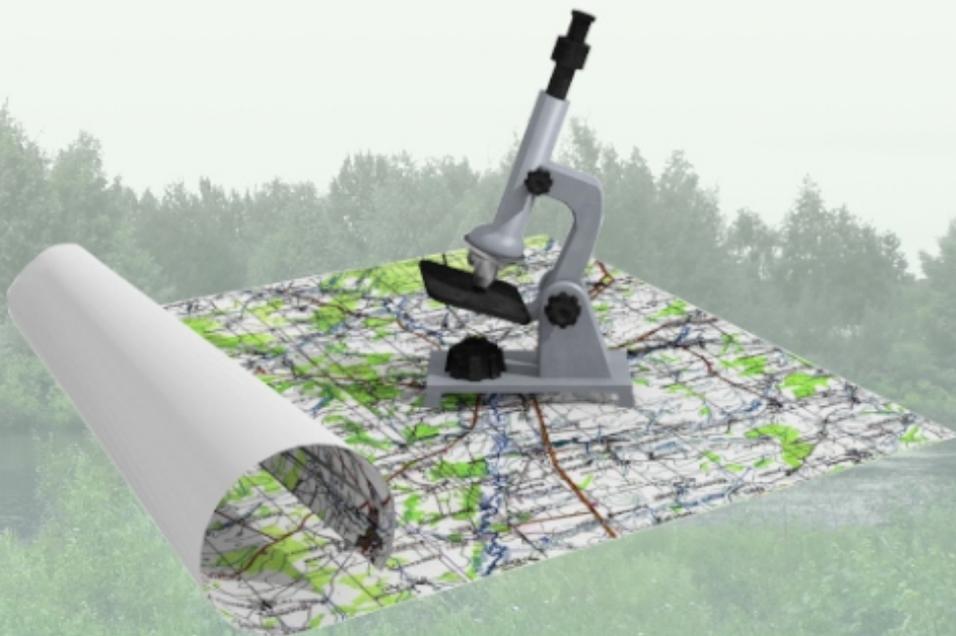




**XVIII Всероссийская научно-практическая  
конференция с международным участием**

# **БИОДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНЫХ И ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫХ СИСТЕМ**

**г. Киров, 18 ноября 2020 г.**



**Киров 2020**

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Вятский государственный университет»

Федеральное государственное унитарное предприятие  
«Федеральный экологический оператор»

Институт биологии Коми научного центра  
Уральского отделения Российской академии наук

**БИОДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ  
ПРИРОДНЫХ И ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫХ  
СИСТЕМ**

Материалы

XVIII Всероссийской научно-практической конференции  
с международным участием

г. Киров, 18 ноября 2020 г.

Киров 2020

УДК 502.1(082)  
Б632

Печатается по рекомендации Научного совета ВятГУ

**Ответственный редактор:**

**Т. Я. Ашихмина**, д-р техн. наук, профессор, зав. НИЛ биомониторинга Института биологии Коми НЦ УрО РАН и Вятского государственного университета

**Редакционная коллегия:**

**С. В. Дёгтева**, д-р биол. наук, **С. Г. Литвинец**, доцент, канд. с.-х. наук, **Л. И. Домрачева**, профессор, д-р биол. наук, **Л. В. Кондакова**, профессор, д-р биол. наук, **И. Г. Широких**, в. н. с., д-р биол. наук, **Т. А. Адамович**, доцент, канд. биол. наук, **Е. В. Дабах**, доцент, канд. биол. наук, **Е. А. Домнина**, доцент, канд. биол. наук, **Г. Я. Кантор**, с. н. с., канд. техн. наук, **Т. И. Кутявина**, с. н. с., канд. биол. наук, **С. Ю. Огородникова**, доцент, канд. биол. наук, **С. В. Пестов**, доцент, канд. биол. наук, **В. В. Рутман**, инженер, **Е. В. Рябова**, канд. биол. наук, **С. Г. Скугорева**, доцент, канд. биол. наук, **Н. В. Сырчина**, доцент, канд. хим. наук, **А. С. Тимонов**, н. с., **Е. В. Товстик**, канд. биол. наук, **А. И. Фокина**, доцент, канд. биол. наук, **С. В. Шабалкина**, доцент, канд. биол. наук.

Б632 Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем : материалы XVIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, г. Киров, 18 ноября 2020 г. – Киров: Вятский государственный университет, 2020. – 289 с.

ISBN 978-5-98228-234-7

В книгу вошли материалы XVIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем», которые посвящены изучению экологического состояния природных сред и объектов на территориях с различной техногенной нагрузкой. Особое внимание уделено методам экологического мониторинга, биодиагностики в оценке качества окружающей среды урбосистем, подвергшихся антропогенному загрязнению, в том числе вблизи размещения промышленных предприятий, полигонов хранения и захоронения отходов. В качестве контрольных (фоновых) территорий экологического мониторинга представлены результаты по исследованию природных территорий.

Материалы конференции предназначены для научных работников, преподавателей, специалистов природоохранных служб и ведомств, аспирантов, студентов высших учебных заведений.

За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов.

Конференция проводится в рамках Программы развития ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет» и Института биологии Коми НЦ УрО РАН.

Благодарим руководство Филиала «КЧХК» АО «ОХК «УРАЛХИМ» в г. Кирово-Чепецке за партнерство и сотрудничество.

ISBN 978-5-98228-234-7

УДК 502.1(082)  
© ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет» (ВятГУ), 2020

# СОДЕРЖАНИЕ

## СЕКЦИЯ 1 ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ СИСТЕМ

<b>Суюндуков Я. Т., Сафин Х. М., Хасанова Р. Ф., Семенова И. Н., Ильбулова Г. Р., Суюндукова М. Б.</b> Влияние ресурсосберегающей технологии на биологическую активность и фитотоксичность почв Зауралья Республики Башкортостан.....	8
<b>Лаптева Е. М., Перминова Е. М., Генрих Э. А., Далькэ И. В., Останина О. А.</b> Влияние сукцессионной стадии развития биоценоза на микробиологические показатели подзолистых почв .....	13
<b>Кондакова Л. В., Домрачева Л. И.</b> Цианобактерии природных и антропогенных территорий Кировской области .....	18
<b>Сырчина Н. В., Пилип Л. В., Кантор Г. Я.</b> Состояние атмосферного воздуха в районе размещения свиноводческого предприятия.....	21
<b>Котряхова Е. В., Адамович Т. А.</b> Состав эфирного масла пихты сибирской как индикатора загрязнения воздушной среды .....	24
<b>Тизян Е. М., Скугорева С. Г.</b> Анализ ионного состава воды из родников г. Кирова .....	27
<b>Седова Д. А., Журавлев П. В., Алексанина Н. В.</b> Санитарно-бактериологическая характеристика воды Нижнего Дона 2018–2019 гг. ....	31
<b>Соловьева В. В.</b> Флора и орнитофауна иловых прудов городских очистных канализационных сооружений г. Самары.....	33
<b>Герасимов Ю. Л.</b> Коловратки пруда парка Победы г. Новокуйбышевска.....	38
<b>Рутман В. В., Кутявина Т. И., Ашихмина Т. Я.</b> Применение индекса хлорофилла MCARI для определения надводной растительности и водорослей в водоемах .....	42
<b>Андрянова Ю. М., Сергеева И. В., Мохонько Ю. М., Гришина А. А.</b> Определение природоохранной ценности особо охраняемых природных территорий Саратовской области .....	45
<b>Карпенко А. Ф.</b> Защитные меры на территории радиоактивного загрязнения Беларуси.....	49
<b>Сырчина Н. В., Пилип Л. В., Козвонин В. А., Колеватых Е. П.</b> Влияние подкисления на численность и состав продуцентов аммиака в навозных стоках свиноферм .....	54
<b>Фардеева М. Б., Макарова У. С., Сафиуллина Н. И.</b> Оценка влияния железной дороги на растительность рекреационной зоны г. Казани.....	58
<b>Еськов Е. К., Еськова М. Д., Штаюда Э. Н.</b> Накопление свинца листовыми культурами, произрастающими на селитебных территориях .....	63

<b>Жуйкова И. А., Ожиганов В. А.</b> Оценка озеленения городской среды различных территорий г. Кирова .....	66
<b>Чикишев С. В., Скугорова С. Г.</b> Исследование защитных свойств стоматологического фторлака .....	69
<b>Абдухалилов О. М., Скугорова С. Г., Фокина А. И., Кулаков В. Н.</b> Оценка содержания свинца и полициклических ароматических углеводов в образцах автомобильного топлива.....	73

## СЕКЦИЯ 2 МЕТОДЫ БИОДИАГНОСТИКИ В ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

<b>Хмелевцова Л. Е., Мозговая А. И., Ажогина Т. Н., Аль-Раммахи А. А. К., Сазыкин И. С.</b> Гены антибиотикорезистентности в донных отложениях Азовского моря.....	78
<b>Карчава Ш. К., Аль-Раммахи А. А. К., Климова М. В., Хмелевцова Л. Е., Барабашин Т. О., Сазыкина М. А.</b> Генотоксичность воды Азовского моря .....	80
<b>Попыванов Д. В.</b> ДНК-штрихкодирование видов-биоиндикаторов: особенности и подходы.....	83
<b>Сафонов А. И.</b> Гистологические маркеры эмбрионального аппарата фитоиндикаторов Донбасса .....	86
<b>Фесенко О. О.</b> Палинология ревиталентов и тераты пыльцы некоторых видов растений Донбасса .....	89
<b>Шайхутдинова Д. Р., Хафизова З. М., Валеева Г. Р.</b> Фотосинтетический аппарат хвойных деревьев как индикатор состояния городской среды .....	92
<b>Абуснайна М. В.</b> Использование данных об анатомическом строении листа в экологическом мониторинге Донбасса .....	97
<b>Гиматдинова Ф. И., Хуснуллин Р. Р., Авдейчева И. И., Сугаева Р. Р., Минакова Е. А.</b> Метод флуктуирующей асимметрии в оценке территорий с различным уровнем антропогенной нагрузки.....	101
<b>Турмухаметова Н. В., Филиппова А. А.</b> Использование показателей флуктуирующей асимметрии <i>Betula pendula</i> Roth и <i>Pyrrhocoris apterus</i> L. в оценке качества среды обитания.....	106
<b>Тарасов С. И., Герлинг Н. В.</b> Моделирование зависимости надземной фитомассы пихты сибирской от диаметра.....	109
<b>Герлинг Н. В., Тарасов С. И.</b> Закономерности ассимиляции диоксида углерода хвоей пихты сибирской в области высоких интенсивностей фотосинтетически активной радиации.....	111
<b>Валеева Г. Р., Бельтюкова М. А.</b> Исследование отклика растений на стрессовые условия среды в условиях модельного опыта .....	116

<b>Белолопов И. В., Хужаев П. Ю., Исламов А. М., Усманов Б. Х.</b> <i>Helianthus tuberosus</i> L. и <i>Cynara scolymus</i> L. в условиях интродукции в Узбекистане .....	121
<b>Плотникова О. М., Подберезных А. Е.</b> Биохимические показатели крови лабораторных мышей для оценки влияния ионов цинка в воде.....	124
<b>Старобор Н. Н., Раскоша О. В.</b> Морфометрические показатели сперматозоидов у полевок-экономок, обитающих в условиях повышенного радиационного фона .....	127
<b>Мельникова А. В.</b> Оценка состояния качества вод Нижнекамского водохранилища по показателям зообентоса.....	131

### СЕКЦИЯ 3 ЭКОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ И ИХ ЗНАЧЕНИЕ В ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

<b>Холбоев А. Х., Абдураимов О. С.</b> Биоэкологические особенности <i>Rosa canina</i> L., распространенного на территории Ташкентской области (Узбекистан).....	137
<b>Белолопов И. В., Хужаев П. Ю., Усманов Б. Х.</b> Природная флора – как один из источников роста экспортного потенциала Узбекистана .....	139
<b>Абдураимов О. С., Тешаев М. И.</b> Редкие и исчезающие виды растений Принуратинских останцовых гор (Узбекистан) .....	143
<b>Целищева Л. Г.</b> Неккера перистая ( <i>Neckera pennata</i> Hedw.) в заповеднике «Нургуш».....	145
<b>Кондрухова С. В.</b> Находка <i>Mutinus ravenelii</i> (Berk. et M. A. Curtis) E. Fisch. на территории Кировской области.....	151
<b>Душина Е. Э., Савиных Н. П.</b> О счетных единицах при изучении ценопопуляций <i>Convallaria majalis</i> L. в сосняках Медведского бора .....	153
<b>Булышева О. В., Пересторонина О. Н.</b> Липовые сообщества памятника природы «Медведский бор» .....	158
<b>Агафонова Е. И., Пересторонина О. Н.</b> Разнообразие сосновых лесов памятника природы «Медведский бор» .....	162
<b>Шабалкина С. В., Меркучева О. Н.</b> Оценка состава подроста в одновозрастных и разновозрастных сосняках Медведского бора (Кировская область).....	166
<b>Негодина В. С., Пересторонина О. Н.</b> Флористический комплекс памятника природы «Пилинский лог» (Кировская область) .....	170
<b>Домнина Е. А.</b> Состояние растительности особо охраняемой природной территории «Заречный парк» г. Кирова .....	175
<b>Татьянкина Е. А., Рябова Е. В.</b> Экологическое состояние зеленых насаждений общего пользования некоторых микрорайонов г. Кирова .....	177

<b>Егорова Н. Ю., Пестрикова Е. С.</b> Оценка эколого-ценотических параметров различных типов местообитаний <i>Vaccinium myrtillus</i> L. в пределах южно-таежных лесных экосистем (Кировская область).....	180
<b>Овчинникова Ю. А., Шабалкина С. В.</b> Эколого-фитоценотическая характеристика местообитаний <i>Iris sibirica</i> L. в Кировской области .....	184
<b>Лийман В. В., Пересторонина О. Н.</b> Флора Александровского сада г. Кирова .....	189
<b>Стреблянская Е. В.</b> Генеративная стратегия некоторых растений в экотопах Донбасса .....	194
<b>Бондарь Е. Н.</b> Локальные данные о бриобионтах в городах центрального Донбасса .....	197
<b>Шихова Т. Г.</b> Об аномалиях сезонного развития растений и животных в 2019 г. ....	200
<b>Поляшов А. А., Рябова Е. В.</b> Влияние высоты снежного покрова на развитие почек возобновления <i>Heracleum sosnowskyi</i> Manden.....	204
<b>Тетерин А. А., Савиных Н. П.</b> Опыт выращивания лиственницы сибирской в Дендропарке лесоводов Кировской области .....	205
<b>Котряхова Е. В., Герасимова М. Р., Адамович Т. А.</b> Изучение пластидных пигментов пихты сибирской ( <i>Abies sibirica</i> Ledeb.) .....	210
<b>Симонова О. А.</b> Влияние марганца на содержание низкомолекулярных антиоксидантов в листьях ячменя.....	212
<b>Шабалкина С. В., Огородникова С. Ю.</b> Особенности роста и дифференцировки клеток корня под действием метилфосфоновой кислоты .....	216
<b>Емелев С. А.</b> Влияние биопрепаратов на урожайность ярового ячменя сорта Белгородский 100 .....	219
<b>Черемисинов М. В., Тагакова Л. А.</b> Влияние гербицидов на растения ячменя сорта Изумруд во втором поколении .....	223
<b>Шитова А. С., Петренко Д. Б.</b> Оценка влияния концентраций фтора в почвах на морфологические признаки и биохимические параметры растений (по данным модельных экспериментов на клевере и пшенице).....	227
<b>Верзилин В. В., Закабунина Е. Н., Верзилина Н. Д., Тимофеев А. Н., Гончаров А. В., Бутенко В. А., Хаустова Н. А.</b> Агроэкологическая роль способов основной обработки почвы в формировании условий роста и развития сахарной свёклы на черноземах ЦЧР .....	232
<b>Щеклеина Л. М.</b> Устойчивый к грибным болезням генофонд озимой ржи в агроэкологических условиях Кировской области.....	239
<b>Загоскин М. А., Гущина П. И., Благодатских Я. Ю., Огородникова С. Ю.</b> Влияние микромицета рода <i>Fusarium</i> на биохимические показатели Melissa лекарственной .....	244

