусловлено неразвитостью почвенного профиля, неблагоприятными гидротермическими условиями, грубым гранулометрическим составом (физические факторы). Кроме того, на скорость почвообразования оказывает влияние и слабая развитость растительного покрова и ограниченный видовой состав.

При изучении концентрации основных элементов минерального питания в техноземах было зафиксировано изменение их содержания как по сезонам, так и по мониторинговым участкам, что доказывает неравномерность накопления и расходования тех или иных элементов.

Анализ данных табл. 2 показал, что в почвах всех мониторинговых участков содержание обменного аммония было наибольшим в весенний период исследований, что связано с усилением активности почвенных микроорганизмов. Максимальная концентрация

аммонийного азота отмечена во всех генетических горизонтах гидроморфного солончака и примитивных неразвитых почв на песчанике. Так, в нижележащем горизонте (HPs) солончака количество азота превышает содержание этого элемента в соответствующем горизонте среднегумусированного чернозема почти в 5 раз, а в поверхностном горизонте – более чем в два раза. Это еще раз подтверждает аксиому про вторичность солончаков и неизрасходованность азота на накопление вегетативной и генеративной массы растениям и накоплением его со временем в значительных количествах в почве. Содержание аммонийного азота в среднегумусированном черноземе варьирует в пределах от 1,18 до 5,44 мг/100 г почвы (количество аммонийного азота последовательно снижается при прохождении вниз по почвенному профилю). Наименьшее содержание аммонийного азота зафиксировано в поверхностном горизонте участка № 2 (1,81 мг/100 г почвы). Жесткие гидротермические условия и неразвитость растительных сообществ повлияли на снижение количества аммонийного азота на почвах, сформированных в условиях отвалов угольных шахт.

Таблица 2

Содержание обменного аммония (мг N-NH_4/100 г почвы) в техноземах мониторинговых участков

Участок	Весна		Лето		Осень	
	M ± m	%	M ± m	%	M ± m	%
№ 1 H	5,44±0,21	–	2,75±0,2	–	4,87±0,86	–
№ 1 Hp	1,44±0,17	–	1,66±0,08	–	4,92±0,15	–
№ 1 hP	1,67±0,08	–	1,64±0,15	–	5,73±0,26	–
№ 1 P	1,18±0,08	–	1,2±0,08	–	4,88±0,2	–
№ 2 H	1,81±0,12*	33,2	2,23±0,12*	81,1	4,06±0,29	83,4
№ 2 P	1,84±0,29*	155,9	2,09±0,14*	174,2	3,89±0,3*	79,7
№ 3 Hs	12,71±0,4*	233,6	13,07±0,88*	475,3	16,42±0,66*	337,2
№ 3 Hps	6,82±0,28*	473,6	14,66±0,45*	883,1	14,96±0,7*	304,1
№ 4 H	8,17±0,4*	150,2	5,41±0,26*	196,7	5,7±0,24	117,0
№ 4 P	5,68±0,54*	481,4	3,81±0,07*	317,5	4,63±0,18	94,9
№ 5 0-10 см	3,18±0,10*	58,4	3,08±0,09*	112,0	2,89±0,26	59,3
№ 5 20-30 см	4,05±0,12	343,2	3,45±0,16*	287,5	2,89±0,29	59,2

По сравнению с весенним периодом исследований нами прослежено изменение в количественном содержании аммонийного азота летом. Так, в случае с участком № 1 (в особенности для гумусово-аккумулятивного горизонта) нами прослежена тенденция значительного снижения его концентрации, что, вероятнее всего, связано с усиленной утилизацией данной формы азота растениями. В генетических горизонтах примитивных неразвитых почв (участок № 2) количество аммонийного азота практически не изменяется. Значительное понижение содержания обменного аммония характерно для почв участка № 4 – по сравнению с весенним периодом исследований количество аммонийного азота уменьшилось с 8,17 до 5,41 и с 5,68 до 3,81 мг/100 г почвы для гумусового горизонта и материнской породы соответственно. Наиболее существенное повышение аммонийного азота зафиксировано для переходного горизонта участка № 3, что связано с дальнейшим накоплением аммонийного азота и отсутствием необходимости в его потреблении. В целом сохраняется тенденция распределения аммонийного азота в генетических горизонтах мониторинговых участков по отношению к контролю.

Осенью отмечено повышение содержания обменного аммония по сравнению с летним периодом исследований. Так, для среднегумусированного чернозема зафиксировано увеличение концентрации аммонийного азота в 2 и более раз. Причем наиболее существенное повышение содержания аммонийного азота характерно для переходных горизонтов. Для гидроморфного солончака зафиксировано незначительное повышение

аммонийного азота. Возрастание концентрации данной формы азота в почве осенью может быть обусловлено минимизированием его потребления растениями.

По обеспеченности аммонийным азотом поверхностный горизонт чернозема оценен как среднеобеспеченный, остальные горизонты характеризуются очень низким его содержанием. Примитивные неразвитые почвы имеют очень низкое содержание аммонийного азота. Для участков № 3 и 4 характерно повышенное содержание аммонийного азота. Таким образом, в результате проведенных исследований показано, что содержание аммонийного азота в почвах мониторинговых участков изменчиво и варьирование зависит от сезона, типа участка и генетического горизонта.

Нитритный азот относится к промежуточной стадии в цепи бактериальных процессов окисления аммония до нитратов. Нитриты отличаются высокой степенью подвижности и хорошо растворимы в воде. Влияние на передвижение азотных соединений в почве оказывают климатические условия, такие как неравномерное выпадение осадков и экстремальные температурные значения, а также физические особенности грунтов, а именно гранулометрический состав, водно-физические характеристики и пр. Во влажных почвах чаще всего нитриты переходят в нитраты. Изучение содержания нитритного азота также проводилось в сезонной динамике (табл. 3).

Таблица 3

Содержание нитритного азота (мг $N\text{-}NO_2$/кг почвы) в техноземах мониторинговых участков

Участок	Весна		Лето		Осень	
	M ± m	%	M ± m	%	M ± m	%
№ 1 H	10,49±0,7	–	4,43±0,23	–	9,18±1,21	–
№ 1 Hp	9,18±0,46	–	3,51±0,26	–	4,57±0,13	–
№ 1 hP	4,96±0,13	–	2,72±0,13	–	3,25±0,23	–
№ 1 P	3,35±0,11	–	2,19±0,13	–	2,43±0,11	–
№ 2 H	8,55±0,46*	81,5	1,54±0,26*	34,6	7,44±0,7*	81,0
№ 2 P	3,28±0,26	97,9	0,74±0,13*	33,8	2,38±0,16	97,9
№ 3 Hs	4,57±0,13*	43,5	1,67±0,6*	37,7	2,25±0,14*	24,5
№ 3 Hps	4,04±0,23*	44,0	0,61±0,13*	17,4	1,14±0,07*	24,9
№ 4 H	11,81±0,7	112,6	9,04±0,05*	204,0	9,44±0,26	102,8
№ 4 P	9,44±0,7*	281,8	7,86±0,7*	358,9	8,78±0,23*	361,3
№ 5 0-10 см	0,72±0,16*	6,9	0,3±0,03*	6,8	0,16±0,05	1,7
№ 5 20-30 см	0,14±0,03*	4,2	0,11±0,03*	5,0	0,09±0,01	3,7

Весной значительное количество нитритного азота было отмечено на участке № 4, а также в поверхностном и промежуточном горизонтах участка № 1. С глубиной количество нитритного азота постепенно снижается, что согласуется и с литературными данными. Критически низкое количество нитритного азота зафиксировано на участке № 5, что связано с несформированностью субстрата и низким уровнем микробиологической активности.

Летом отмечено существенное снижение содержания нитритного азота, по сравнению с весенним периодом исследований, что связано с угнетением активности микробоценоза почв. Так, на участке № 1 количество нитритного азота снизилось в 2–3 раза, на мониторинговом участке № 2 – в 8 раз. Наименее существенные изменения количества нитритного азота затронули примитивные почвы. Тенденция уменьшения содержания нитритного азота по профилю сохраняется и в данный период исследований.

Осенью содержание нитритного азота практически на всех мониторинговых участках повысилось по сравнению с летним периодом исследований, в то же время максимум наблюдался в весенний период. В некоторых случаях (для поверхностного горизонта участка № 1 и для участка № 4) содержание нитритного азота приблизилось к значениям концентрации этого элемента в весенний период. Таким образом, результаты проведенных

исследований показывают, что содержание нитритного азота в субстратах мониторинговых участков динамично, наибольшее его количество зафиксировано в весенний период.

Доступный для питания растений фосфор находится в почве в форме легкорастворимых фосфатов. Нами прослежена сезонная динамика содержания фосфора в субстратах мониторинговых участков (табл. 4). Содержание подвижного фосфора весной оценено как очень низкое (участок № 5), низкое (участки № 1 горизонты hP и P, № 2 горизонт P), среднее (участки № 1 горизонт Hp, № 4 горизонт P, № 3 горизонт HPs), повышенное (участки № 2 горизонт H, № 4 горизонт H, № 3 горизонт Hs), высокое (№ 1 горизонт H). Прослеживается тенденция уменьшения процентного содержания фосфора по почвенному профилю. По отношению к контролю нами зафиксировано наименьшее содержание фосфора на участке № 5, тогда как гидроморфный солончак характеризовался содержанием подвижных фосфатов, приближенным к контролю.

Таблица 4

Содержание подвижного фосфора (мг P_2O_5/100 г почвы) в техноземах мониторинговых участков

Участок	Весна		Лето		Осень	
	M ± m	%	M ± m	%	M ± m	%
№ 1 H	17,61±0,43	–	10,44±0,36	–	8,32±0,49	–
№ 1 Hp	5,98±0,55	–	4,69±0,15	–	3,68±0,36	–
№ 1 hP	3,98±0,21	–	2,03±0,21	–	1,89±0,11	–
№ 1 P	2,88±0,21	–	1,94±0,15	–	1,42±0,17	–
№ 2 H	11,2±0,7*	63,6	9,63±0,39	92,2	7,58±0,35	91,1
№ 2 P	2,82±0,19	97,9	2,15±0,24	110,8	1,67±0,15	117,6
№ 3 Hs	14,61±0,52*	83,0	10,85±0,24	103,9	8,04±0,62	96,7
№ 3 Hps	7,78±0,42*	130,1	5,83±0,42*	124,3	4,51±0,19*	122,5
№ 4 H	10,98±1,1*	62,4	7,75±0,69*	74,2	6,21±0,28*	74,6
№ 4 P	7,76±0,19*	269,4	4,18±0,35*	215,4	3,07±0,18*	216,2
№ 5 0-10 см	0,88±0,1*	5,0	0,54±0,15*	5,2	0,46±0,08*	5,5
№ 5 20-30 см	0,18±0,03*	6,2	0,08±0,02*	4,1	0,06±0,01*	4,2

Ухудшение погодных условий, отсутствие осадков в летний период отразились и на содержании фосфора летом. Так, на всех мониторинговых участках зафиксировано значительное снижение его концентрации, также сохраняется тенденция уменьшения фосфора по почвенному профилю. Осенью наблюдается дальнейшее понижение концентрации подвижных фосфатов, при этом прослеживается похожая тенденция снижения (повышения) количества фосфора по отношению к контролю. Результаты проведенных исследований свидетельствуют о сезонном снижении содержания доступного фосфора. Так, наименьшее содержание фосфора зафиксировано осенью, в конце вегетационного периода растений. Наименьшие значения фосфора характерны для примитивных неразвитых фрагментарных почв, наибольшие значения – для среднегумусированного чернозема и гидроморфного солончака.

Выводы

При изучении содержания элементов минерального питания и органического вещества в эдафотопах техногенно нарушенных земель установлены следующие общие закономерности. Динамика содержания гумуса в почвах мониторинговых участков имеет ниспадающий характер с минимумом в осенний период. В результате изучения вышеперечисленных техноземов можно составить следующий ряд в порядке снижения процентного содержания гумуса: гидроморфный солончак > примитивные неразвитые почвы на песчанике > чернозем обыкновенный > субстрат с признаками почвообразования > примитивные неразвитые почвы. Содержание аммонийного азота в почвах мониторинговых

участков изменчиво и варьирует от сезона к сезону. Количество аммонийного и нитритного азота, его содержание и варьирование зависит от сезона, типа участка и горизонта. Наименьшее содержание фосфора зафиксировано осенью, в конце вегетационного периода растений. Наименьшие значения фосфора характерны для примитивных неразвитых фрагментарных почв, наибольшие значения – для среднегумусированного чернозема и гидроморфного солончака.

Результаты проведенных исследований позволяют сделать заключение о динамичности и варьировании содержания органического вещества и элементов минерального питания в эдафотопах техногенно нарушенных земель. На концентрацию и сезонную динамику этих элементов оказывают влияние множество факторов, включая эдафические особенности субстрата, климатические условия, флористическое разнообразие и пр.

Список литературы

1. *Аринушкина Е. В.* Руководство по химическому анализу почв. М. : Изд-во МГУ, 1970. 487 с.

2. *Лукина Н. В.* Восстановление фиторазнообразия на золоотвалах в разных зонально-климатических условиях // Биологическая рекультивация нарушенных земель : матер. Междунар. совещ. Екатеринбург, 2003. С. 267–277.

3. *Колесников Б. П., Пикалова Г. М.* К вопросу о классификации промышленных отвалов как компонентов техногенных ландшафтов // Растения и промышленная среда. Свердловск, 1974. Вып. 3. С. 3–28.

4. Методы почвенной микробиологии и биохимии / Под ред. Д. Г. Звягинцева. М. : Изд-во МГУ, 1991. 304 с.