СЕКЦИЯ 4  
ЭКОЛОГИЯ ЖИВОТНЫХ И ИХ ЗНАЧЕНИЕ В ОЦЕНКЕ  
СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

<b>Бабина В. А., Масленникова О. В.</b> Результаты летних учетов орнитофауны устья р. Столбовая и нижнего течения Подкаменной Тунгуски .....	247
<b>Бекетова М. С., Рябов В. М.</b> Оценка водной среды обитания по стабильности развития некоторых видов рыб Пермского края.....	251
<b>Борняков Г. А., Масленникова О. В.</b> Видовая структура фауны микромаммалий заповедника «Центральносибирский» и сопредельных территорий .....	254
<b>Зиновьев В. В., Пестов С. В., Герасимова М. Р.</b> Повреждаемость листьев интродуцированных древесных растений вредителями и болезнями в парковых насаждениях г. Кирова.....	257
<b>Култышева К. А., Букина Л. А.</b> Сезонная динамика в питании стерляди ( <i>Acipenser rutheni</i> , 1758) среднего течения р. Вятки.....	261
<b>Намозов С. М.</b> Морфологическая характеристика аральской плотвы ( <i>Rutilus rutilus aralensis</i> ) из оз. Тузкан Айдар-Арнасайской системы озер Узбекистана.....	265
<b>Панюкова Е. В., Тертица Т. К.</b> Экологические связи кровососущих комаров с растениями.....	268
<b>Пестов С. В.</b> Разнообразие беспозвоночных на территории Кировской области .....	272
<b>Пьянкова А. С., Рябов В. М.</b> Новые места обитания позвоночных животных, занесённых в Красную книгу Вологодской области на территории Великоустюгского района.....	275
<b>Сидорова О. П., Масленникова О. В.</b> Половозрастная структура ихтиофауны р. Енисей.....	277
<b>Сурнина Т. А., Аринина А. В.</b> Оценка влияния антропогенной нагрузки на сообщества птиц в различных по степени урбанизации биотопах .....	281
<b>Сиргалина Д. Р.</b> Динамика <i>Hirundo rustica</i> и <i>Delichon urbicum</i> в г. Казани, г. Орске и Карачаево-Черкесии .....	286

# СЕКЦИЯ 1 ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ СИСТЕМ

## ВЛИЯНИЕ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ НА БИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ И ФИТОТОКСИЧНОСТЬ ПОЧВ ЗАУРАЛЬЯ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

**Я. Т. Суюндуков**<sup>1,2</sup>, **Х. М. Сафин**<sup>3</sup>, **Р. Ф. Хасанова**<sup>1,2</sup>, **И. Н. Семенова**<sup>1,2</sup>,  
**Г. Р. Ильбулова**<sup>1,2</sup>, **М. Б. Суюндукова**<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ГАНУ «Институт стратегических исследований  
Республики Башкортостан», Сибайский филиал, *ilbulova@mail.ru*

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Сибайский институт (филиал) БашГУ», *ilbulova@mail.ru*

<sup>3</sup> Академия наук Республики Башкортостан, *safin505@mail.ru*

В работе приводятся данные по изучению влияния технологии обработки почвы No-Till на биологическую активность и токсичность почв. Установлено, что применение технологии No-Till в течение 10 лет привело к снижению целлюлозолитической активности, но не привело к заметному повышению ее фитотоксичности.

Ключевые слова: фитотоксичность, обработка почвы No-Till, классическая обработка, кресс-салат *Lepidium sativum*, биотестирование, биологическая активность.

Почвенный покров выполняет множество функций в биосфере, одной из важнейших которой является выполнение биогеохимических барьеров на пути миграции веществ. Благодаря своим специфическим свойствам он определяет условия существования человека как через качество и количество продукции сельского хозяйства, так и через санитарные функции. Поэтому на фоне всевозрастающей антропогенной и техногенной нагрузок на биосферу очень важна проблема деградации и охраны почвы. Правильный подход к преодолению процессов деградации почв является залогом к сохранению растительного и животного мира, чистоты воды и воздуха.

В последнее время в сельскохозяйственном производстве получили широкое распространение ресурсосберегающие технологии, такие как минимальная и нулевая обработка почв. Многими учеными доказано, что традиционная обработка почв с отвальной вспашкой является не только ресурсоемким процессом, но и приводит к деградации почв, нанося непоправимый вред почвенной микрофлоре, усиливая водную эрозию, дефляцию, дегумификацию, аридизацию. Технологии, направленные на минимизацию обработки

почвы, такие как No-Till, наряду с экономией ресурсов способствуют сохранению ее плодородия и снижению негативного воздействия на агроландшафты [1].

В настоящее время технология No-Till активно применяется во всем мире, особенно в США, Бразилии, Аргентине, Австралии и начинает свое распространение во многих регионах России, в частности и на территории Республики Башкортостан (РБ) в хозяйствах Абзелиловского, Мелеузовского, Кугарчинского, Куяргазинского, Стерлитамакского, Аургазинского, Чекмагушевского и других районов.

Вместе с тем исследований по изучению влияния применения технологий No-Till на экологические функции почв в условиях РБ проводится недостаточно. Одним из хозяйств, где проводятся такие исследования, является СПК «Красная Башкирия» (Абзелиловский район РБ), который широко использует No-Till уже в течение последних 10 лет и является лидером по урожайности зерна в условиях Зауралья республики с острозасушливым климатом.

Биологическая активность почвы является важным фактором ее плодородия, отражает ее внутренние изменения, а также является чувствительным экологическим и агрономическим индикатором антропогенного воздействия на нее.

В адекватной оценке токсичности почв помогают методы биотестирования, для чего используются модельные растительные тест-системы (кресс-салат, редис, пшеница и др.), обладающие повышенной чувствительностью к внешним воздействиям [2]. В литературе имеются данные о снижении фитотоксичности почв в системе No-Till [3].

Цель данного исследования: изучить влияние агротехнических приемов обработки почвы (при традиционной и нулевой обработке) на биологическую активность и фитотоксичность почвы.

Исследования проводились на сельскохозяйственных полях СПК «Красная Башкирия» Абзелиловского района РБ, где применяется технология No-Till с внесением гербицида Торнадо 540 в дозе 1,5 л/га. Гербицид вносился в предпосевной период методом мелкодисперсного распыления. Пробные площадки (ПП) были заложены на полях в следующих вариантах: ПП1 – яровая пшеница по люцерне; ПП2 – яровая пшеница по кукурузе; ПП3 – ячмень по гречихе; ПП4 – кукуруза по пару (сидерат - донник); ПП5 – яровая пшеница по подсолнечнику; ПП6 – ячмень+горох по люцерне. Для сравнения были заложены пробные площадки на сельскохозяйственных полях с применением традиционной технологии обработки почв: ПП7 – лен по яровой пшенице, ПП8 – яровая пшеница по яровой пшенице. В качестве контроля была отобрана проба почвы на целине (пастбище) (ПП9), где доминирующей является разнотравно-типчачково-ковыльной растительность.

Климат района континентальный. Зимой часты сильные метели, сдувающие снежный покров с полей, а летом с юга нередко вторгаются горячие суховеи. В год выпадает 450 мм осадков. Самый теплый месяц – июль (сред-

няя температура составляет +17 °С), самый холодный – январь (средняя температура равна –16 °С). Наибольшая относительная влажность воздуха отмечена в ноябре–марте (75–80%), наименьшая – в апреле–июне. Преобладающие ветры южные и юго-западные.

Почвенный покров представлен преимущественно черноземом обыкновенным.

Целлюлозную активность методом «аппликаций» определяли по разложению в ней льняной ткани [4]. Биологическую токсичность почв определяли методом проростков. В качестве тест-объекта использовали кресс-салат посевной (*Lepidum sativum* L.), отличающийся почти стопроцентным прорастанием и быстрым ростом. Методика биотестирования основана на измерении показателей всхожести семян, длины проростков и корней.

Результаты исследования целлюлозолитической активности показали, что верхний слой почвы во всех случаях обладал более высокими показателями по сравнению с нижележащими, что согласуется с литературными данными [5, 6] (табл. 1). Наиболее высокая активность была в варианте с классической технологией обработки и составляла в слое почвы 0–10 см от 39,5 до 39,90 %, в 10–20 см – от 24,1 до 34,4%, в слое 20–30 см – от 16,9 до 23,3% и в среднем для слоя почвы 0–30 см 29,7%.

Наименьшая целлюлозолитическая активность наблюдалась почвах ПП2 (No-till; яровая пшеница по кукурузе).

Таблица 1

#### Целлюлозолитическая активность

Варианты опыта		Целлюлозолитическая активность, %			
		0–10 см	10–20 см	20–30 см	Среднее для слоя 0–30 см
Система No-till	ПП1	14,1±9,5	12,8±4,5	14,4±3,9	13,8±0,5
	ПП2	6,1±2,6	2,8±0,3	1,5±0,9	3,38±1,4
	ПП3	15,9±10,4	12,5±3,4	8,7±3,7	12,4±2,1
	ПП4	13,2±3,3	4,9±3,2	6,9±3,0	8,34±2,5
	среднее	12,3±2,1	8,1±2,7	7,9±2,6	9,4±2,3
Классическая технология	ПП7	39,9±10,7	24,1±2,6	16,9±3,9	27,0±6,8
	ПП8	39,5±9,2	34,4±8,6	23,3±5,2	32,4±4,7
	среднее	39,7±0,2	29,3±5,1	20,1±3,2	29,7±2,7
Целина	ПП9	36,4±16,2	13,6±3,6	14,3±6,0	21,4±7,5

Таким образом, степень разложения льняного полотна свидетельствовала о разной напряженности микробиологических процессов, на которые влияли способы обработки почв. На вспаханных полях по сравнению с вариантом с минимальной обработкой процесс разложения целлюлозы происходил более активно, что связано с лучшей аэрированностью пахотного горизонта и повышением количества аэробных целлюлозолитических микроорганизмов.

Определение фитотоксичности проводили в лабораторных условиях. Результаты биотестирования показали, что наибольшие параметры энергии прорастания, всхожести семян и длины корня отмечаются на почвах целины. Наибольшая длина проростка характерна для почв с отвальной обработкой

почв. Для почв с «нулевой» системой обработки No-Till отмечаются наименьшие исследуемые параметры, которые не имеют достоверно значимых различий с вариантами с традиционной обработкой ( $p < 0,05$ ) за исключением длины корня.

Таблица 2

**Результаты биотестирования почв  
с помощью кресс-салата *Lepidium sativium***

Варианты опыта		Энергия прорастания, %	Всхожесть семян, %	Длина корня, мм	Длина проростка, мм
Система No-till	ПП1	13,9	24,4	28,3	30,7
	ПП2	35,0	11,7	43,2	17,6
	ПП3	21,1	35,5	44,5	31,9
	ПП4	13,3	22,2	48,2	33,7
	ПП5	16,1	18,9	25,4	22,7
	ПП6	30,0	55,0	47,6	32,5
	среднее	21,6	27,9	39,5	28,2
Классическая технология	ПП7	34,4	40,0	51,0	31,8
	ПП8	23,3	34,4	38,4	28,1
	среднее	28,9	37,2	44,7	29,9
Целина	ПП9	32,8	43,9	68,1	29,8

Для получения сопоставимых результатов по итогам тестирования рассчитывали индекс токсичности оцениваемого фактора для каждого биологического тест-объекта:  $ИТФ = T_{Ф0} / T_{Фк}$ , где  $T_{Ф0}$  – значение регистрируемой тест-системы в опыте;  $T_{Фк}$  – значение регистрируемой тест-системы в контроле. Далее были рассчитаны средние значения индекса токсичности почв для каждого пункта по формуле:  $ИТФ_{ср} = (ИТФ1 + ИТФ2 + ИТФ3 + \dots) / n$ , где  $ИТФ_n$  – индекс токсичности, рассчитанный для каждой тест-функции,  $n$  – количество тест-откликов, задействованных в эксперименте для конкретной точки пробоотбора [7].

Для получения сопоставимых результатов по итогам тестирования рассчитывали индекс токсичности для оценки фактора (табл. 3).

Результаты расчета показали, что почвы с применением системы No-till обладают средней и низкой токсичностью, почвы с применением отвальной обработки соответствовали норме и низкой токсичности.

Таблица 3

**Определение токсичности почв с помощью кресс-салата *Lepidium sativium***

Варианты опыта		ИТФ энергии прорастания	ИТФ всхожести семян	ИТФ длины проростка	ИТФ длины корня	Средняя токсичность	Класс токсичности
1	2	3	4	5	6	7	8
Система No-till	ПП1	0,42	0,56	1,03	0,41	0,61	III, IV, V
	ПП2	1,07	0,26	0,59	0,63	0,64	
	ПП3	0,65	0,81	1,07	0,65	0,79	
	ПП4	0,41	0,51	1,13	0,71	0,69	

1	2	3	4	5	6	7	8
Система No-till	ПП5	0,49	0,43	0,76	0,37	0,51	III, IV, V
	ПП6	0,91	1,25	1,09	0,69	0,99	
Классическая технология	ПП7	1,05	0,91	1,07	0,75	0,94	IV, V
	ПП8	0,71	0,78	0,95	0,57	0,75	
Целина	ПП9	1	1	1	1	1	V

Таким образом, тип обработки почвы существенно влияет на биологическую активность черноземов и во многом определяет их агрономические свойства. Применение технологии No-Till в течение 10 лет привело к снижению целлюлозолитической активности, но не привело к заметному повышению ее фитотоксичности, находящейся в диапазоне от средней до нормы.

*Работа подготовлена за счет финансового обеспечения выполнения государственного задания ГАНУ «Институт стратегических исследований Республики Башкортостан» на 2020 год (руководитель темы – Я. Т. Суюндуков).*

#### Библиографический список

1. Экологическая оценка применения технологии No-Till в Ростовской области: монография / К. Ш. Казеев, Г. В. Мокриков, Ю. В. Акименко, М. А. Мясникова, С. И. Колесников; Южный федеральный университет; отв. ред. К. Ш. Казеев. Ростов-на-Дону; Таганрог : Изд-во Южного федерального университета, 2018. 332 с.
2. Багдасарян А. С. Биотестирование почв техногенных зон городских территорий с использованием растительных организмов : дис. ... канд. биол. наук. Ставрополь, 2005. 159 с.
3. Ефремова Е. Н., Тютюмова Н. В., Зенина Е. А. Влияние ресурсосберегающей обработки на биологическую активность и токсичность светло-каштановых почвы // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. 2018. Вып. 4 (176). С. 107–111.
4. Хазиев Ф. Х. Методы почвенной энзимологии. М. : Наука, 2005. 252 с.
5. Абросимова Л. Н. К вопросу о дифференциации пахотного слоя по биологической активности и плодородию // Третий делегатский съезд почвоведов. М. : Наука, 1968. С. 49–52.
6. Хазиев Ф. Х. Основы системно-экологического анализ ферментативной активности почв. М. : Наука, 1982. 203 с.
7. Кабиров Р. Р., Сагитова А. Р., Суханова Н. В. Разработка и использование многокомпонентной тест-системы для оценки токсичности почвенного покрова городской территории // Экология. 1997. № 6. С. 408–411.

# ВЛИЯНИЕ СУКЦЕССИОННОЙ СТАДИИ РАЗВИТИЯ БИОЦЕНОЗА НА МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ

*Е. М. Лаптева<sup>1</sup>, Е. М. Перминова<sup>1</sup>, Э. А. Генрих<sup>2</sup>,  
И. В. Далькэ<sup>1</sup>, О. А. Останина<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> *Институт биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, lapteva@ib.komisc.ru*

<sup>2</sup> *Институт естественных наук СыктГУ им. Путьирима Сорокина,  
genrih.edvard@yandex.ru*

В статье рассмотрены некоторые особенности формирования комплексов почвенных микроорганизмов на различных этапах сукцессии лесных фитоценозов послерубочного происхождения в подзоне средней тайги Республики Коми. Установлены различия в численности эколого-трофических групп микроорганизмов и величине углерода микробной биомассы в зависимости от возраста насаждения и степени техногенной трансформации территории лесосеки.

Ключевые слова: подзолистые почвы, почвенные микроорганизмы, биологическая активность почв, технологические элементы вырубки.