5. *Назаренко І. І., Польчина С. М., Нікорич В. А.* Ґрунтознавство. Чернівці : Книги-XXI, 2004. 400 с.

6. *Полупан М. І., Соловей В. Б., Величко В. А.* Класифікація грунтів України. К. : Аграрна наука, 2005. 300 с.

7. Практикум по агрохимии / Под ред. В. Г. Минеева. М. : Изд-во МГУ, 2001. 689 с.

8. *Приседський Ю. Г.* Статистична обробка результатів біологічних експериментів : навч. посібник. Донецьк : Касіопія, 1999. 210 с.

Syshchykov D. V., Agurova I. V. **Monitoring of the content of organic matter and mineral nutrition elements in edapotopes of technogenous ecosystems.** – The results of the conducted research allow us to make a conclusion on the variation of the content of organic matter and mineral nutrients in edaphotopes of technologically disturbed lands. Set of factors, including edaphic features of substrate, climatic conditions, floristic variety have an impact to the concentration and seasonal dynamics of these elements.

Key words: elements of mineral nutrition, humus, edaphotope, dynamics, technogenous ecotope.

УДК 582.284 : 577.151.52

© О. В. Чемерис, Ю. А. Помазкова

ОСОБЕННОСТИ БИОСИНТЕЗА ЭКЗОПРОТЕИНАЗ МОЛОКОСВЕРТЫВАЮЩЕГО ДЕЙСТВИЯ БАЗИДИОМИЦЕТОМ *IRPEX LACTEUS* ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ИСТОЧНИКА УГЛЕРОДНОГО ПИТАНИЯ

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»
283050, г. Донецк, ул. Щорса, 46; e-mail: chemeris07@rambler.ru

Чемерис О. В., Помазкова Ю. А. **Особенности биосинтеза экзопротеиназ молокосвертывающего действия базидиомицетом *Irpex lacteus* при изменении источника углеродного питания.** – Исследованы особенности биосинтеза внеклеточных протеиназ молокосвертывающего действия четырех штаммов базидиомицета *Irpex lacteus* при изменении источника углеродного питания. Установлено, что наибольшая молокосвертывающая активность культуральной жидкости наблюдалась при культивировании штаммов *I. lacteus* 1080, 1632 и 2425 на питательной среде, содержащей глюкозу. Для штамма *I. lacteus* 2426 изменение источника углеродного питания значительного влияния на ферментативную активность культуральной жидкости не оказало.

Ключевые слова: базидиомицет *Irpex lacteus*, молокосвертывающая активность, углеродное питание.

Введение

Дереворазрушающие базидиальные грибы являются самыми перспективными продуцентами заменителя фермента молокосвертывающего действия животного происхождения, что имеет особое значение в связи с его острым дефицитом во всем мире [3]. Наиболее перспективными продуцентами внеклеточных протеиназ молокосвертывающего действия являются такие порядки базидиальных грибов: Aphillophorales, Agaricales и Lycoperdales. Наибольшим уровнем молокосвертывающей активности среди других выделяются грибы *Hirschioporus laricinus* [6], *Russula decolorans* [10] и *Irpex lacteus* [2, 13, 15]. Исследователями ведутся активные работы по поиску новых штаммов продуцентов [4], улучшению условий их культивирования с целью повышения биосинтетических особенностей [11, 12], способов очистки ферментных препаратов и др.

Целью данного исследования было изучение особенностей биосинтеза экзопротеиназ молокосвертывающего действия базидиальным грибом *I. lacteus* при изменении источника углеродного питания.

Материал и методы исследования

Штаммы гриба *I. lacteus* были выделены из ткани плодового тела согласно общепринятым методикам и хранятся в коллекции кафедры физиологии растений ДонНУ и в Коллекции культур шляпочных грибов Института ботаники им. Н. Г. Холодного НАН Украины (ИВК) под номерами 1080, 1632, 2425 и 2426. Культивирование штаммов *I. lacteus* проводили в колбах Эрленмейера объемом 100 мл с 50 мл жидкой глюкозо-пептонной среды [9] в статических условиях в течение 25 суток при оптимальной температуре. Источник углерода – глюкозу заменяли фруктозой, сахарозой и галактозой в количестве эквивалентном содержанию углерода глюкозы в питательной среде. Кислотность питательной среды доводили 10% раствором HCl до значений pH 4,0. Молокосвертывающую активность (МСА) культуральной жидкости (КЖ) штаммов определяли по методу M. Kawai и N. Mukai [14]. За единицу молокосвертывающей активности принимали такое количество фермента, которое створаживает 100 мл молока за 40 минут при 35°С. Полученные значения переводили в условные единицы согласно формуле [1, 8].

Содержание белка в культуральной жидкости определяли спектрофотометрическим методом на спектрофотометре СФ-46 (ЛОМО) [5], используя формулу Лайне [16].

Исследования проводили в трехкратной повторности. Статистическую обработку данных осуществляли дисперсионным анализом качественных и количественных признаков, а сравнение средних арифметических величин – по критерию Дункана [7].

© Чемерис О. В., Помазкова Ю. А., 2019

Результаты и обсуждение

При изменении источника углеродного питания штаммы *I. lacteus* способны к биосинтезу внеклеточных ферментов молокосвертывающего действия (рис. 1).