Комплекс почвенных микроорганизмов – «функциональное ядро» биогеоценозов, выполняющее важнейшую функцию поддержания в экосистемах круговорота веществ и энергии [1, 2]. Количественные показатели и структура микробных сообществ во многом определяется режимами и физико-химическими свойствами почв [3]. Сведение древесного яруса в процессе промышленной заготовки леса и последующее естественное лесовосстановление на вырубках сопровождается сменой пород. Это способствует не только изменению гидротермических условий, но и глубокой трансформации напочвенного покрова, лесной подстилки и верхних горизонтов почв [4], что может оказывать влияние на состав и структуру почвенной микробиоты восстанавливающихся (вторичных) экосистем.

Цель данного исследования – выявить закономерности изменения некоторых параметров почвенных микробных сообществ на разных стадиях естественного лесовосстановления после сплошнолесосечных рубок еловых лесов.

Исследования проводили в Республике Коми на участках разновозрастных лесных насаждений, сформировавшихся после рубок ельников чернично-зеленомошных [5]. Согласно почвенно-географическому районированию [6], район исследования относится к Южно-Тиманскому округу типичных подзолистых и торфяно-подзолисто-глееватых почв Вычегодской провинции подзоны средней тайги. Ключевые участки, приуроченные к южной части Тиманского кряжа (возвышенность Джеджимпарма), представлены спелым ельником мелкотравно-чернично-зеленомошным (ПП1) и производными сообществами, сформировавшимися после проведения зимних сплошнолесосеч-

ных рубок того же типа леса в 2017/2018 (ПП0), 2001/2002 (ПП2) и 1969/1970 (ПП3) гг. В июле 2020 г. на территории условно коренного леса (ПП1) и производных сообществ (с учетом выделенных технологических элементов – пасечный участок, пасечный волок, магистральный волок лесосеки) произведен отбор образцов торфяно-подстилочного горизонта (лесной подстилки) почв в 5–10 кратной повторности. Параллельно оценивали их мощность, температуру и влажность.

При характеристике бактериальной составляющей микробных сообществ учитывали численность микроорганизмов, дающих рост колоний на различных диагностических средах [7]. Количество аммонификаторов определяли на мясо-пептонном агаре (МПА), прототрофов (использующих минеральные формы соединений азота) – крахмало-аммиачном агаре (КАА), олигокарбофилов – голодном агаре (ГА), олигонитрофилов – среде Эшби. Величину углерода активной микробной биомассы ( $C_{\text{мик}}$ ) в почвах оценивали методом субстрат-индуцированного дыхания [8, 9]. Интенсивность микробиологических процессов в почвах характеризовали с помощью расчетных коэффициентов: минерализации и иммобилизации ( $K_{\text{мин}}$ ) и олиготрофности ( $K_{\text{олиг}}$ ) [10].

Проведенные нами исследования показали, что уже спустя 2 года после сведения древесного яруса происходит заметное увеличение мощности торфяно-подстилочного горизонта подзолистых почв, сохраняющееся в течение не менее двух десятков лет (рис. 1). На наименее нарушенных в процессе лесозаготовки технологических элементах лесосеки – пасечных участках и пасечных волокнах – мощность лесной подстилки, в связи с временным заболачиванием и активизацией роста политриховых и сфагновых мхов, возрастает по сравнению с почвами условно коренного леса (ПП1) в 1,2–1,3 раза (ПП0 и ПП2). Постепенное восстановление естественного гидрологического режима по мере развития листовенного древостоя и травянистого напочвенного покрова (ПП3) приводит к снижению мощности горизонта лесной подстилки в 1,6–2,1 раз относительно участков ПП0 и ПП2. Это может быть обусловлено уменьшением на более поздних стадиях сукцессии вклада мхов в формирование торфяно-подстилочного горизонта подзолистых почв и накоплением сравнительно быстро разлагаемого листовенного и травянистого опада. Почвы магистральных волоков, верхние горизонты которых либо полностью уничтожены, либо механически нарушены – турбированы [11], имеют минимальную мощность лесных подстилок. В первые два десятилетия после проведения рубки в почвах этих технологических элементов лесосеки происходит интенсивное восстановление торфяно-подстилочных горизонтов (от  $2,7 \pm 1,1$  см на участке ПП0 до  $4,4 \pm 1,7$  см на участке ПП2) благодаря последовательному развитию мохового напочвенного покрова. На более поздних этапах сукцессии (ПП3) на участках магистральных волоков, как и на остальных технологических элементах лесосеки, происходит элиминация развития зеленых и политриховых мхов, что сказывается на формировании органогенного горизонта и снижении его мощности (рис. 1).

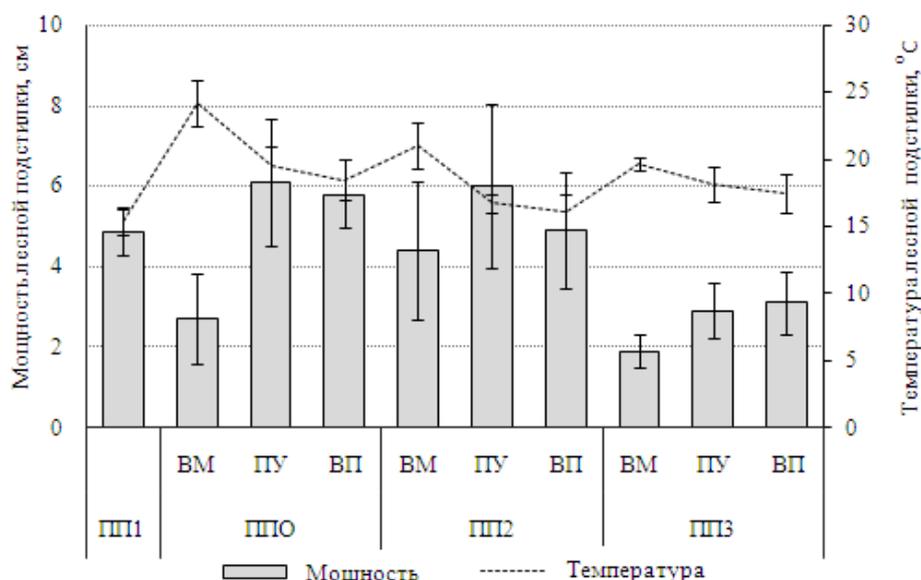


Рис. 1. Мощность и температура горизонтов лесной подстилки в почвах различных ключевых участков и их технологических элементов: ПП1 – условно коренной ельник, ППО – вырубка 2017/2018 гг., ПП2 – вырубка 2001/2002 гг., ПП3 – вырубка 1969/1970 гг.; ВМ – магистральный волок лесосеки, ПУ – пасечный участок, ВП – пасечный волок

На вырубках наиболее теплообеспечены почвы магистральных волоков (рис. 1). Здесь на всех этапах послерубочного развития растительного покрова регистрируются (по данным однократных наблюдений) максимальные температуры (18,1–26,5 °С) горизонтов лесных подстилок. Почвы пасечных участков и пасечных волоков прогреваются в меньшей степени – в среднем их температуры в 1,1–1,3 раза ниже по сравнению с почвами магистральных волоков. Минимальными температурами (15,4±1,0 °С) отличались торфяно-подстилочные горизонты почвы условно коренного леса.

Известно, что изменение эдафических условий оказывает существенное влияние на функционирование почвенных микробных комплексов [12]. Это позволяет использовать микробиологические показатели при мониторинге антропогенных нарушений [13]. Проведенные нами исследования показали, что численность различных эколого-трофических групп микроорганизмов (ЭТГМ) варьирует в торфяно-подстилочных горизонтах почв ключевых участков в пределах  $10^8$ – $10^9$  КОЕ/г а.с.п. (аммонификаторы) и  $10^7$ – $10^8$  КОЕ/г а.с.п. (прототрофы, олигокарбофилы, олигонитрофилы). Общей закономерностью являются:

- снижение в горизонтах лесных подстилок почв вырубок численности аммонификаторов в 1,6–9,0 раз по сравнению с почвой условно коренного леса;
- возрастание в органогенных горизонтах почв численности прототрофов (в 1,3–2,3 раза) и олигокарбофилов (в 1,2–1,8 раз) на поздних стадиях сукцессии (спустя 50 лет после рубки) при сохранении этих показателей на

уровне почвы условно коренного леса или снижении по сравнению с ней в 1,2–2,9 раза на ранних стадиях сукцессии (первые 20 лет после рубки);

– последовательное возрастание численности олигонитрофилов по мере восстановления древесного яруса на вырубках (соответственно спустя два года после рубки в 1,7–1,9 раз, 20 лет – 2,4–5,2 раза, 50 лет – 3,4–5,8 раза) по сравнению с аналогичными горизонтами ненарушенных рубками подзолистых почв.

Изменение численности отдельных групп микроорганизмов в процессе восстановления древесного сообщества на вырубках приводит к перегруппировке состава ЭТГМ (рис. 2), которая свидетельствует о нарушении экологического состояния почвенной системы и смене ведущих процессов почвообразования [13]. В большей степени по изменению соотношения ЭТГМ отличаются от почвы условно коренного леса органогенные горизонты почв наиболее антропогенно нарушенных технологических элементов лесосеки – магистральных волоков и волоков, расположенных на пасечных участках. Но, как видно из рис. 2, даже спустя полвека после проведения рубки (ППЗ) соотношение ЭТГМ не возвращается к исходному состоянию, характерному для подзолистой почвы ненарушенного участка (ПП1). Об этом же свидетельствует и расчет эколого-физиологических коэффициентов  $K_{\text{мин}}$  и  $K_{\text{олиг}}$ . На участке ПП1 эти показатели минимальны (0,2). В почвах вырубок они, как правило, тоже невелики, что свидетельствует о низкой активности деструкционных и иммобилизационных процессов в почвах вторичных экосистем. Однако на участке ППЗ расчетные параметры достигают максимальных значений ( $K_{\text{мин}} = 0,7\text{--}1,0$ ;  $K_{\text{олиг}} = 0,6\text{--}1,1$ ), что может диагностировать переход биогеоценоза в более устойчивое состояние, стремящееся к состоянию климаксовой системы [10].

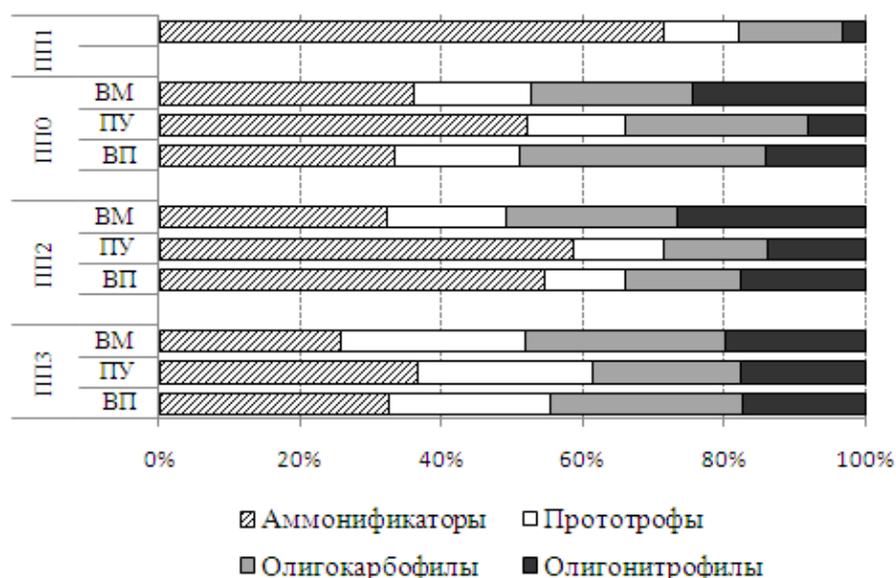


Рис. 2. Соотношение эколого-трофических групп микроорганизмов в горизонтах лесных подстилок подзолистых почв условно-коренного леса и разновозрастных вырубках. Условные обозначения ключевых участков и технологических элементов лесосеки те же, что на рис. 1

Отмечена сильная положительная связь (коэффициент корреляции 0,7–0,8) параметров активной микробной биомассы, определяемой методом субстрат-индуцированного дыхания, с содержанием в горизонтах лесных подстилок микроорганизмов азотного цикла, дающих рост колоний на МПА и КАА, а также олигокарбофилов (ГА). Как и показатели численности бактерий, параметры микробной биомассы характеризуются значительной пространственной неоднородностью (коэффициент вариации 34–40%). На участке ПП1 значения  $C_{\text{мик}}$  варьируют от 3968 до 12788 мкг С/г почвы, в среднем составляя  $7030 \pm 915$  мкг С/г а.с.п. В почвах вырубок, по сравнению с почвой условно коренного леса, наблюдается практически двукратное снижение содержания  $C_{\text{мик}}$ , с минимальными значениями в почвах магистральных волоков (2130–3340 мкг С/г а.с.п.).

Таким образом, в биоклиматических условиях средней тайги промышленные рубки еловых чернично-зеленомошных лесов и естественное лесовосстановление на вырубках обуславливают существенное изменение условий функционирования микробных сообществ подзолистых почв. Это находит свое отражение как в изменении численности и соотношения экологотрофических групп микроорганизмов в органогенных горизонтах (лесные подстилки) почв, так и содержания в них углерода микробной биомассы. Показано, что даже спустя 50 лет после проведения рубок микробное сообщество подзолистых почв по своим параметрам не достигает уровня почв ненарушенных лесных экосистем.

#### Библиографический список

1. Роль микроорганизмов в биогеоценотических функциях почв / Д. Г. Звягинцев, Т. Г. Добровольская, И. П. Бабьева, Г. М. Зенова, Л. В. Лысак, О. Е. Марфенина // Почвоведение. 1992. № 6. С. 63–75.
2. Роль микроорганизмов в экологических функциях почв / Т. Г. Добровольская, Д. Г. Звягинцев, И. Ю. Чернов, А. В. Головченко, Г. М. Зенова, Л. В. Лысак, Н. А. Манучарова, О. Е. Марфенина, Л. М. Полянская, А. Л. Степанов, М. М. Умаров // Почвоведение. 2015. № 9. С. 1087–1096. doi: 10.7868/S0032180X15090038
3. Роль почвы в формировании и сохранении биологического разнообразия / под ред. Г.В. Добровольского. М.: ООО «Товарищество научных изданий КМК», 2011. 273 с.
4. Дымов А. А. Влияние сплошных рубок в бореальных лесах России на почвы (обзор) // Почвоведение. 2017. № 7. С. 787–789. doi: 10.7868/S0032180X17070024
5. Путеводитель научной почвенной экскурсии : подзолистые суглинистые почвы разновозрастных вырубок (подзоны средней тайги) / под ред. Г. А. Симонова, Е. М. Лаптевой, Г. М. Втюрина, Д. А. Каверина. Сыктывкар : Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, 2007. 81 с.
6. Атлас почв Республики Коми / под ред. Г. В. Добровольского, А. И. Таскаева, И. В. Забоевой. Сыктывкар : ООО «Коми республиканская типография», 2010. 356 с.
7. Методы почвенной микробиологии и биохимии / под ред. Д. Г. Звягинцева. М. : Изд-во МГУ, 1991. 304 с.
8. Титова В. И., Козлов А. В. Методы оценки функционирования микробоценоза почвы, участвующего в трансформации органического вещества : научно-методическое пособие. Нижегородская с.-х. академия. Нижний Новгород, 2012. 64 с.
9. Anderson J. P. E., Domsch K. H. A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils // Soil Biol. Biochem. 1978. Vol. 10. No. 3. P. 215–221.

10. Ананьева Н. Д., Сусьян Е. А., Гавриленко Е. Г. Особенности определения углерода микробной биомассы методом субстрат-индуцированного дыхания // Почвоведение. 2011. № 11. С. 1327–1333.

11. Дымов А. А. Почвы механически нарушенных участков лесосек средней тайги Республики Коми // Лесоведение. 2018. № 2. С. 130–142. doi: 10.7868/S0024114818020055

12. Богородская А. В., Кукавская Е. А. Состояние микробных сообществ в почвах лиственных и светлохвойных лесов Средней Сибири после рубок и пожаров // Лесоведение. 2016. № 5. С. 383–396.

13. Микробиологическая индикация и мониторинг нарушенных лесных экосистем Сибири / Н. Д. Сорокин, С. Ю. Евграфова, Н. В. Пашенова, И. Д. Гродницкая, Г. Г. Полякова, Е. Н. Афанасова // Сибирский экологический журнал. 2005. № 4. С. 687–692.