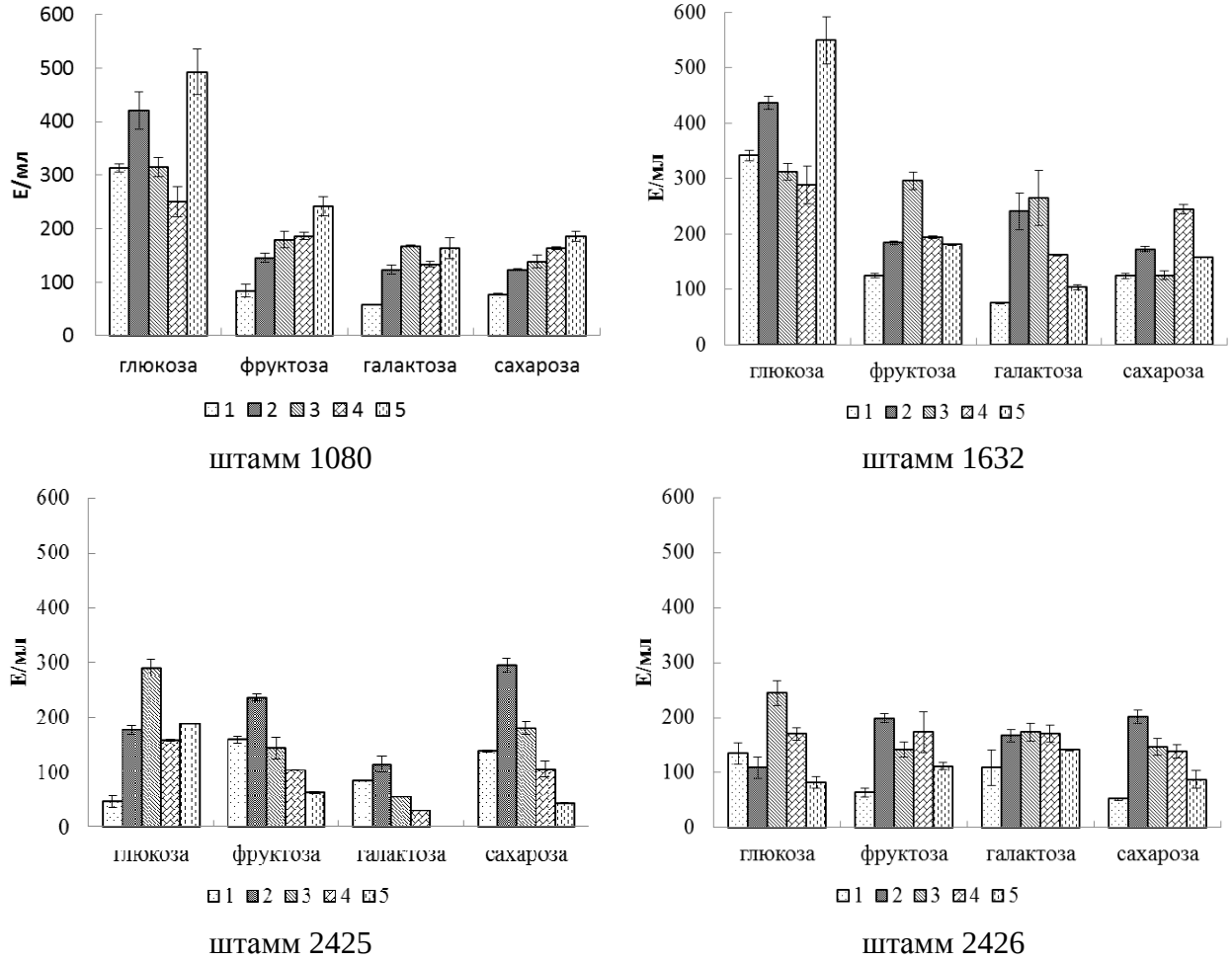

Рис. 1. Молокосвертывающая активность культуральной жидкости штаммов *Irpex lacteus* при культивировании на питательной среде с разными источниками углерода:
1 – 5-е сутки, 2 – 10-е сутки, 3 – 15-е сутки, 4 – 20-е сутки, 5 – 25-е сутки

Установлено, что наибольшая молокосвертывающая активность культуральной жидкости наблюдалась для штаммов *I. lacteus* 1080 и 1632 на 10-е и 25-е сутки культивирования на питательной среде, содержащей глюкозу, в пределах 420 Е/мл и 500-550 Е/мл соответственно. Изменение источника углеродного питания для данных штаммов *I. lacteus* вызвало значительное снижение МСА культуральной жидкости в два и более раз. При использовании фруктозы и галактозы в качестве источника углеродного питания для штамма *I. lacteus* 1632 отмечены значения молокосвертывающей активности КЖ в пределах 280-300 Е/мл на 10-15-е сутки культивирования, сахарозы – на 20-е сутки культивирования.

Для штамма *I. lacteus* 2425 максимальные значения МСА КЖ отмечены на 15-е сутки культивирования при использовании глюкозы как источника углерода. Однако при замене глюкозы на фруктозу и сахарозу максимум ферментативной активности культуральной жидкости смещался на 10-е сутки культивирования и составлял ~270-300 Е/мл. При культивировании штамма *I. lacteus* 2425 на питательной среде, содержащей галактозу, наблюдалось значительное снижение МСА культуральной жидкости с 5-х по 20-е сутки. Кроме того, на 25-е сутки отмечено отсутствие ферментативной активности КЖ. Полученные данные указывают, что использование галактозы при культивировании данного штамма *I. lacteus* нежелательно.

Замена источника углеродного питания значительного влияния на биосинтез внеклеточных протеиназ молокосвертывающего действия штаммом *I. lacteus* 2426 не оказала. Так, при культивировании штамма *I. lacteus* 2426 на питательной среде, содержащей глюкозу, максимум молокосвертывающей активности КЖ ~250 Е/мл наблюдался на 15-е сутки. При использовании фруктозы, галактозы и сахарозы значения ферментативной активности КЖ не превышали ~200 Е/мл.

На рис. 2 представлено изменение содержания белка в культуральной жидкости исследованных штаммов *I. lacteus* при культивировании на питательных средах с разными источниками углерода. Установлено, что для штаммов *I. lacteus* 1080, 1632 и 2425 содержание белка в культуральной жидкости не превышало контрольные значения (исходное содержание белка в питательной среде составляло 2,39 мг/мл). Именно в период низких значений содержания белка отмечена высокая молокосвертывающая активность культуральной жидкости. Это свидетельствует о том, что процессы биосинтеза ферментов молокосвертывающего действия не превышают процессы потребления белка из питательной среды.