## ЦИАНОБАКТЕРИИ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

*Л. В. Кондакова*<sup>1,2</sup>, *Л. И. Домрачева*<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> *Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, ecolab2@gmail.com*

<sup>2</sup> *Вятский государственный университет,*

<sup>3</sup> *Вятская государственная сельскохозяйственная академия*

Изучена реакция цианобактерий на антропогенную и техногенную нагрузку, показана возможность их использования в биоиндикации экологического состояния почв.

Ключевые слова: цианобактерии, водоросли, территории природные, техногенные.

Цианобактерии (ЦБ) – фототрофные организмы почвы, постоянные ее обитатели. Они обладают высокой устойчивостью к природным, антропогенным и другим физико-химическим факторам среды. Известно, что ЦБ обладают огромным биоиндикационным потенциалом в экологической оценке состояния среды [1].

Кировская область является регионом, в котором альгофлора почв изучена достаточно широко. В классической монографии Э. А. Штиной [2] отмечено 599 видов и форм микрофототрофов, из них 166 видов (28,6%) составляют ЦБ.

Согласно данным Э. А. Штиной [3] видовой состав альгофлоры зависит от типа почвы. В целинных дерново-подзолистых почвах из ЦБ преобладают виды родов: *Anabaena*, *Nostoc*, *Calothrix*, *Tolypothrix*, *Phormidium*, *Plectonema*, *Lyngbya*; в торфяно-болотных почвах – *Nostoc* (*N. punctiforme*, *N. linckia*), *Phormidium*, *Oscillatoria*. В серых лесных, дерново-карбонатных и пойменных почвах юга области Т. С. Носковой [4] выявлено 110 видов и форм ЦБ. Азотфиксирующие виды представлены родами: *Anabaena*, *Nostoc*, *Cylindrospermum*, *Nodularia*, *Tolypothrix*, *Calothrix*, *Microchaete*, отмечено высокое видовое разнообразие представителей родов безгетероцистных ЦБ (*Phormidium* и *Oscillatoria*). Е. А. Бусыгиной [5] на выработанных торфяниках Лугоболотной

станции ВНИИ кормов им. В. Р. Вильямса (пос. Юбилейный Оричевского района) отмечено 160 видов и форм водорослей и ЦБ, из них 38 видов – ЦБ; на торфяно-болотных почвах Каринского стационара (пос. Карино Кирово-Чепецкого района) – 194 вида, в том числе 62 вида ЦБ. Выявлены индикаторные виды ЦБ для торфяных почв различного увлажнения. На примере почв региона всесторонне изучено влияние окультуривания почв на почвенную альгофлору. При окультуривании почвы происходит изменение сообществ водорослей и ЦБ. В окультуренных почвах увеличивается видовое разнообразие альгофлоры, усиливается значение ЦБ, особенно азотфиксирующих видов (*Nostoc*, *Anabaena*, *Cylindrospermum*). В пахотных почвах ЦБ обеспечивают самые массовые вспышки размножения микрофототрофов [6]. В условиях Кировской области на пахотных почвах доминирующее положение в наземных сообществах микрофототрофов в поздне-летний и осенний периоды занимают ЦБ, в частности, представители рода *Cylindrospermum* (*C. licheniforme*, *C. muscicola*, *C. catenatum*).

Целью исследований являлось изучение особенностей развития ЦБ в природных, антропогенных и испытывающих техногенную нагрузку экосистемах.

Объектами исследований являлись почвенные ЦБ природных и антропогенных территорий Кировской области: государственный природный заповедник (ГПЗ) «Нургуш», урбанизированные почвы, почвы района объекта хранения и уничтожения химического оружия (ОХУХО), предприятий химической промышленности (КЧПК).

Почвенные образцы отбирались с глубины 0-5 см и 0-1 см («пленки» водорослей и ЦБ). Видовой состав ЦБ выявляли методом постановки чашечных культур со стёклами обрастания и микроскопированием разрастаний на поверхности почвы [7].

В пойменных почвах государственного природного заповедника «Нургуш» выявлено 27 видов ЦБ. Видовой состав цианофлоры конкретных фитоценозов различается в зависимости от типа фитоценоза и почвы. В луговых фитоценозах заповедника отмечено 22 вида ЦБ, в том числе 18 видов на суходольном лугу, 13 – на пойменном. Доминантами сообществ являлись: *Nostoc punctiforme*, *N. linckia*, *N. paludosum*, *Cylindrospermum licheniforme*, *C. muscicola*, *Phormidium autumnale*, *Tolypothrix tenuis*. В лесных фитоценозах выявлено 18 видов ЦБ, в т.ч. в лиственных лесах – 14, сосновом лесу (охранная зона) – 7. Численность клеток ЦБ составляла до 255 тыс. кл./г почвы.

В почвах урбанизированных территорий происходит увеличение доли ЦБ. В почвах г. Кирова выявлено 59 видов ЦБ. Структура группировок почвенных микрофототрофов различается по функциональным зонам города. В промышленной и транспортной зонах из ЦБ доминируют *Microcoleus vaginatus*, *Leptolyngbya foreolarum*, *Phormidium autumnale*, *Ph. boryanum*, *Ph. formosum*. Доминирующий комплекс селитебной зоны составляют ЦБ – *Phormidium autumnale*, *Ph. uncinatum*, *Ph. boryanum*, *Microcoleus vaginatus*. Структура группировок водорослей в рекреационной зоне города включает

*Nostoc punctiforme*, *Cylindrospermum licheniforme*, *Ph. autumnale*, *Ph. formosum*. Численность клеток ЦБ в пленках цветения в различных зонах города составляла до 43 млн кл/см<sup>2</sup>.

Реакция ЦБ на техногенную нагрузку проявляется в изменении видового разнообразия и количественных характеристик микрофототрофов.

Флористический анализ почв района ОХУХО выявил 40 видов ЦБ. В лесных фитоценозах объекта выявлено 14 видов ЦБ, в том числе *Leptolyngbya foveolarum*, *L. frigid*, *Phormidium formosum*, *Nostoc punctiforme* и др. В почвах луговых фитоценозов отмечено 30 видов ЦБ, по видовому разнообразию преобладают виды рода *Phormidium* (*Ph. jadinianum*, *Ph. formosum*). Численность клеток ЦБ составляла от 2,0 до 56,4 тыс. кл./ г почвы.

В почвах пойменных луговых фитоценозов района КЧПК ЦБ представлены в основном безгетероцистными нитчатými формами (представители родов *Phormidium*, *Leptolyngbya*). Перегрузка почв доступным азотом влечёт за собой снижение видового разнообразия ЦБ, слабое развитие или полностью отсутствие в ней азотфиксирующих ЦБ.

В почвах фоновой территории и территорий, испытывающих антропогенную и техногенную нагрузку, отмечено 77 видов ЦБ (84 видов и форм), в том числе 23 вида – азотфиксирующие ЦБ (30 видов и форм). Виды, отмеченные на фоновой, агрогенной, урбанизированной и техногенных территориях: *Cylindrospermum licheniforme* (Bory) Kütz., *Leptolyngbya foveolarum* Rabenh. et Gom.) Anagn. et Kom., *Leptolyngbya frigida* (Fritsch) Anagn. et Kom., *Microcoleus vaginatus* (Vauch.) Gom., *Nostoc linckia* (Roth) Born. et Flah. f. *linckia*, *Nostoc linckia* (Roth) Born. et Flah. f. *muscorum* (Ag.) Elenk., *Nostoc paludosum* Kütz., *Nostoc paludosum* Kütz., *Phormidium autumnale* (Ag.) Gom., *Phormidium boryanum* Kütz., *Phormidium formosum* (Bory ex Gom.) Anagn. et Kom., *Phormidium uncinatum* (Ag.) Gom., *Pseudanabaena catenata* Lauterb., *Tolypothrix tenuis* Kütz. Это указывает на высокую толерантность данных видов ЦБ к факторам среды. Воздействие изученных объектов не нарушает функциональные возможности ЦБ.

Изучение реакции ЦБ на антропогенную и техногенную нагрузку показало возможность их использования в биоиндикации экологического состояния почв.

*Работа выполнена в рамках государственного задания Института биологии Коми НЦ УрО РАН по теме «Оценка и прогноз отсроченного техногенного воздействия на природные и трансформированные экосистемы подзоны южной тайги» № 0414-2018-0003.*

#### Библиографический список

1. Устойчивость микробных комплексов почвы к антропогенным факторам среды / под ред. Л. И. Домрачевой, Т. Я. Ашихминой. Сыктывкар : ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, 2019. 254 с.
2. Штина Э. А. Флора водорослей бассейна реки Вятки. Киров, 1997. 91 с.
3. Штина Э. А. Водоросли дерново-подзолистых почв Кировской области // Тр. Ботан. ин-та АН СССР. 1959. Сер. 2. Вып. 2. С. 36–141.

4. Носкова Т. С. Сообщества водорослей некоторых почв Кировской области : дис. ... канд. биол. наук. Киров, 1968. 286 с.
5. Бусыгина Е. А. Развитие почвенных водорослей на мелиорированных выработанных торфяниках в зависимости от их водного режима : дис. ... канд. биол. наук. Киров, 1975. 169 с.
6. Домрачева Л. И. «Цветение» почвы и закономерности его развития. Сыктывкар, 2005. 336 с.
7. Штина Э. А., Голлербах М. М. Экология почвенных водорослей. М. : Наука, 1976. 143 с.

## **СОСТОЯНИЕ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА В РАЙОНЕ РАЗМЕЩЕНИЯ СВИНОВОДЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ**

***Н. В. Сырчина<sup>1</sup>, Л. В. Пилип<sup>2</sup>, Г. Я. Кантор<sup>1,3</sup>***

<sup>1</sup> *Вятский государственный университет, nvms1956@mail.ru*

<sup>2</sup> *Вятская государственная сельскохозяйственная академия,  
pilip\_larisa@mail.ru*

<sup>3</sup> *Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, grigory\_kantor@mail.ru*

В результате замеров содержания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе в районе размещения крупного свинокомплекса выявлено превышение нормативов по содержанию аммиака. Содержание меркаптанов и сероводорода не превышало установленных норм. Запаховое загрязнение воздуха ощущалось на расстоянии не более 500 м от размещения лагун. Наиболее интенсивное запаховое загрязнение отмечено в месте сепарирования навозных стоков.

Ключевые слова: экология свиноводства, очистные сооружения, навозные стоки, загрязнение атмосферного воздуха.

Современное свиноводство является серьезным источником загрязнения окружающей среды биогенными отходами. Свежий свиной навоз и навозные стоки включены в Федеральный классификационный каталог отходов под кодом 11251001333 как отход III класса опасности. Содержание органических веществ в навозных стоках влажностью 98 % превышает 17 кг/т. В процессе микробиологической деструкции органических соединений в атмосферный воздух выбрасывается широкий спектр загрязняющих веществ (ЗВ), включая аммиак (NH<sub>3</sub>), сероводород (H<sub>2</sub>S), меркаптаны (RSH), метан (CH<sub>4</sub>), углекислый газ (CO<sub>2</sub>), оксиды азота, летучие жирные кислоты (ЛЖК) и др. [1, 2]. Эмиссия летучих компонентов приводит к существенному ухудшению состояния воздуха вблизи размещения свинокомплексов и снижает качество жизни населения соответствующих территорий. Как правило, от жителей поступают жалобы на неприятные запахи, так как свиноводческие предприятия располагаются в непосредственной близости с жилыми объектами.

Навязчивое действие запахов приводит к нарушению здоровья, снижению адаптационного потенциала, психологическому напряжению и другим негативным проявлениям [3]. Особенно явное запаховое загрязнение наблюдается в период весенних и осенних полевых работ, когда отходы животноводства из мест накопления вывозятся или перекачиваются на поля. Контроль этого вида загрязнения представляет серьезную проблему, поскольку в большинстве случаев, запах формируется не отдельным веществом, а сложной смесью веществ, многие из которых не идентифицированы и не имеют ПДК. Кроме того, даже те пахучие соединения, для которых установлен норматив ПДК, часто присутствуют в атмосферном воздухе в таких незначительных количествах, что при контроле качества атмосферного воздуха превышение ПДК, несмотря на наличие отчетливого запаха, не наблюдается [4]. Следует отметить, что в РФ до настоящего времени действенной системы государственного контроля и регулирования запахов в атмосферном воздухе выработать не удалось.

Цель настоящего исследования заключалась в изучении состояния атмосферного воздуха вблизи размещения одного из свиноводческих предприятий Кировской области.

Состояние воздуха оценивалось по таким показателям, как содержание в воздухе  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{RSH}$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$ , ЛЖК, а также наличие и степень выраженности характерного запаха.

Исследования воздуха проводились 1 октября 2020 г. во второй половине дня в ясную солнечную погоду, температура воздуха  $20 \pm 2$  °С, ветер южный 1,6 м/с, влажность воздуха 47%, давление 758 мм рт. ст.

Для измерения содержания в воздухе ЗВ использовался многокомпонентный переносной газоанализатор ГАНК 4, предназначенный для непрерывного автоматического или периодического контроля концентрации вредных веществ (без пробоподготовки) в атмосферном воздухе и воздухе рабочей зоны в целях охраны окружающей среды, обеспечения безопасности труда работников и оптимизации технологических процессов.

Контрольные точки (точки выполнения замеров) располагались вблизи входа на территорию размещения свинарников, вблизи сепаратора для разделения навозных стоков на жидкую и твердую фракции, на территории очистных сооружений и на вспаханном поле, куда во время проведения измерений вносилась жидкая фракция стоков.

Запаховое загрязнение оценивалось безинструментальным (органолептическим) методом. Выявление наличия и степени выраженности запаха проводилось группой экспертов из 4-х человек. Интенсивность запаха выражалась в баллах в соответствии со шкалой: запах отсутствует (0); очень слабый запах (1); слабый запах (2); отчетливый запах (3); сильный запах (4); очень сильный запах (5).

Схема расположения контрольных точек приведена на рисунке.

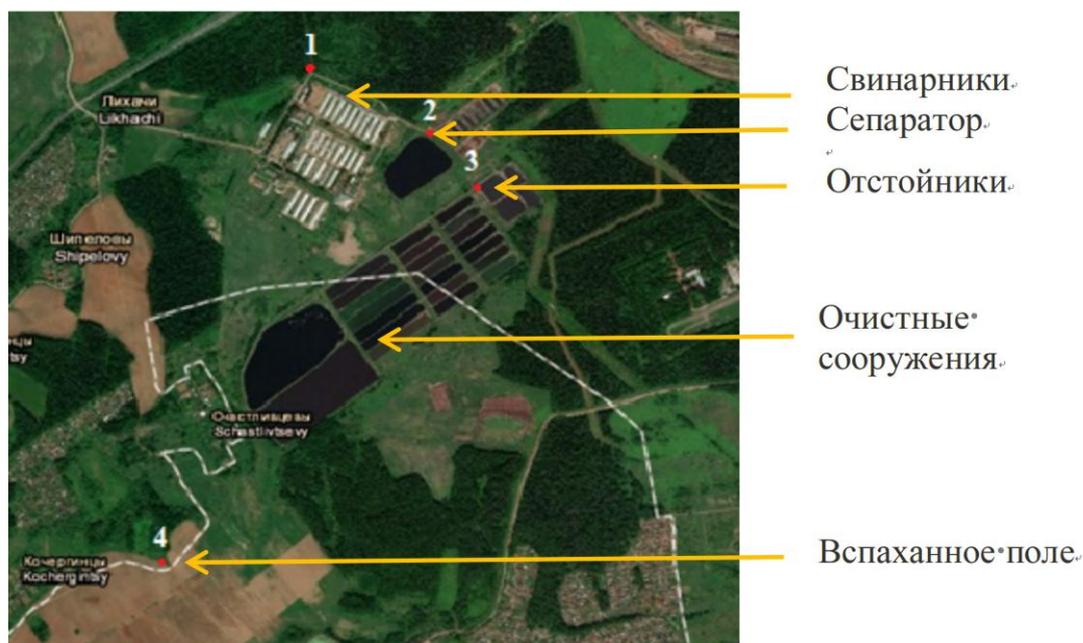


Рис. Схема расположения контрольных точек  
1–4 – контрольные точки

Запаховое загрязнение было выявлено во всех контрольных точках (табл.).

Таблица

#### Интенсивность запаха в контрольных точках

Контрольная точка	Координаты	Интенсивность запаха, баллы
1	58.548878, 49.544487	1,2
2	58.546331, 49.552283	3,2
3	58.544041, 49.555547	2,7
4	58.529613, 49.534932	3,5

В точках 2 и 3 было выявлено превышение ПДК по содержанию  $\text{NH}_3$  в 1,8 и 2,9 раза соответственно. Содержание остальных ЗВ во всех контрольных точках не превышало установленные нормативы. Образование и выделение  $\text{NH}_3$  в атмосферу обусловлено процессами аммонификации (гниения), в результате которых происходит разложение азотсодержащих органических веществ. Аммонификация протекает при температуре не ниже  $10^\circ\text{C}$  в условиях достаточной влажности. Оптимальные условия для этого процесса складываются в местах накопления навозных стоков в летнее время года. Наибольшая роль в процессах аммонификации принадлежит бактериям рода *Proteus*, которые благодаря наличию фермента уреазы полностью гидролизуют мочевины до аммиака, при этом для образования фермента не важна индукция мочевиной, а образующийся аммиак не подавляет ее синтез.

Следует отметить, что аналогичные исследования состояния воздуха выполнялись и в 2019 г. [5]. Во время выполнения замеров стояла теплая и ветреная погода. В условиях достаточно сильного ветра степень выраженности запаха во всех контрольных точках была значительно ниже.

В результате выполненных исследований установлено, что свиноводческие предприятия являются серьезным источником запахового загрязнения окружающей среды. Интенсивность запаха существенно зависит от складывающихся погодных условий и особенностей технологического процесса на комплексе. Наиболее сильно запах ощущается в теплое время года при слабом ветре.

Содержание  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{RSH}$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$ , ЛЖК в атмосферном воздухе на территориях, прилегающих к свиноводческим комплексам, в основном не превышает установленные нормативы.

Мониторинг атмосферного воздуха вблизи крупных свиноводческих объектов является обязательным и необходимым средством, направленным на снижение антропогенного загрязнения окружающей среды, источником которого является сельское хозяйство.

#### **Библиографический список**

1. Влияние подкисления навозных стоков на их микробиологические характеристики / Л. В. Пилип, В. А. Козвонин, Н. В. Сырчина, Е. П. Колеватых, Т. Я. Ашихмина // Теоретическая и прикладная экология. 2020. № 3. С. 161–167. doi: 10.25750/1995-4301-2020-3-161-167
2. Пилип Л. В., Сырчина Н. В. Новые подходы к дезодорации свиного навоза // Иппология и ветеринария. 2018. № 4 (30). С. 99–106.
3. Цитологические показатели слизистых оболочек и состояние адаптации детей, проживающих в районе размещения предприятия – источника запаха / Н. Н. Беляева, О. В. Бударина, З. Ф. Сабирова, А. П. Росоловский, З. В. Шипулина // Гигиена и санитария. 2018. № 11. С. 1080–1086.
4. ГОСТ 32673-2014 Правила установления нормативов и контроля выбросов дурнопахнущих веществ в атмосферу. М. : Стандартинформ, 2014.
5. Сырчина Н. В., Пилип Л. В. Содержание сероводорода в атмосферном воздухе вблизи свиноводческих предприятий // Экология родного края: проблемы и пути их решения : материалы XV Всерос. с междунар. участием науч.-практ. конф. Книга 1. Киров : ВятГУ, 2020. С. 129–132.

### **СОСТАВ ЭФИРНОГО МАСЛА ПИХТЫ СИБИРСКОЙ КАК ИНДИКАТОРА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ**

*Е. В. Котряхова, Т. А. Адамович*

*Вятский государственный университет, ekaterinakotryahova@mail.ru*

В статье представлены данные об использовании в оценке состояния окружающей среды хвойных деревьев. Объектом исследования выбрана пихта сибирская (*Abies sibirica*), произрастающая в Нововятском районе г. Кирова (образец № 1) и Кирово-Чепецком районе Кировской области (образец № 2). В качестве диагностического органа взята хвоя пихты. Методом хроматомасс-спектрометрии был определен состав полученного эфирного масла пихты. Установлено различие в составе эфирного масла хвои, отобранной в различных районах, что может быть связано с антропогенным воздействием.

Ключевые слова: биоиндикация, эфирные масла, пихта сибирская, компонентный состав, загрязнение окружающей среды.

Оценка состояния окружающей среды – одна из наиболее важных задач современности. Наиболее эффективным методом оценки является биоиндикация [1]. В качестве индикаторов экологической нагрузки на территорию в настоящее время довольно часто используется оценка состояния растительных объектов [2]. Часто применяемыми и удобными биоиндикаторами состояния окружающей среды являются хвойные деревья, так как они обладают высокой чувствительностью к повышенным концентрациям загрязняющих веществ, восприимчивы к изменению влажности и температур и примечательны тем, что исследования можно проводить на протяжении нескольких лет и в любое время года [1]. Хорошими индикаторными свойствами обладают листва и хвоя деревьев.

Реакция растительного покрова на загрязнения сложна и неоднозначна. Здесь играют роль не только вид загрязнения, его концентрация в среде и время воздействия, но и способность самих растений поглощать загрязнители, общее состояние растений, почвенно-климатические условия, фаза вегетации и другие [3].

В связи с тем, что хвойные древесные растения подвергаются антропогенному воздействию со стороны окружающей среды, необходимо оценить влияние такой нагрузки на синтез и накопление в хвойных древесных растениях отдельных терпеновых соединений [3].

Объектом исследования являлась пихта сибирская (*Abies sibirica*). В качестве диагностического органа взята хвоя – ассимиляционный аппарат, который в первую очередь реагирует на изменения окружающей среды. В его тканях раньше всего проявляются вызванные промышленными эмиссиями изменения [4].

При проведении исследований было выбрано два заметно различающихся по количеству загрязняющих веществ (ЗВ) в атмосфере района произрастания пихты сибирской: Нововятский район г. Кирова (образец № 1) и Кирово-Чепецкий район Кировской области (образец № 2). С учетом антропогенной нагрузки первый район можно принять за условно благополучный в экологическом плане, второй – за экологически «грязный» район. Можно считать, что изменения в содержании отдельных компонентов эфирного масла пихты сибирской обусловлены различной экологической нагрузкой на древесные растения [3].

Исходное сырье (лапка пихты сибирской) было заготовлено в октябре 2019 года с нескольких деревьев. Проба усреднялась методом квартования и подвергалась исследованию в свежем виде. Эфирное масло было получено методом перегонки с водяным паром. Состав эфирного масла был определен при помощи газового хроматомасс-спектрометра GCMS-QP2010 Plus компании «Shimadzu» (Япония).

Полученные образцы эфирных масел пихты по органолептическим свойствам являются прозрачными бесцветными жидкостями с древесным запахом. Методом хроматомасс-спектрометрии установлено, что состав полученного эфирного масла на данных участках имеет существенные различия.

Преобладающим монотерпеновым углеводородом эфирного масла хвой пихты сибирской является камфен [5]. Присутствие данного компонента отмечено в образце № 2 (9,1%). Борнилацетат был обнаружен только в образце № 2, его содержание составило 70,7%. В состав кислородсодержащей фракции эфирного масла пихты сибирской входит также борнеол, содержание которого в полученных образцах пихтового масла составило 8,6% для образца № 1 и 16,6% для образца № 2.

Такое различие в составе эфирного масла хвой, отобранной в различных районах может быть связаны с антропогенным воздействием. По данным литературы при переходе от незагрязненной к загрязненной территории в эфирных маслах хвой ели сибирской убывает доля камфена и возрастает содержание кислородсодержащих соединений (борнилацетата) [6].

Большое содержание кислородсодержащих веществ в образце хвой пихты в Нововятском районе г. Кирова можно объяснить тем, что хвоя собиралась с более зрелых деревьев. С течением времени у долгоживущих деревьев состав масла может изменяться вследствие перехода терпенов в свои окисленные формы [7].

Таким образом, в ходе исследования был изучен состав эфирного масла хвой пихты сибирской в двух образцах. Преобладание кислородсодержащих производных терпенов отмечено в составе обоих образцов эфирных масел. Для более полной и точной диагностики необходимо проведение ряда дополнительных исследований в различные периоды года.

#### **Библиографический список**

1. Клевакина Н. В. Использование хвойных видов древесных растений для оценки состояния окружающей среды // Безопасность городской среды : материалы V Междунар. науч.-практ. конф. / под ред. Е. Ю. Тюменцевой. Омск : Омский государственный технический университет, 2018. С. 214–216.

2. Калашник Н. А. Цитогенетические методы оценки состояния насаждений пихты сибирской в условиях промышленного загрязнения // Вестник ОГУ. 2011. №12 (131). С. 80–82.

3. Ефремов Е. А., Назиров Р. А., Ефремов А. А. Влияние экологического состояния территории на содержание и компонентный состав эфирного масла пихты сибирской // Вестник КрасГАУ. 2014. № 12. С. 89–93.

4. Сотникова О. В., Степень Р. А. Эфирные масла сосны как индикатор загрязнения среды // Химия растительного сырья. 2001. № 3. С. 79–84.

5. Степень Р. А., Есякова О. А. Влияние антропогенного загрязнения среды на содержание и состав эфирного масла хвой ели // Хвойные бореальной зоны. 2007. № 1. Т. 24. С. 122–127.

6. Ефремов Е. А., Ефремов А. А. Компонентный состав эфирного масла октябрьской лапки пихты сибирской Красноярского края // Химия растительного сырья. 2010. № 3. С. 121–124.

7. Шумилова А. А., Соловьёва Е. С. Состав и физико-химические свойства эфирного масла пихты сибирской, произрастающей в различных районах Кировской области // Экология родного края: проблемы и пути их решения : материалы XIV Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Киров : ВятГУ, 2019. С. 271–274.

## **АНАЛИЗ ИОННОГО СОСТАВА ВОДЫ ИЗ РОДНИКОВ г. КИРОВА**

*Е. М. Тизян<sup>1</sup>, С. Г. Скугорева<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Вятский государственный университет,*

<sup>2</sup> *Институт биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, skugoreva@mail.ru*

Проведен анализ ионного состава проб воды, отобранных осенью 2010, 2016, 2019 гг. из родников г. Кирова. Наиболее стабильный ионный состав характерен для родника у Трифонова монастыря, наименее – для родника у Диорамы. Для большинства проб воды отмечали превышение норматива по содержанию нитрат-ионов и по общей жесткости, что позволяет считать воду загрязненной и опасной для употребления без предварительной очистки.

Ключевые слова: родник, ионный состав, загрязнение, нитрат-ионы, общая жесткость.

Раньше в г. Кирове было много процветающих родников, они широко использовались населением в питьевых целях. Со временем родники в черте города стали загрязняться. Люди перестали пользоваться источниками, стали меньше их охранять и следить за территорией вокруг, чаще покупать бутилированную воду. Однако и в настоящее время есть родники, водой из которых люди активно пользуются, например, святой источник у Трифонова монастыря [1].

Цель работы: описать ионный состав воды из родников г. Кирова, выявить его динамику с течением времени, сравнить различные родники по ионному составу.

Объектом исследования служила вода из родников города Кирова, отобранная в сентябре 2010 г. [2, 3], октябре 2016 г. [4, 5] и сентябре 2019 г. [6]: родник № 1 находился у Диорамы, № 2 – в Трифоновом монастыре, № 3 – в овраге Засора, № 4 – в сквере 60-летия СССР (рис.).

Массовую концентрацию ионов натрия, аммония, калия, магния, кальция, хлорид-, нитрат- и сульфат-ионов в воде определяли методом ионной хроматографии на хроматографе «Стайер» [7, 8]; водородный показатель – методом потенциометрии на рН-метре-иономере «Эксперт-001»; электропроводность – кондуктометрическим методом на кондуктометре «Cond 340i». Общую жесткость определяли расчетным путем [9].

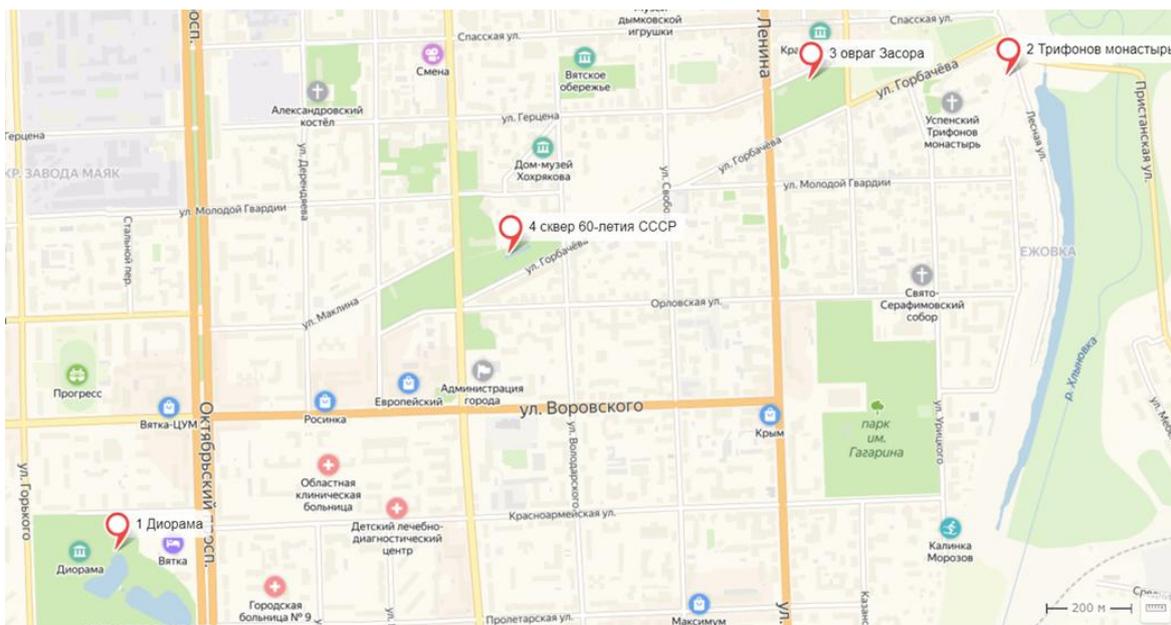


Рис. Карта-схема расположения родников в г. Кирове

Самое высокое значение электропроводности было выявлено в 2019 г. в родниковой воде Трифонова монастыря (1088 мкСм/см), а минимальное в 2016 г. – у Диорама (644 мкСм/см) (табл. 1). Закономерность изменения показателя по годам была неоднозначной. В родниковой воде у Диорама электрическая проводимость с 2010 по 2019 гг. сначала уменьшалась, затем возросла. В воде из оврага Засора наоборот, сначала показатель снижался, а затем увеличивался. В воде родника из Трифонова монастыря с течением времени электропроводность возрастала.

По значениям водородного показателя родниковая вода относится к слабощелочной: рН составил от 7,2 до 8,5. Данные значения находятся в пределах норматива, который составляет от 6,5 до 8,5 (табл. 1).

Таблица 1

**Значения электропроводности (в числителе, в мкСм/см) и водородного показателя (в знаменателе, в ед. рН) родниковой воды г. Кирова**

Место отбора	Год отбора пробы		
	2010 г.	2016 г.	2019 г.
Диорама	$\frac{950 \pm 95}{7,7 \pm 0,1}$	$\frac{644 \pm 64}{7,2 \pm 0,1}$	$\frac{763 \pm 76}{7,3 \pm 0,1}$
Трифонов монастырь	$\frac{900 \pm 90}{8,5 \pm 0,1}$	$\frac{1043 \pm 104}{7,6 \pm 0,1}$	$\frac{1088 \pm 109}{7,2 \pm 0,1}$
Овраг Засора	$\frac{1050 \pm 105}{7,6 \pm 0,1}$	$\frac{965 \pm 97}{8,0 \pm 0,1}$	$\frac{968 \pm 97}{7,2 \pm 0,1}$
Сквер 60-летия СССР	–	–	$\frac{727 \pm 73}{8,0 \pm 0,1}$

Примечание: «–» – нет данных по причине закрытия родника на зимний период времени.

Содержание ионов натрия не превышало ПДК (ГН 2.1.5.1315-03) для питьевой воды (табл. 2). В период с 2010 по 2019 гг. в родниках у Диорама и

в овраге Засора значения концентрации ионов возросли примерно в 1,5 раза. Для родниковой воды Трифонова монастыря характерен более стабильный ионный состав воды с 2010 по 2016 гг.: он практически не изменялся. Однако в 2019 г. содержание ионов натрия возросло почти в 1,5 раза.