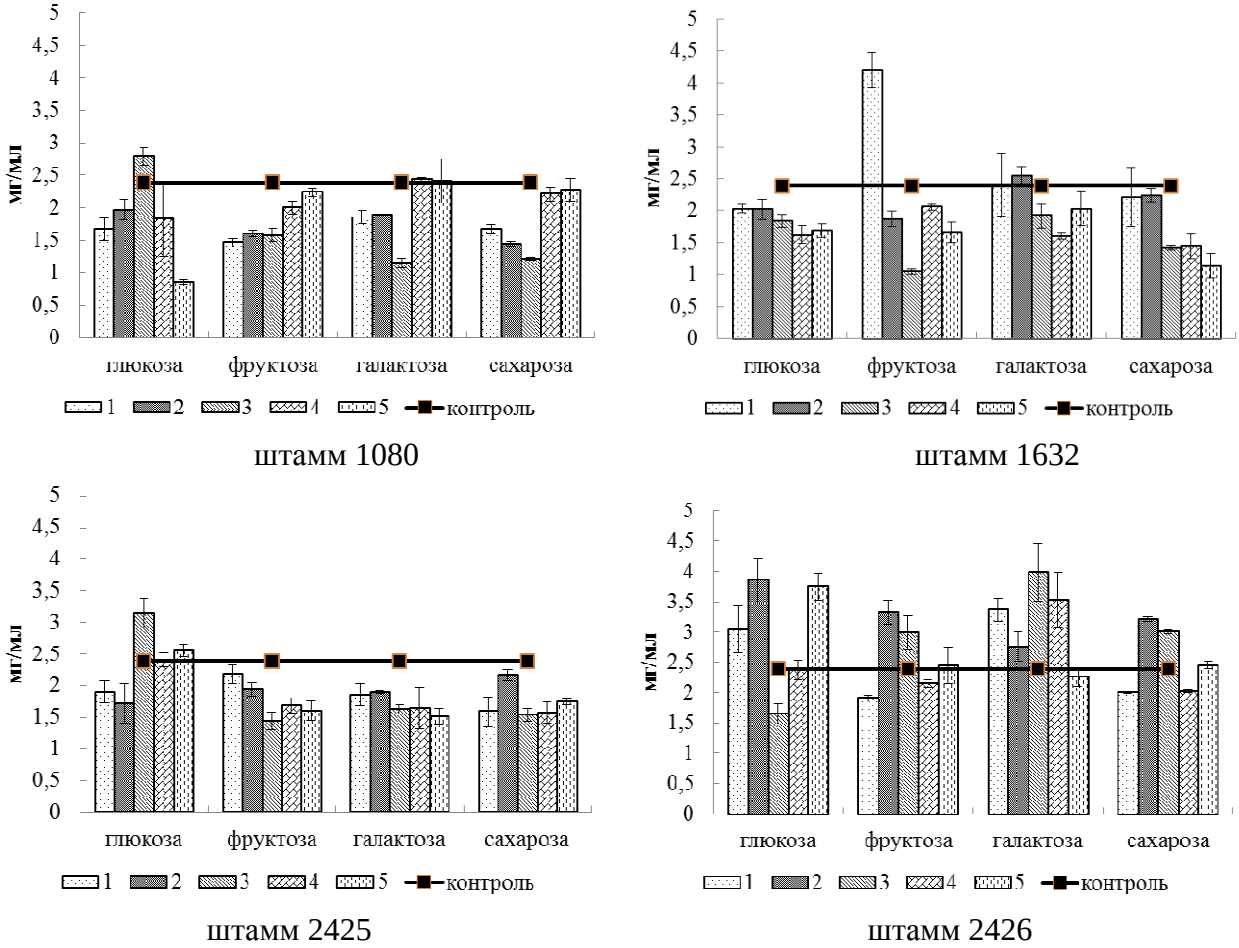

Рис. 2. Содержание белка в культуральной жидкости штаммов *Irpex lacteus* при культивировании на питательной среде с разными источниками углерода:
1 – 5-е сутки, 2 – 10-е сутки, 3 – 15-е сутки, 4 – 20-е сутки, 5 – 25-е сутки

Для штамма *I. lacteus* 2426 отмечено высокое содержание внеклеточного белка в КЖ. Очевидно, что для данного штамма процессы биосинтеза белка преобладали над потреблением его из питательной среды. Учитывая достаточно невысокую молокосвертывающую активность КЖ в этот период, можно предположить, что при культивировании штамма *I. lacteus* 2426 на питательных средах с разными источниками углеродного питания происходил синтез белков иной функции.

На рис. 3 представлены данные накопления абсолютно сухой биомассы штаммами *I. lacteus* при культивировании на питательных средах с разными источниками углеродного питания.

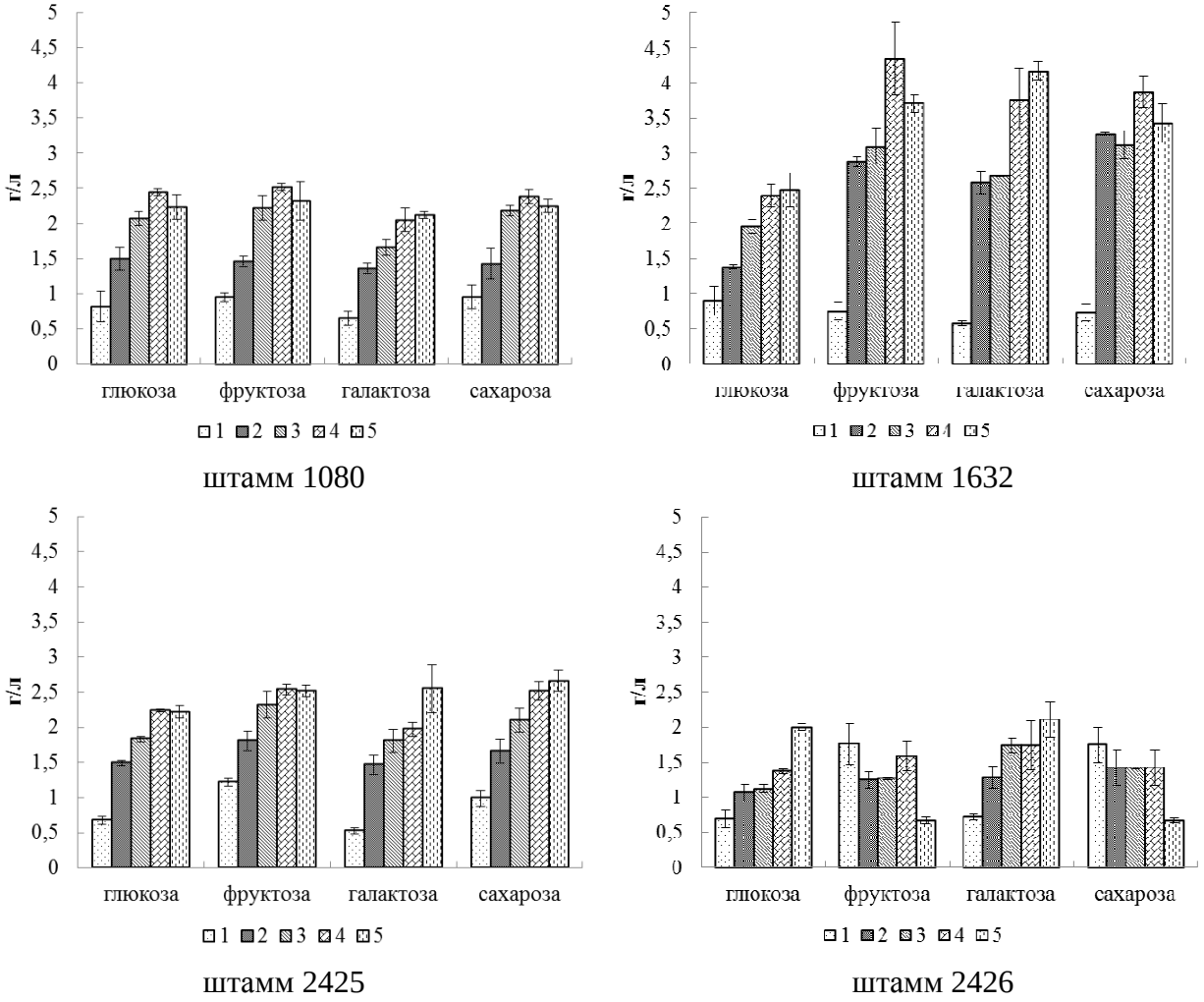

Рис. 3. Накопление абсолютно сухой биомассы штаммов *Irpex lacteus* при культивировании на питательной среде с разными источниками углерода:
1 – 5-е сутки, 2 – 10-е сутки, 3 – 15-е сутки, 4 – 20-е сутки, 5 – 25-е сутки

Установлено, что для штаммов *I. lacteus* 1080 и 2425 экспоненциальная фаза роста мицелия длилась 15 суток, а затем наступала стационарная фаза роста мицелия независимо от источника углерода в питательной среде. Причем максимальные значения молокосвертывающей активности КЖ штамма *I. lacteus* 1080 наблюдались на стационарной фазе роста, что противоречит литературным данным [13].

Для штамма *I. lacteus* 1632 наблюдался более высокий выход биомассы при культивировании на питательных средах, содержащих фруктозу, галактозу и сахарозу, чем при использовании глюкозы. При этом экспоненциальная фаза роста мицелия удлинялась до 20-х суток культивирования. Исключение составил вариант использования сахарозы в качестве источника углерода. В данном варианте стационарная фаза роста мицелия отмечена с 10-х суток культивирования.

При культивировании штамма *I. lacteus* 2426 выход биомассы мицелия был ниже по сравнению с другими штаммами продуцента. Причем на 25-е сутки культивирования штамма *I. lacteus* 2426 на питательных средах, содержащих фруктозу и сахарозу, наблюдалось снижение накопления биомассы, что, наряду с повышением содержания белка в культуральной жидкости (см. рис. 2), свидетельствует о процессах автолиза мицелия.

При культивировании штаммов *I. lacteus* на питательных средах, содержащих различные источники углерода, кислотность культуральной жидкости была выше контрольного значения (исходное значение питательной среды pH 4,0). Установлено, что для штаммов *I. lacteus* 1080, 2425 и 2426 кислотность КЖ находилась на уровне контроля на 5-е сутки культивирования. На 10-е сутки культивирования pH культуральной жидкости штаммов *I. lacteus* смещался к значениям 5,2-5,4. Исключение составил вариант использования глюкозы в качестве источника углеродного питания для штамма *I. lacteus* 1080 (рис. 4).

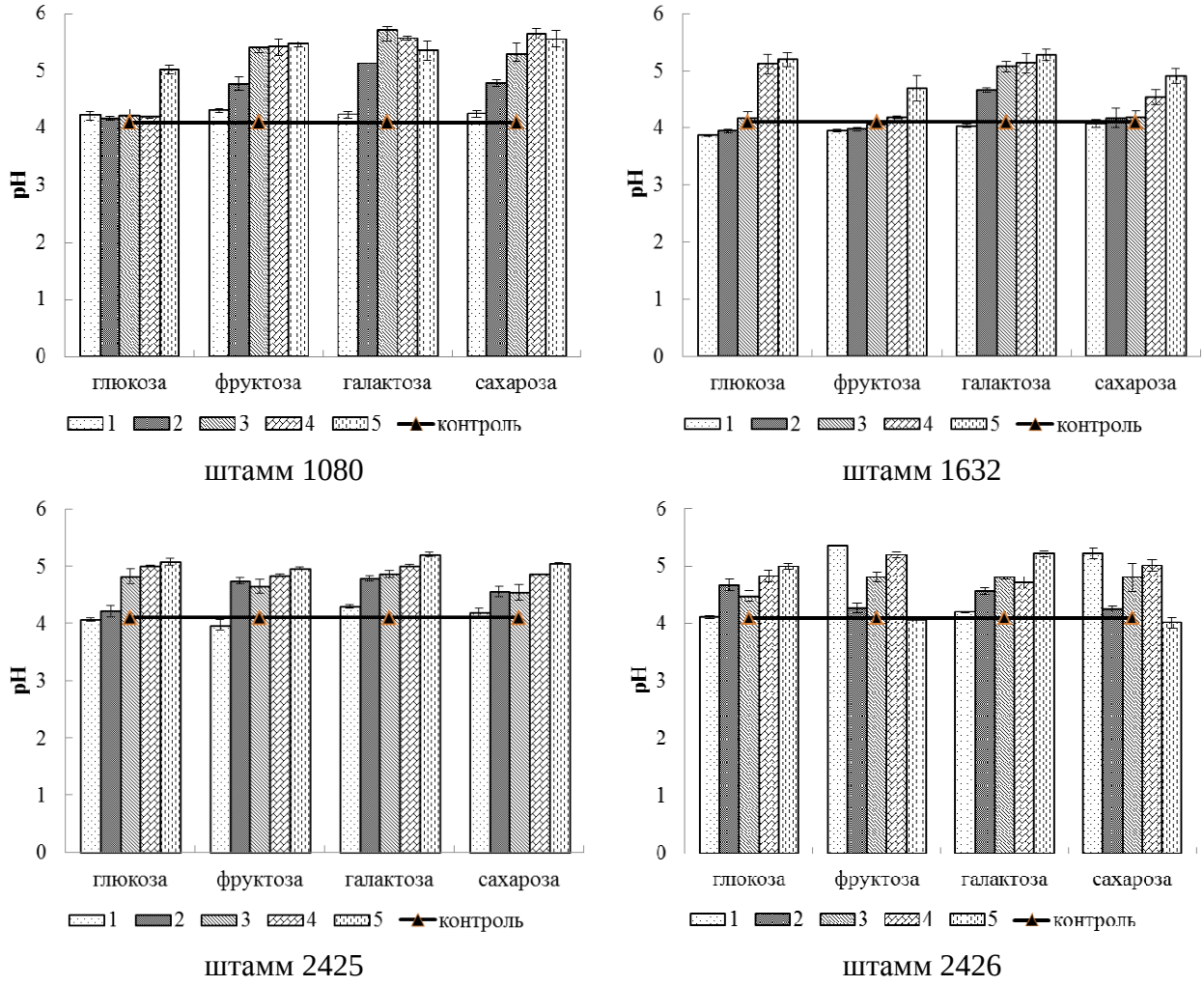

Рис. 4. Изменение pH культуральной жидкости штаммов *Irpex lacteus* при культивировании на питательной среде с разными источниками углерода:
1 – 5-е сутки, 2 – 10-е сутки, 3 – 15-е сутки, 4 – 20-е сутки, 5 – 25-е сутки

С 5-х по 15-е сутки культивирования штамма *I. lacteus* 1632 на питательных средах, содержащих глюкозу, фруктозу и сахарозу, pH культуральной жидкости находился на уровне контроля, а на 20-25-е сутки – смещался к значениям 5,0-5,2. При использовании галактозы в качестве источника углеродного питания pH КЖ с 10-х по 25-е сутки культивирования составлял значения ~5,1.

Выводы

Изменение источника углеродного питания оказывало влияние на биосинтез экзопротеиназ молокосвертывающего действия штаммами базидиального гриба *I. lacteus*.

Максимальные значения молокосвертывающей активности штаммов *I. lacteus* 1080, 1632 и 2425 отмечены при использовании глюкозы.

Для штамма *I. lacteus* 2426 изменение источника углеродного питания значительного влияния на ферментативную активность культуральной жидкости не оказало.

Полученные данные подтверждают, что штаммы *I. lacteus* проявляют индивидуальные особенности биосинтеза фермента молокосвертывающего действия.

Список литературы

1. Белки, ферменты и стерины базидиальных грибов. Методы исследования / Под ред. О. П. Низковской. Л. : Наука, 1979. 72 с.