Таблица 2

**Катионный состав и общая жесткость воды из родников г. Кирова**

Место отбора пробы	Год отбора пробы	Содержание катионов, мг/л					Общая жесткость, ммоль/л
		Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	
Диорама	2010 г.	26±4	н/о	н/о	36±4	118±11	<b>8,8</b>
	2016 г.	44±7	2,35±0,35	н/о	26,3±2,6	133±13	<b>8,8</b>
	2019 г.	67±10	1,6±0,3	н/о	19±4	82±8	5,6
Трифонов монастырь	2010 г.	41±6	1,5±0,2	1,0±0,1	32±3	75±7	6,4
	2016 г.	48±7	2,02±0,30	н/о	41±4	149±15	<b>10,8</b>
	2019 г.	61±9	2,9±0,6	н/о	21±2	111±11	<b>7,3</b>
Овраг Засора	2010 г.	20±3	1,5±0,2	0,8±0,1	32±3	75±7	6,3
	2016 г.	49±7	11,3±1,7	н/о	26,9±2,7	151±15	<b>9,7</b>
	2019 г.	65±10	12,4±1,9	н/о	23±2	103±10	7,0
Сквер 60-летия СССР	2019 г.	49±7	5,1±1,0	н/о	20±4	81±8	5,7
Норматив		200	не установлен	1,93	50	не установлен	7

*Примечание:* н/о – не определено с помощью метода ионной хроматографии; жирным шрифтом выделены значения, превышающие норматив.

Концентрация ионов калия была невелика и не превышала норматив. Самые высокие значения были выявлены в 2016 и 2019 гг. в родниковой воде из оврага Засора и составили 11,3–12,4 мг/л, что выше, чем для других проб в 4,8–7,9 раза.

Ионы магния во все периоды отбора проб не сильно различались между собой и не превышали ПДК. Ионы аммония не были определены ни в одном из родников в 2016 и 2019 гг. В 2010 г. они обнаружены лишь в родниковой воде Трифонова монастыря и оврага Засора, значения не сильно различались между собой и не превышали норматив.

Выявлено, что в родниковой воде у Диорамы в 2010 и 2016 гг. значения общей жесткости превышали норматив примерно в 1,3 раза (табл. 2). Самый высокий показатель был выявлен в пробе воды из Трифонова монастыря в 2016 г.: он составил 10,8 ммоль/л. В овраге Засора в 2016 г. жесткость была выше нормы в 1,4 раза.

Концентрация хлорид-ионов ни в одной пробе за три года исследований не превысила ПДК (табл. 3). В родниковой воде у Диорамы концентрация стабильно уменьшалась: сначала в 1,5 раза, затем в 1,8 раза. В воде Трифонова монастыря в 2010 г. содержание хлоридов было очень мало, а в 2016 и 2019 гг. значения были близки друг к другу. В овраге Засора содержание в период 2010 по 2016 гг. уменьшилось незначительно, но в 2019 г. значение

снизилось на 17%. В сквере 60-летия СССР значения за 2019 г. не превышали ПДК.

Таблица 3

**Анионный состав воды из родников г. Кирова**

Место отбора пробы	Год отбора пробы	Содержание анионов, мг/л			
		СГ	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
Диорама	2010 г.	97±10	<b>105±16</b>	н/о	40±4
	2016 г.	62±6	<b>95±14</b>	н/о	77±8
	2019 г.	33,6±3,4	21,5±3,2	2,86±0,29	73±7
Трифонов монастырь	2010 г.	1,4±0,1	0,10±0,01	н/о	1,9±0,2
	2016 г.	54±5	<b>51±8</b>	н/о	105±11
	2019 г.	50±5	43±6	н/о	95±9
Овраг Засора	2010 г.	56±6	<b>49±7</b>	н/о	70±7
	2016 г.	55±6	<b>69±10</b>	н/о	88±8
	2019 г.	47±5	<b>65±10</b>	1,84±0,10	82±8
Сквер 60-летия СССР	2019 г.	35±4	35±5	1,41±0,21	63±6
ПДК		350	45	3,5	500

*Примечание:* н/о – не определено с помощью метода ионной хроматографии; жирным шрифтом выделены значения, превышающие норматив.

Содержание нитрат-ионов в 2010 и 2016 гг. в родниковой воде у Диорама в 2,5 раза превысило ПДК. В овраге Засора в 2016 и 2019 г. концентрация нитратов была выше ПДК почти в 1,5 раза. Для родниковой воды у Трифонова монастыря норма была превышена лишь в 2016 г. на 13,3%. В сквере 60-летия СССР значение показателя не превышало норматив.

Концентрация сульфат-ионов была значительно ниже ПДК. В родниковой воде у Диорама значения с 2010 по 2019 гг. увеличивались с 40 до 73 мг/л. В воде у Трифонова монастыря в 2019 г. содержание сульфатов было очень мало, значения 2010 и 2019 гг. не сильно различались. В овраге Засора содержание практически не различалось. В 2019 г. в сквере 60-летия СССР концентрация сульфат-ионов не превышала норматив.

Таким образом, наиболее чистыми и удовлетворяющими норматив качества были пробы родниковой воды, отобранной в Трифоновом монастыре в 2010 г., у Диорама и в сквере 60-летия СССР в 2019 г.

В исследованных пробах отмечали превышение норматива для воды по содержанию нитрат-ионов (60% проб) и по общей жесткости (50% проб), что позволяет считать воду загрязненной и опасной для употребления без предварительной очистки. Источником загрязнения воды может быть загрязнение грунтовых вод.

В 2010, 2016 и 2019 гг. отмечали незначительные изменения ионного состава родниковой воды, которые могут быть связаны с климатическими факторами (количеством выпавших осадков). Наиболее стабильным ионным составом отличался родник у Трифонова монастыря, наименее – родник у Диорама.

*Работа выполнена в рамках государственного задания Института биологии Коми НЦ УрО РАН по теме «Оценка и прогноз отсроченного техногенного воздействия на природные и трансформированные экосистемы подзоны южной тайги» № 0414-2018-0003.*

#### **Библиографический список**

1. Комсомольская правда. Уникальные места в Кирове. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.kirov.kp.ru/daily/23979.4/74304/> (дата обращения: 01.05.2020)
2. Крюкова А. А., Скугорева С. Г. Динамика ионного состава родниковой воды в г. Кирове // Экология родного края: проблемы и пути их решения : материалы Всерос. молодежной науч.-практ. конф. Киров : ООО «Лобань», 2011. С. 252–254.
3. Крюкова А. А., Скугорева С. Г. Оценка ионного состава воды из родников г. Кирова // Экология родного края: проблемы и пути их решения : материалы Всерос. науч.-практ. конф. молодежи. Киров : Лобань, 2010. С. 248–250.
4. Скугорева С. Г., Домрачев И. А., Домрачева Л. И. Осенне-зимняя динамика ионного состава и содержания микроорганизмов в воде из родников г. Кирова // Экология родного края: проблемы и пути их решения : материалы XII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Кн. 1. Киров : ВятГУ, 2017. С. 104–108.
5. Химический состав и содержание микроорганизмов в воде из родников г. Кирова / С. Г. Скугорева, И. А. Домрачев, Л. И. Домрачева, А. И. Фокина // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем : материалы XIV Всерос. науч. практ. конф. с междунар. участием. Кн. 2. Киров : ООО Изд-во «Радуга-ПРЕСС», 2016. С. 310–315.
6. Абдухалилов О. М., Тизян Е. М., Скугорева С. Г. Оценка качества родниковой воды г. Кирова по химическому составу // Химические проблемы современности 2020 : Сб. материалов IV Междунар. науч. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. Донецк : Донецкий национальный университет, 2020. С. 32–35.
7. ФР.1Д.31.2008.01724. Методика выполнения измерений массовой концентрации фторид-, хлорид-, нитрат-, фосфат- и сульфат-ионов в пробах питьевой, минеральной, столовой, лечебно-столовой, природной и сточной воды методом ионной хроматографии. М. : НПКФ Аквилон, 2008. 16 с.
8. ФР.1.31.2008.01738. Методика выполнения измерений массовой концентрации катионов аммония, калия, натрия, магния, кальция и стронция в пробах питьевой, минеральной, столовой, лечебно-столовой, природной и сточной воды методом ионной хроматографии. М. : НПКФ Аквилон, 2008. 16 с.
9. Изучение химического состава и содержания микроорганизмов в родниковой воде / С. Г. Скугорева, Л. И. Домрачева, А. И. Фокина, И. А. Домрачев // Вода: химия и экология. 2018. № 10–12. С. 23–29. doi: 10.18334/watchemec.11.10-12.23-29

### **САНИТАРНО-БАКТЕРИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВОДЫ НИЖНЕГО ДОНА 2018–2019 ГГ.**

*Д. А. Седова<sup>1,2</sup>, П. В. Журавлев<sup>2</sup>, Н. В. Алексанина<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup> Южный федеральный университет, [darsedova@sfedu.ru](mailto:darsedova@sfedu.ru)*

*<sup>2</sup> ФБУН «Ростовский НИИ микробиологии и паразитологии»  
Роспотребнадзора г. Ростова-на-Дону*

В статье приведена санитарно-бактериологическая характеристика воды в нижнем течении реки Дон. В пробах были определены санитарно-показательные и условно-патогенные микроорганизмы. Качество исследуемой воды

не соответствовало нормативам СанПиН 2.1.5.980-00, а наиболее загрязненным биотопом выявлена река Темерник.

Ключевые слова: Дон, микрофлора, мониторинг, поверхностный водоем, санитарно-показательные микроорганизмы, санитарный режим.

В связи с интенсивной антропогенной нагрузкой на гидросферу открытых водоемов создаются условия, благоприятные для развития и накопления как условно-патогенных, так и патогенных микроорганизмов. Кроме того, за последнее время увеличилось количество вспышек кишечных инфекций с водным путем передачи [1]. Интенсивное бактериальное загрязнение Нижнего Дона сказывается на качестве воды зон рекреации Азова и Ростова. Согласно литературным данным [2] степень потенциальной эпидемической опасности рекреационных зон г. Азова за период 2010–2015 гг. была оценена по МР 2.1.10.0031-11 [3] как опасная (33 балла – III ранг степени микробного риска). Исходя из вышеизложенного, целью данной работы явился мониторинг санитарно-бактериологического состояния воды в нижнем течении реки Дон на территории г. Ростова-на-Дону и г. Азова.

Материалом исследования послужили 172 пробы воды открытых водоемов на территории Ростова-на-Дону (5 биотопов) и города Азова (3 биотопа). Пробы речной воды отбирали в местах водозаборов, зон рекреации, селитебных территорий, ниже выпусков городских канализаций. В исследуемых пробах определяли СПМ (ОКБ, ТКБ) и потенциально патогенные (синегнойные палочки и клебсиеллы). Исследования проб воды осуществлялись согласно МУК 4.2.1884-04 «Санитарно-микробиологический и санитарно-паразитологический анализ воды поверхностных водных объектов» [4], обработка экспериментальных данных производилась в программе Statistica.

В проведенном исследовании санитарно-бактериологического состояния воды Нижнего Дона в пробах определяли следующие показатели микробиологического загрязнения: санитарно-показательные (ОКБ, ТКБ) и условно-патогенные микроорганизмы (синегнойные палочки и клебсиеллы). Для описания содержания показателей в воде использовали количество и процент проб несоответствующих нормативам, медиану, т.к. этот статистический показатель является наиболее адекватным и устойчивым к выбросам при обработке данных разного порядка, и максимальное значение показателя ( $X_{max}$ ).

Исследование показало широкое распространение и высокий уровень содержания СПМ и потенциально патогенных микроорганизмов в пробах воды. Показатели бактериальной контаминации во всех биотопах были очень высоки.

Наиболее загрязненным биотопом является река Темерник, т. к. процент несоответствующих проб для ОКБ, ТКБ, клебсиелл – 100%, а для синегнойных палочек – 95,5%. Помимо этого, в данном биотопе наблюдались максимальные значения  $X_{max}$  для всех показателей. Причиной такого обиль-

ного загрязнения может быть сброс недостаточно очищенных сточных вод жилого массива.

Менее загрязненными участками являются биотопы: городской пляж Ростова-на-Дону и азовский водозабор, они имеют самый низкий процент проб, не соответствующих нормативам, и самые низкие значения медианы и  $X_{max}$ .

Выводы. Санитарно-бактериологическое состояние р. Дон на территории г. Ростова-на-Дону и г. Азова не соответствует нормативам СанПиН 2.1.5.980-00 [5] по содержанию СПМ и УПМ. Процент проб, не соответствующих требованиям по показателям: ОКБ 60–100%, ТКБ 68,2–100%, клецки выделялись в 80–100% проб, а синегнойные палочки в 95% исследованных проб воды. Показатели ОКБ и ТКБ превышали нормативные значения в среднем на 1–2 порядка. Наиболее загрязненным биотопом является р. Темерник.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках государственного задания в сфере научной деятельности № 0852-2020-0029.*

#### **Библиографический список**

1. Значение глюкозоположительных колиформных бактерий и потенциально патогенных бактерий как показателей эпидемиологической безопасности водопроводной воды / П. В. Журавлев, В. В. Алешня, О. П. Панасовец и др. // Гиг. и санит. 2013. Вып. 1. С. 56–58.
2. Балльная оценка потенциального риска возникновения ОКИ, передаваемых водным путем / В. В. Алешня, П. В. Журавлев, Д. А. Седова и др. // Материалы междунар. форума по экол. чел. и окр. среды, посвящ. 85-летию ФГБУ «НИИ ЭЧ и ГОС им. А. Н. Сысина» Минздрава России : Тез. докл. М. : Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью, 2016. Т. 1. С. 41–44.
3. МР 2.1.10.0031-11 «Комплексная оценка риска возникновения бактериальных кишечных инфекций, передаваемых водным путём». М. : Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2012. 47 с.
4. МУК 4.2.1884-04 «Санитарно-микробиологический и санитарно-паразитологический анализ воды поверхностных водных объектов». М. : ФГУП «Стандартинформ», 2000. 92 с.
5. СанПиН 2.1.5.980-00 «Гигиенические требования к охране поверхностных вод». М. : Минздрав России, 2000. 23 с.

### **ФЛОРА И ОРНИТОФАУНА ИЛОВЫХ ПРУДОВ ГОРОДСКИХ ОЧИСТНЫХ КАНАЛИЗАЦИОННЫХ СООРУЖЕНИЙ г. САМАРЫ**

***В. В. Соловьева***

*Самарский государственный социально-педагогический университет,  
solversam@mail.ru*

В материалах работы содержится анализ растительного покрова и орнитофауны иловых прудов Городских очистных канализационных сооружений

(ГОКС) г. Самары. Всего здесь зарегистрировано 59 видов растений и 22 вида птиц.

*Ключевые слова.* Флора, фауна, птицы, иловые пруды, техногенные водоемы.

Стремительное изменение природных условий в результате промышленного использования территорий ведет к появлению различных неоландшафтных комплексов. Ландшафты, заново созданные человеком в результате хозяйственной деятельности и коренной перестройки всех компонентов природных комплексов следует считать антропогенными [1]. В настоящее время они занимают свыше половины суши территории планеты и выполняют ресурсовоспроизводящую, средоформирующую и накопительную функции. В процессе своего функционирования данные типы экосистем, подобно природным, продолжают участвовать в формировании газового состава атмосферы, круговорота воды, в процессах миграции элементов [2]. Степень опасности техногенных водоемов-накопителей промышленных стоков возрастает с каждым десятилетием. Весьма актуальным является изучение роли их биоты в перераспределении вещества и изменении форм нахождения различных химических соединений [3]. На первых этапах изучения данной проблемы большое значение имеют комплексные экологические исследования техногенных водных экосистем.

Иловые пруды, или так называемые иловые площадки ГОКС занимают территорию около 190 га. Всего на этой площади расположено 238 прудов. Каждый из них представляет собой техногенный искусственный водоём размером 75x150 м, глубиной до 1,5 м и отделён от соседних земляными дамбами. Согласно гидрологической классификации, изучаемые объекты, имеющие степень минерализации до 45%, относятся к гиперэвтрофным и полисапробным водоемам.