2. *Бойко С. М.* Біологічні особливості штамів *Irpex lacteus* Fr. – продуцентів протеїназ молокозсідальної дії : автореф. дис. … канд. биол. наук. К., 2002. 20 с.

3. *Гудков А. В.* Сыроделие : технологические, биологические и физико-химические аспекты. М. : ДеЛи принт, 2004. 804 с.

4. *Дмитриева Т. А.* Изучение молокосвертывающей активности высших базидиомицетов : автореф. дис. ... канд. тех. наук. СПб., 2011. 20 с.

5. *Кочетов Г. А.* Практическое руководство по энзимологии. М. : Высш. шк., 1980. 272 с.

6. *Никитина О. А.* Регуляция активности экзопротеиназ молокосвертывающего действия штаммов *Hirschioporus laricinus* (Karst.) Ryv : дис. ... канд. биол. наук. К., 1998. 152 с.

7. *Приседський Ю. Г.* Статистична обробка результатів біологічних експериментів : навч. посібник. Донецьк : Кассиопея, 1999. 210 с.

8. *Типограф Д. Я., Петина Т. А.* Условия культивирования гриба *Aspergillus candidus*, шт. 111 и его ферментативные комплексы // Прикладная биохимия и микробиология. 1966. Т. 2, № 4. С. 417–424.

9. *Федорова Л. Н., Шиврина А. Н.* Протеазы сычужного действия в культурах высших грибов // Микология и фитопатология. 1974. Т. 8, № 1. С. 22–25.

10. *Федорова Л. Н., Дроздова Т. Н., Гаврилова В. П.* Биосинтез молокосвертывающего фермента базидиальным грибом *Russula decolorans* 0456 // Микология и фитопатология. 1981. Т. 15, № 6. С. 456–500.

11. *Чемерис О. В.* Оптимизация условий культивирования штамма *Irpex lacteus* 2426 – продуцента фермента молокосвертывающего действия // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2018. № 3–4. С. 146–151.

12. *Чемерис О. В.* Влияние условий культивирования (температура, pH питательной среды) на биосинтез протеиназ молокосвертывающего действия штаммами *Irpex lacteus* // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2019. № 1–2. С. 103–110.

13. *Чемерис О. В., Рашевский В. В., Галкова К. А., Бойко М. И.* Штаммовая изменчивость синтеза специфических молокосвертывающих протеиназ у базидиального гриба *Irpex lacteus* // Вестник Московского университета. Сер. 16. Биол. 2016. № 4. С. 45–49.

14. *Kawai M., Mukai N.* Studies on milk clotting enzymes produced by Basidiomycetes. I. Screening test of Basidiomycetes for the production of milk clotting enzymes // Agric. Biol. Chem. 1970. Vol. 34 (2). P. 159–163.

15. *Kobayashi H., Kusakabe I., Murakami K.* Milk-clotting enzyme from *Irpex lacteus* as a calf rennet substitute for cheddar cheese manufacture // Agric. Biol. Chem. 1985. Vol. 49, N 6. P. 1605–1609.

16. *Layne E.* Spectrophotometric and turbidimetric methods for measuring proteins // Methods Enzymol. 1957. Vol. 3. P. 447–455.

Chemeris O. V., Pomazkova Yu. A. **The features of the biosynthesis of milk-clotting exoproteinases by *Irpex lacteus* in changing the carbon nutrition.** – The features of the biosynthesis of extracellular milk-clotting proteases by four strains *Irpex lacteus* with a change in the source of carbon nutrition were studied. It was established that the highest milk-clotting activity of the culture liquid was observed during the cultivation of strains *I. lacteus* 1080, 1632 and 2425 on a nutrient medium containing glucose. For strain *I. lacteus* 2426, a change in the carbon nutrition source did not significantly affect the enzymatic activity of the culture liquid.

Key words: basidiomycete *Irpex lacteus*, milk-clotting activity, carbon nutrition.

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

1. Для публикации в научно-практическом журнале «Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона» принимаются не опубликованные ранее научные роботы по всем разделам биологии (ботаника, физиология растений, зоология, физиология человека и животных, биофизика и др.), которые касаются проблем экологии и охраны природы.

В печать принимаются научные статьи на русском и английском языках, которые имеют необходимые элементы: постановка проблемы в общем виде и её связь с важнейшими научными и практическими задачами; анализ последних достижений и публикаций, в которых рассмотрена данная проблема и на которые ссылается автор, выделение нерешенных ранее частей общей проблемы, на решение которых направлена данная статья; формулирование цели и постановка задач; изложение основного материала исследования с полным обоснованием полученных научных результатов; выводы из этого исследования и перспективы дальнейших исследований в данном направлении.

2. Статья набирается в редакторе MS Word 2003 как документ Word (*.doc) или текст в формате RTF (*.rtf). Шрифт – Times New Roman Cyr, размер – 12 пунктов, межстрочный интервал – одинарный; поля со всех сторон – по 2 см; абзацный отступ – 1 см; выравнивание – по ширине, без переносов; колонтитулы – 1,2 см, стиль «Обычный». Страницы рукописи не нумеруются.

Объем статьи (включая иллюстративный материал, таблицы, список литературы, резюме) – 5-16 страниц.

3. Текст статьи должен соответствовать структурной схеме:

УДК (в верхнем левом углу страницы)

Инициалы и фамилия автора (-ов)

Название статьи – **ЗАГЛАВНЫМИ БУКВАМИ**

Полное официальное название учреждения и его почтовый адрес с индексом
(для каждого из авторов, если они представляют разные учреждения)
и адрес электронной почты

4. Резюме (не более 50 слов) и ключевые слова подаются на русском и английском языках по такому образцу (размер шрифта – 10 пунктов):

Фамилия и инициалы автора (-ов). **Название статьи**. – Текст, который должен содержать краткое изложение предмета исследований, результатов и выводов.

Ключевые слова: не более 5-8 слов.

5. В тексте статьи выделяют разделы: **Введение, Материал и методы исследования, Результаты и обсуждение, Выводы, Список литературы**.

Благодарности подаются в конце статьи перед списком литературы.

6. **Список литературы** приводится согласно с правилами оформления библиографического списка (ГОСТ Р 7.05-2008).

Фамилии и инициалы авторов выделить *курсивом*.

Ссылки на литературные источники подаются цифрами в квадратных скобках.

Фамилии авторов в списке литературы размещаются в алфавитном порядке. Названия работ приводятся на языке оригинала.

Следует тщательно выверить соответствие литературных источников в тексте и в списке, проверить правильность названий периодических источников. При цитировании материалов и тезисов конференций, съездов, симпозиумов и др. обязательно указывать место и дату их проведения. При цитировании издания коллектива авторов следует указывать инициалы и фамилию ответственного редактора.

7. Латинские названия *родов* и *видов* необходимо выделить *курсивом*. Первое упоминание любого названия организма должно сопровождаться полным научным (латинским) названием с указанием автора (фамилия полностью) и года опубликования

(например, *Passer domesticus* (Linnaeus, 1758)), при следующем упоминании фамилия автора и год не приводятся, а название рода можно подавать сокращенно (*P. domesticus*).