Изучение флоры иловых прудов ГОКС г. Самары показало, что они имеют бедный видовой состав – всего 59 видов, водная флора представлена всего 13 видами. Из гидрофитов здесь отмечены *Ceratophyllum demersum* L., *Lemna minor* L., *L. gibba* L., *Persicaria amphibia* (L.) S.F. Gray. К группе гелофитов относятся *Alisma plantago-aquatica* L., *Glyceria maxima* (Hartm) Holmb., *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud., *Scirpus lacustris* L., *Typha latifolia* L. Из гигрогелофитов произрастают *Carex riparia* L., *Lythrum salicaria* L., *Oenanthе aquatica* (L.) Poir. и *Rorippa amphibia* (L.) Bess. Гигрофиты представлены 11 видами растений: *Bidens tripartita* L., *Echinochloa crusgalli* (L.) Beauv., *Epilobium hirsutum* L., *Lycopus europeus* L., *L. exaltatus* L., *Lysimachia vulgaris* L., *Phalaroides arundinaceae* (L.) Rauschert, *Ranunculus sceleratus* L., *Rorippa palustris* (L.) Bess., *Scutellaria galericulata* L., и *Stachys palustris* L. Преобладающей группой являются гигромезофиты и мезофиты – 34 вида. Самыми распространенными среди них являются *Ambrosia trifida* L. и *Cyclachaena xantii-folia* (Nutt) Fressen.

Специфичным видом для иловых прудов является *Lemna gibba* L. Это растение впервые обнаружено нами 27 мая 2005 г. Популяция ряски занимала более 30% поверхности водного зеркала нескольких водоемов. Были отмечены как плоские, так и шарообразно выпуклые снизу фронды. Ряска горбатая является индикатором евтрофирования и антропогенного загрязнения водоемов [4]. Адаптируясь к полисапробным и гиперевтрофным условиям, это редкое растение получило здесь широкое распространение и высокое обилие.

Изучение иловых площадок позволило выделить стадии их зарастания прибрежно-водной растительностью, которые изображены на рисунке. Пионером зарастания иловых площадок является рогоз широколистный. Фитоценозы, образованные этим видом, типичны для ранних стадий развития различных водоемов. Анемохорные плоды, попав в благоприятные условия иловых площадок, активно прорастают, формируя пятнистые заросли. Их размещение на первых этапах носит случайный характер. Периферию, как правило, занимают гигрофиты. Сильно илистый грунт является обычным местом их произрастания и на других водоемах.

На начальных этапах зарастания рогоз образует бордюрные заросли в виде пояса шириной от 1 до 5 м. Затем, по мере испарения воды и высыхания ила, они занимают только центральную часть площадки, где застаивание воды наблюдается долгое время. На месте гелофитов со временем появляются гигрофильные фитоценозы. Следует отметить, что если рогоз занимает доминирующее положение, располагаясь иногда по всей площади водоема, то тростник встречается лишь в виде пятен или на периферии в виде пояса шириной 5–7 м, что объясняется его экологическими особенностями. Это растение хуже переносит илистый грунт и не выдерживает конкуренции с рогозом.

На втором этапе наблюдается постепенное расширение границ произрастания гигро- и гелофитов. По мере разделения фракций илистых частиц и воды, они занимают все большие участки.

Активное зарастание гело- и гигрофитами способствует быстрому испарению воды из ила, в связи с чем редко происходит полное зарастание площадок воздушно-водными растениями. Просыхание грунта создает условия для прорастания семян сорных и рудеральных видов растений. Этот процесс происходит закономерно, завися от изменений влажности ила. Первым из сорных растений появляется ежовник обыкновенный, формируя ярус под пологом прибрежно-водных растений. После отмирания макрофитов, ежовник занимает практически всю поверхность площадки.

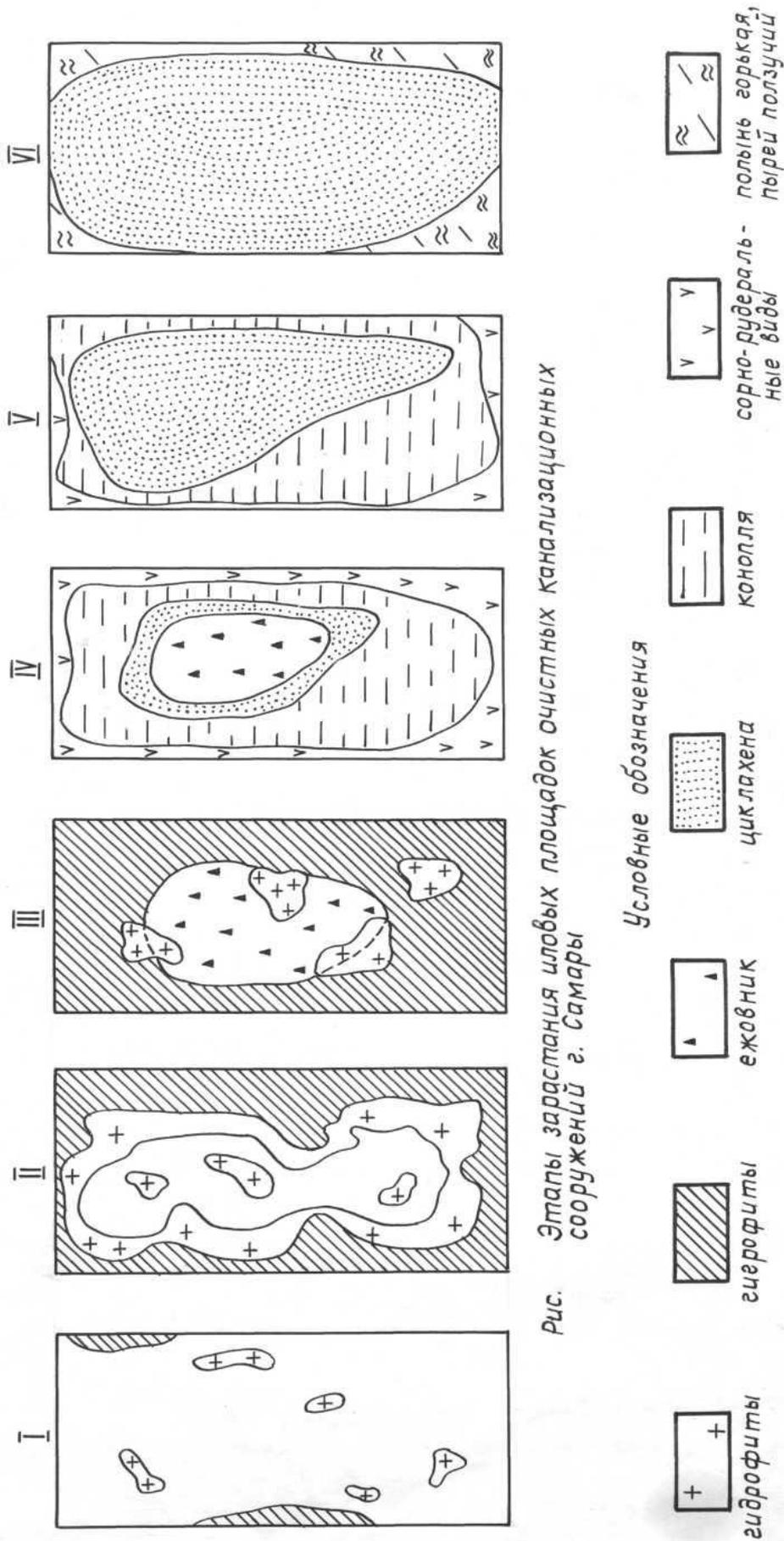


Рис. Этапы зарастания иловых площадок очистных канализационных сооружений г. Самары

Условные обозначения

+

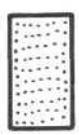
гидрофиты



гигрофиты



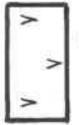
ежовник



циклахена



конопля



сорно-рудераль-  
ные виды



полюнь горячая,  
пырей ползучий

I – Появление гидрофитов и гигрофитов

II – Активное зарастание прибрежно – водными растениями

III – Проникновение сорно-рудеральных видов и вытеснение ими прибрежных растений

IV – Господство рудеральных сорняков

V – Формирование бурьянистых зарослей с преобладанием циклахены дурнишニコлистной

VI – Появление полевых сообществ и постепенное вытеснение циклахены дурнишニコлистной

На следующем этапе высохшие иловые площадки заселяют такие адвентивные растения как матрикария непахучая, мелколепестник канадский, амброзия трехраздельная и другие. Быстрое зарастание площадок ксенофитами объясняется их высокой семенной продуктивностью и способностью семян сохранять всхожесть в неблагоприятных условиях, возникающих при заполнении площадок жидким илом. На данном этапе ежевник подавляется высокотравными мезофитами – циклахеной дурнишникомлистной, амброзией трехраздельной и коноплей посевной. При этом бурьянистые заросли циклахены примыкают к гигрофильным группировкам, а периферическая часть зарастает коноплей.

На пятом этапе циклахена вытесняет другие однолетники, занимает центральную часть площадки, постепенно расширяя свои границы до периферии, грунт практически сухой. После прохождения выше перечисленных стадий зарастания высохший ил вывозится и складывается на городской свалке.

Таким образом, до высыхания ила, площадки, представляют собой прибрежно-водные экотопы и служат дополнительными местами обитания для птиц. С северо-западной стороны вдоль прудов проходит шоссейная дорога, с юго-западной стороны – лесопосадка, с северо-восточной стороны – поле, а с юго-восточной стороны – технологические строения городских очистных. Фактор беспокойства на иловых прудах действует слабо, так как поблизости нет городских кварталов или дачных массивов. Общая площадь, занимаемая иловыми прудами, обширна и насыщена самыми разнообразными укрытиями для птичьего населения. Всё это привлекает сюда большое количество птиц самых разных видов.

Орнитологические наблюдения проводились в гнездовой период (май – июнь) в светлое время суток. На исследуемой территории, нами были отмечены следующие виды птиц: варакушка (*Cyanocylvia svecica*), веретенник большой (*Limosa limosa*), ворона серая (*Corvus cornix*), голубь сизый (*Columba livia*), грач (*Corvus frugilegus*), жаворонок полевой (*Alauda arvensis*), камышёвка-барсучок (*Acrocephalus schoenobaenus*), крачка речная (*Sterna hirundo*), крачка болотная (*Chlidonias nigra*), кукушка обыкновенная (*Cuculus canorus*), лунь болотный (*Circus aeruginosus*), перевозчик (*Tringa hypoleucos*), перепел (*Coturnix coturnix*), пустельга обыкновенная (*Cerchneis tinnunculus*), скворец обыкновенный (*Sturnus vulgaris*), соловей восточный (*Luscinia luscinia*), сорока (*Pica pica*), трясогузка жёлтая (*Motacilla flava*), утка-кряква (*Anas platyrhynchos*), чайка озёрная (*Larus ridibundus*), чибис (*Vanellus vanellus*), чирок-трескунок (*Anas querquedula*).

Видовое богатство птиц изучаемых экосистем объясняется пониженным фактором тревожности и идеальными условиями для большинства перечисленных птиц, гнездящихся на земле, за исключением вороны, сороки, скворца, пустельги и кукушки. Особенностью изучаемых прудов является разнообразие и обилие корма – масса летающих насекомых, их личинок и гусениц (корм воробьиных птиц), обилие на илистых субстратах червей и личинок мух (корм куликов), большие площади водоёмов, покрытые ряской и

нитчатыми водорослями (корм уток и чирков), изобилие птичьих гнёзд и птенцов (корм ворон и сорок, гнездовой субстрат кукушек), а также большое количество мышевидных грызунов (корм пустельги и луня).

Антропогенно-техногенные новообразования в ландшафте не способны к самостоятельному развитию и существуют только благодаря постоянной эксплуатации согласно их целевому предназначению. Причинами видового разнообразия птиц на техногенных водоемах являются слабое проявление фактора беспокойства, высокая кормовая база, разная степень обводненности и зарастания водной и воздушно-водной растительностью, что создает большую мозаичность местообитания и обеспечивает недоступность гнезд.

#### **Библиографический список**

1. Мильков Ф. Н. Рукотворные ландшафты. Рассказ об антропогенных комплексах. М. : Мысль, 1978. 86 с.
2. Каленов Г. С. Роль рельефа при изучении природных и антропогенных ландшафтов : монография. Самара : Самарская ГСХА, 2002. 236 с.
3. Бортникова С. Б., Гаскова О. Л., Фйриянец А. А. Техногенные озера: Формирование, развитие и влияние на окружающую среду // Труды Объедин. института геологии, геофизики и минералогии СО РАН. 2003. № 854. С. 3–119.
4. Макрофиты – индикаторы изменений природной среды. Киев : Наук. думка. 1993. 432 с.

### **КОЛОВРАТКИ ПРУДА ПАРКА ПОБЕДЫ г. НОВОКУЙБЫШЕВСКА**

*Ю. Л. Герасимов*

*Самарский университет, yuger55@list.ru*

В 3-м пруду парка Победы г. Новокуйбышевска обнаружено 24 вида коловраток из 13-ти семейств. Численность до 56 экз/л. По числу видов и численности лидируют представители сем. Brachionidae. Виды-индикаторы соответствуют средней степени загрязнения водоёма.

Ключевые слова: коловратки, городской пруд, видовой состав, численность.

В рекреационных зонах городов часто имеются непроточные водоёмы, природные или искусственные. Важнейшая характеристика таких водоёмов – их удовлетворительное санитарное состояние, которое должно контролироваться и поддерживаться. Большую роль в этом играют процессы биологического самоочищения, определённый вклад в которые вносят коловратки.

В г. Новокуйбышевске (Самарская область) большой популярностью среди населения пользуется парк Победы. На краю парка находится каскад из 3-х прудов. На берегах этих прудов оборудованы пляжи – отсыпан песок, установлены скамейки, навесы, кабинки для переодевания, урны для мусора.

С 1990-х годов уход и контроль за прудами ослабли, они обмелели, их берега и мелководья загрязнены, вода издавала запах гнили. Санитарное состояние прудов ухудшилось, и купание запретили.

Цель нашей работы – изучение коловраток 3-го пруда парка Победы г. Новокуйбышевска. Задачи – выявление видового состава, изучение численности популяций коловраток и её сезонной динамики, функциональной структуры, а также оценка состояния водоёма по характеристикам сообщества коловраток. Фауна пруда ранее не изучалась.

3-й пруд находится на восточной границе парка Победы, на его ближнем (парковом) берегу – пляж, на противоположном берегу незамощённая улица, застроенная одноэтажными домами. Северный и южный берега – насыпные земляные дамбы. Форма пруда близка к квадратной, площадь весной после таяния снега до 0,6 га, глубина до 1 м. Питание атмосферными осадками и грунтовыми водами. Три берега высокие и довольно крутые, покрыты высокой травой, местами кустарником, Берег с песчаным пляжем пологий. Летом мелководья с трёх сторон пруда (кроме пляжа) густо зарастают водо-воздушными, а центральная часть пруда – погружёнными макрофитами (преобладают рогоз узколистный, рдест пронзеннолистный и элодея канадская). Уровень воды с весны до осени понижается на 0,4–0,6 м и мелководья (до 30% акватории) обсыхают. Вода мутная, прозрачность воды по диску Секки 0,45–0,65 м. Берега суглинистые, дно покрыто слоем ила. На берегах много бытового мусора (упаковки), остатков пищи, на мелководьях в иле также мусор, в т. ч. автомобильные резиновые покрышки. Берега периодически очищаются сотрудниками парка, к уборке привлекаются учащиеся соседней школы. Однако загрязнения быстро накапливаются, поскольку на берегах и пляже постоянно происходит отдых населения с распитием спиртных напитков, производится выгул собак, который в центральной части парка не допускается. На берегах часто присутствуют рыболовы с удочками, некоторые из них ловят рыбу с резиновых лодок. В 2019 г. администрация парка пыталась очистить и благоустроить пруд, но запланированные работы до конца не выполнены.

Пробы отбирали по общепринятым методикам [1] ежедекадно в апреле–сентябре 2018 г. планктонной сетью (газ № 64) и 2-литровым батометром. Рассчитывали численность (экз./л), долю размножающихся особей, соотношение хищных и мирных видов, индекс видового разнообразия Шеннона. Использовался пакет прикладных программ Microsoft Excel.