8. В тексте, таблицах и списке литературы (там, где необходимо) следует употреблять короткое тире (–), а не дефис (-). Любой знак препинания набирается слитно с предыдущим словом и отделяется от последующего одним пробелом. Текст статьи должен быть тщательно выверен, без орфографических и стилистических ошибок.

9. Таблицы следует набирать в редакторе MS Word 2003. Их следует размещать в «книжном», а не в «альбомном» формате, с максимальной насыщенностью информацией в строках. В названиях граф сокращение слов нежелательно. Следует избегать составления слишком громоздких таблиц. Заголовок таблицы оформить по следующему примеру:

Таблица 1

Название таблицы

10. Рисунки, схемы, графики, диаграммы, фотографии в электронной форме должны быть вставлены в текст, сразу после ссылки на них (или на следующей странице). Подписи под рисунками делать в текстовом редакторе MS Word (Рис. 1. Название). Все элементы текста на графиках и диаграммах должны быть набраны шрифтом Times New Roman Cyr. Фотографии должны быть качественными и контрастными. Объём иллюстративного материала и таблиц не должен превышать 30 % объёма статьи.

11. Математические формулы и уравнения приводить с использованием редактора MS Equation 3.0.

12. Сокращения слов, кроме общепринятых, не допускаются или обязательно даётся их расшифровка.

13. К статье прилагается заявка с указанием для каждого автора фамилии, имени и отчества (полностью), ученого звания и научной степени, полного названия и адреса организации, где выполнена работа, адреса электронной почты (обязательно!) и контактного телефона.

14. Если статья подается на английском языке, то прилагается её русский вариант.

15. Ответственность за содержание статей и качество рисунков несут авторы.

16. Рукопись проходит независимое анонимное рецензирование специалистами на предмет научной ценности статьи, её соответствия профилю и требованиям журнала. По рекомендации рецензентов редколлегия принимает решение о возможности и условиях опубликования статьи. Редакционная коллегия оставляет за собой право редактировать текст по согласованию с авторами.

Все материалы направляйте электронной почтой по адресу: **eco-1999@mail.ru**

Адрес редакции:
Биологический факультет ДонНУ,
ул. Щорса, 46, к. 310, г. Донецк, 283050
Отв. секретарь: к.б.н. Штирц Артур Давыдович

Тел.: (062) 302-09-95; (071) 419-59-19

RULES FOR AUTHORS

1. The scientific and practical journal «Problems of ecology and nature protection of technogenic region» publishes scientific works in all fields of biology (botany, physiology of plants, zoology, physiology of man and animals, biophysics and others) that were not previously published and touches problems of ecology and nature protection.

We accept scientific articles in Russian and English, containing all the necessary elements: general problem statement and its connection with major scientific and practical objectives; analysis of latest achievements and publications on the given problem the author refers to, underlining the parts of the general problem that were not solved before, the article being aimed at solving; formulating the aim and stating tasks; presenting basic research data with full justification of the scientific results obtained; conclusion to this research and prospects for further research in this direction.

2. The article must be typed in MS Word. Font Times New Roman of size 12, single space, 2 cm in all margins; with indentation of 1 cm; justified alignment with no word division; style «Ordinary». Pages of manuscripts must not be numbered.

The length of an article (including illustrations, tables, bibliography, summary) is 5-16 pages.

3. The text of the article should correspond to the following structural scheme:

UDC (in the upper left corner)

Initials and surname of the author(s)

The title of the article – **IN CAPITAL LETTERS**

Full official name of the institution and its mailing address with postal code

(*for each author, if they represent different institutions*) *and e-mail*

4. Extended abstract in English (up to 1 page, not longer than 3000 symbols) must be attached to the article. The extended abstract has to be written according to the following example (font size 12):

Surname and initials of the author(s).

The title of the article.

Full official name of the institution and its mailing address with postal code (for each author, if they represent different institutions).

The extended abstract must contain short narration of article structure (including introduction, the purpose and objectives, methods, main results and conclusions), should be original and independent from the article source of information.

Key words: no more than 5-8.

5. The body of the article should contain the following elements: **Introduction, Material and methods of the research, Results and discussion, Conclusions, Bibliographic references.**

Acknowledgements are given at the end of the article before bibliographic references.

6. Latin names of *genus* and *species* should be typed *in italics*. The name of any organism mentioned for the first time should be accompanied with the full scientific (Latin) name with indication of the author (full surname) and publication year (for example, *Passer domesticus* (Linnaeus, 1758)). Further mentioning doesn't require the author's name and year, and the name can be shortened (*P. domesticus*).

7. The text of the article should be carefully checked, without orthographic errors. Abbreviations of words, except for generally accepted ones, are not permissible or otherwise they must be deciphered.

8. Tables should be made in MS Word. Sheet size – Letter, lines are to be maximally filled with information. Names of the columns should not contain shortened words. You should avoid creating too bulky tables. Table's title should be made as follows:

Table 1

Title of the Table

9. Figures, graphs, diagrams, photos in electronic form should be inserted in the text immediately after the reference to them (or on the next page). The legend is placed under the graph in MS Word (Fig. 1. Legend). All the elements of the text in the graphs and diagrams must be typed

in Times New Roman font. The pictures must be of high quality and contrast. The volume of illustrations should not exceed 30% of the article.

10. Mathematical formulas and equations are to be given using MS Equation 3.0.

11. You should enclose to your article the following documents on separate sheets: an application with full names (surname, name and patronymic) of every author, academic status and academic degree, full name and address of the organization, where the work was carried out, e-mail (obligatory!) and contact telephone.

12. The authors bear the responsibility for the article content and the figures quality.

13. The submitted manuscript is anonymously peer-reviewed by experts on the subject of its scientific value, compliance with the requirements and profile of the journal. On the recommendations of the reviewers editorial board makes a decision on the possibility of the article publication. The Editorial Board reserves the right to itself to edit the text as agreed with the authors.

All the materials are to be sent to: **eco-1999@mail.ru**

Editorial office address:
Biological faculty of Donetsk National University
Schorsa Str., 46/310
Donetsk, 283050
Managing editor: PhD in biology, Arthur Shtirts
Tel.: (071) 419-59-19

Научно-практический журнал

ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ И ОХРАНЫ ПРИРОДЫ ТЕХНОГЕННОГО РЕГИОНА

2019

№ 3–4

Учредитель: ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»

Свидетельство о регистрации СМИ, выданное Министерством информации ДНР:
Серия ААА № 000073 от 21.11.2016 г.

Оригинал-макет: А. Д. Штирц

Адрес редакции:
283050, г. Донецк, ул. Щорса, 46, к. 310
Донецкий национальный университет,
биологический факультет

Тел.: (062) 302-09-95
(071) 419-59-19
e-mail: eco-1999@mail.ru

Сайт журнала: http://donnu.ru/ecolog