В 2018 г. в пруду обнаружено 24 вида коловраток относящихся к 18-ти родам и 13-ти семействам, список приводится ниже.

**Сем. Asplanchnidae:** *Asplanchna girodi* Guerne, 1888

**Сем. Brachionidae:**

*Brachionus angularis* Gosse, 1851

*Brachionus calyciflorus* Pallas, 1776

*Brachionus plicatilis* (Muller, 1786)

*Brachionus quadritentatus* Hermann, 1783

*Keratella cochlearis* (Gosse, 1851)  
*Keratella quadrata* (Muller, 1786)  
**Сем. Epiphanidae:** *Epiphanes senta* Ehrenberg, 1832  
**Сем. Euchlanidae:** *Euchlanis incisa* Carlin, 1939  
**Сем. Filinidae:** *Filinia longiseta* (Ehrenberg, 1834)  
**Сем. Hexarthridae:** *Hexarthra mira* (Hudson, 1871)  
**Сем. Lecanidae:** *Lecane luna* (Muller, 1776)  
**Сем. Notommatidae:**  
*Cephalodella gibba* (Ehrenberg, 1834)  
*Eosphora* sp.  
**Сем. Phylodinidae:**  
*Habrotrocha* sp.  
*Rotaria rotatoria* Scopoli, 1777  
**Сем. Synchaetidae:**  
*Polyarthra dolichoptera* Idelson, 1925  
*Synchaeta pectinata* Ehrenberg, 1832  
**Сем. Testudinellidae:** *Testudinella patina* Hermann, 1783  
**Сем. Trichocercidae:**  
*Trichocerca pusilla* (Lauterborn, 1898)  
*Trichocerca rattus* (Muller, 1776)  
*Trichocerca similis* (Weirzejski, 1893)  
**Сем. Trichotriidae:**  
*Macrotrachela natans* (Murray, 1906)  
*Trichotria pocillum* (Muller, 1786)

Чаще других в пробах присутствовали *Keratella quadrata* (60% проб), *Polyarthra dolichoptera* (53% проб), *Brachionus plicatilis* (47% проб). У 9-ти видов частота встречаемости от 20 до 40%, представители ещё 9-ти видов обнаружены всего от 1 до 3 раз за сезон. Число видов в одной пробе от 5 до 10.

Среди выявленных видов только один очень редко обнаруживается в городских прудах – это *Macrotrachela natans*, найденный О. В. Мухортовой только в озёрах Самарской Луки. Остальные виды коловраток обычны как для прудов г. Самары, так и для природных водоёмов области [2, 3]. По способу питания среди коловраток преобладают вертификаторы, хищников всего 2 вида (до 10% численности).

Численность коловраток в пруду парка Победы невелика. Наибольшей численности достигали популяции *Keratella quadrata* и *Polyarthra dolichoptera* (до 26–25 экз./л). Субдоминанты – *Keratella cochlearis* и *Filinia longiseta* (15–19 экз./л). У 16-ти видов коловраток численность весь сезон не превышала 1 экз./л. По ходу сезона 70% численности коловраток приходится на май и июнь. Невысокая численность связана, скорее всего, с небольшой (не более 30%) долей размножающихся особей.

Вклад семейств коловраток в общую численность сильно различался (табл.).

**Доли (%) семейств коловраток по численности в 3-м пруду  
парка Победы г. Новокуйбышевска**

Семейство	Доля (%)	Семейство	Доля (%)
Brachionidae	46,50	Notommatidae	0,99
Synchaetidae	26,75	Trichotriidae	0,69
Filinidae	13,22	Philodinidae	0,56
Asplanchnidae	5,45	Testudinellidae	0,22
Euchlanidae	2,35	Trichocercidae	0,17
Hexarthriidae	1,67	Eripanidae	0,06
Lecanidae	1,36		

Величина индекса видового разнообразия Шеннона от 0,73 до 2,07.

Более половины обитающих в 3-м пруду парка Победы являются индикаторами загрязнённых вод. Индикаторы слабо и умеренно загрязнённых вод присутствуют, но их численность крайне незначительна. Это говорит об органическом загрязнении водоёма вызванном, по нашему мнению, стоком с окружающей территории города. Определённый вклад вносит отдых населения на берегах и выгул собак.

Численность коловраток в 3-м пруду парка Победы г. Новокуйбышевска меньше, чем в прудах парков г. Самары. В пруду парка Гагарина, например средняя численность более 50 экз/л, максимальная – до 200 экз/л [3]. В пруду парка Металлургов средняя численность до 70 экз/л, максимальная – до 200 экз/л [2]. По количеству видов и численности популяций 3-й пруд парка Победы г. Новокуйбышевска больше похож на самарские пруды, расположенные в жилой застройке, чем на пруды парков и скверов. Возможно, негативное влияние сильного ветрового перемешивания – ветер взмучивает донные отложения на обширных мелководьях, и взвесь угнетающе действует на зоопланктон, особенно на фильтраторов. Прозрачность большинства парковых прудов г. Самары намного выше.

Другая причина качественной и количественной бедности фауны коловраток – загрязнение, вызванное антропогенным воздействием. Сам Парк Победы убирается ежедневно, но доступ к прудам со стороны города свободный. Бактериальное загрязнению водоёма сильно превышает нормы. Может негативно сказываться и ежегодная обработка покрытого травой пространства вокруг прудов пиретроидными акарицидами.

Судя по небольшому количеству видов коловраток и их малой численности, экосистема 3-го пруда парка Победы г. Новокуйбышевска находится в неудовлетворительном состоянии. Для оценки самоочищающей способности его экосистемы необходимо провести её комплексное обследование.

#### Библиографический список

1. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем. СПб. : Гидрометеиздат, 1992. 246 с.

2. Герасимов Ю. Л., Дюжаева И. В., Тарасова Н. Г. Первые сведения об элементах планктонного сообщества пруда в парке Металлургов г. Самары // Известия СНЦ РАН. 2011. Т. 13, № 1. С. 194–198.

3. Герасимов Ю. Л., Тарасова Н. Г. Ракообразные, коловратки и фитопланктон пруда в парке им. Ю. Гагарина г. Самары // Изв. ПГПУ. 2011. № 25. С. 516–522.

## **ПРИМЕНЕНИЕ ИНДЕКСА ХЛОРОФИЛЛА MCARI ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАДВОДНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ И ВОДОРОСЛЕЙ В ВОДОЕМАХ**

***В. В. Рутман<sup>1</sup>, Т. И. Кутявина<sup>1</sup>, Т. Я. Ашихмина<sup>1,2</sup>***

*<sup>1</sup> Вятский государственный университет, rutman.slavik@yandex.ru*

*<sup>2</sup> Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, ecolab2@gmail.com*

В статье представлен опыт применения вегетационного индекса MCARI по отношению к водоёмам с целью определения надводной растительности и водорослей для исследования процесса эвтрофикации по данным дистанционного зондирования. Были выявлены участки водоёма с большим и меньшим значением показателя MCARI, а также разница значений по сезонам года.

Ключевые слова: ГИС, ДЗЗ, MCARI, вегетационный индекс, хлорофилл.

Применение различных вегетационных индексов при дистанционном зондировании Земли (ДЗЗ) активно используется не только для наземных, но и для водных объектов. При этом наиболее часто используются следующие индексы: NDVI, NDWI, индекс концентрации хлорофилла *a* и мутности воды.

Модифицированный индекс поглощения хлорофилла (Modified Chlorophyll Absorption Ratio Index, MCARI) широко применяется в сельском хозяйстве для определения содержания хлорофилла *a* в листьях растений, оценки потенциала урожайности и обоснования сезонного внесения азотных удобрений [1]. Также этот индекс был успешно адаптирован для обнаружения надводной растительности в водоемах на снимках с разрешением 10 м, сделанных со спутника Sentinel 2A. Наиболее подходящие для водной растительности каналы показаны в работе [2].

Модифицированный индекс MCARI для спутников Sentinel 2A и Sentinel 2B рассчитывается по формуле:

$$(B6 - B5) - 0,2(B6 - B3) \frac{B6}{B5},$$

где канал B3 соответствует длине волны 560 нм, зелёный канал B5 – 705 нм, а B6 – 740 нм. Это диапазоны частот крайнего красного спектра. Зелёный и крайний красный каналы широко применяются для исследования растительности.

Цель данной работы – провести расчёт индекса MCARI на акватории водохранилища, подверженного процессам эвтрофирования.

В качестве объекта исследования был выбран крупный водоём Кировской области – Омутнинское водохранилище. На данном водоёме ранее проводились как наземные комплексные мониторинговые исследования, так и работы по дешифрированию космоснимков [3]. По результатам проведенных исследований и расчету индекса трофического состояния определено, что Омутнинское водохранилище соответствует слабоэвтрофному типу.

Для дешифрирования использовали малооблачные снимки за июнь, август, сентябрь 2018 г., сентябрь 2019 г., май, июнь 2020 г. Расчет MCARI осуществляли с помощью функции «калькулятор растров» в программном пакете QGIS Desktop 3.14.1 with GRASS 7.8.3. Значения индекса позволяют достаточно чётко отделить водные пространства от суши, а также выделять надводную растительность.

По результатам расчета MCARI были построены карты-схемы Омутнинского водохранилища. Изменения значения индекса в пределах водного объекта позволили сделать предположение о распределении водорослей в толще воды, поскольку индекс MCARI первоначально создавался для сравнения концентрации хлорофилла в листьях растений. Также индекс достаточно чётко выделяет искусственные объекты и песчаные берега. Значения MCARI резко меняются по сезонам года, но при этом можно выделить участки водоёма, отличающиеся по величине индекса. Эти участки практически неизменны во времени. На суше значение индекса превышает 1000 на всех летних снимках, а на осенних и весенних снимках снижается до 500. В водоёмах этот показатель ближе к нулю, на весенних снимках – ниже нуля, но имеются небольшие участки с резким повышением, переходящим нулевую отметку (рис. 1).

Летом величина индекса повышается. Минимальное значение в мае: -90, а в июне уже -40. Площадь участков с величиной MCARI от -10 до 0 резко увеличивается, как и площадь участков, превышающих нулевой показатель. Вблизи берегов водоема показатель индекса заметно повышается, а потом резко понижается непосредственно у береговой линии. В сентябре наблюдается резкий спад до минимального значения -150 (рис. 2). Появляются области с очень низким значением индекса, а площади с высоким значением сокращаются.

При сравнении снимков 2018–2020 гг. также отмечены различия в величине MCARI. Максимальное значение было получено в июле 2019 г. (50–80 ед. по всему водоёму), а в августе 2018 г. значение по всему водоёму выровнялось и составляло от -30 до 0 с небольшими отклонениями.

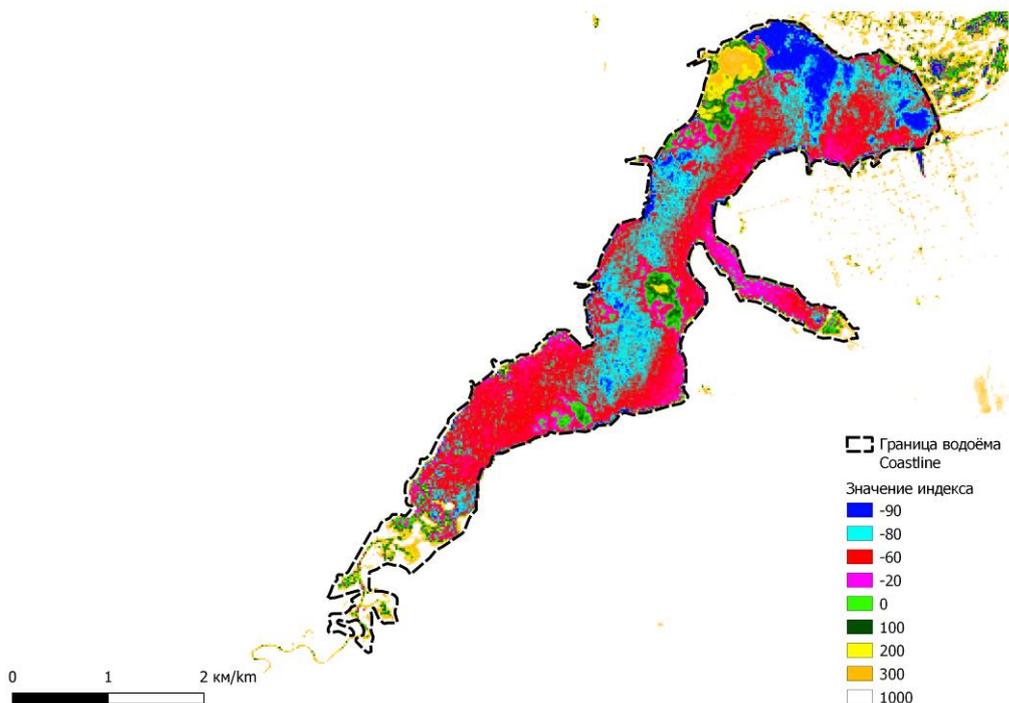


Рис. 1. Индекс MCARI для Омуртинского водохранилища на основе снимка со спутника Sentinel 2. Дата съёмки: 14.05.2020

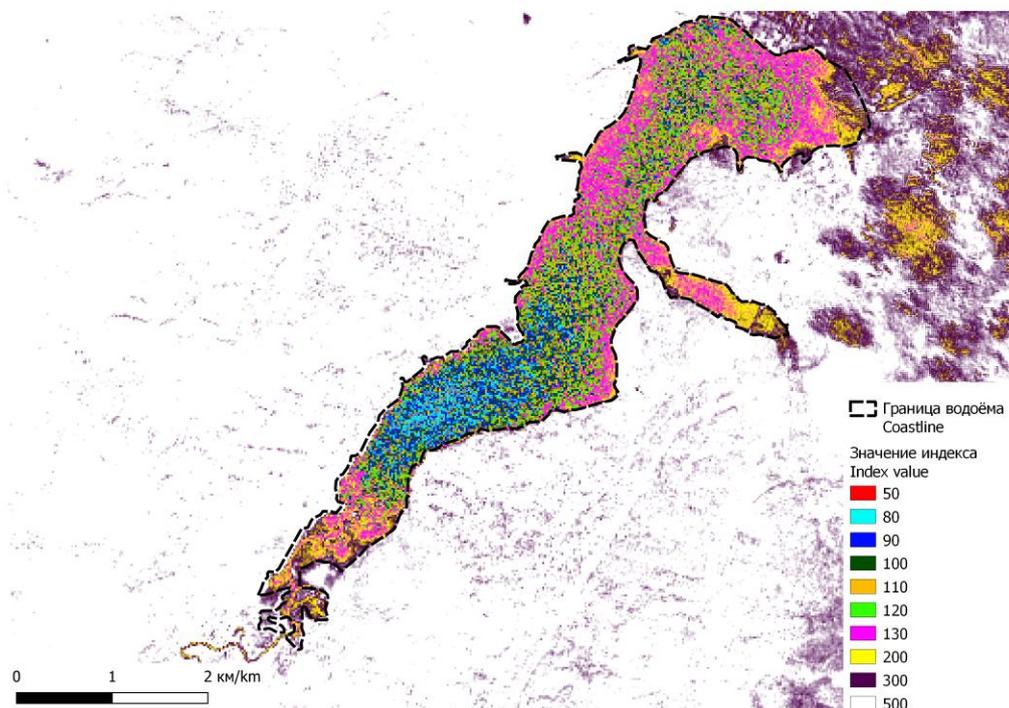


Рис. 2. Индекс MCARI для Омуртинского водохранилища на основе снимка со спутника Sentinel 2. Дата съёмки: 12.09.2019

Таким образом, использование индекса MCARI даёт представление о степени и динамике распространения надводной растительности в Омур-

нинском водохранилище, позволяет выделять участки с массовым развитием высших водных растений.

*Работа выполнена при поддержке гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых учёных – кандидатов наук (МК-86.2019.5).*

#### **Библиографический список**

1. Combined spectral index to improve ground-based estimates of nitrogen status in Dryland Wheat / J. U. N. Eitel, D. S. Long, P. E. Gessler, E. R. Hunt // *Agronomy Journal*. 2008. Vol. 6. P. 1694–1702.

2. Морозова В. А. Расчет индексов для выявления и анализа характеристик водных объектов с помощью данных дистанционного зондирования // *Современные проблемы территориального развития* : электрон. журн. 2019. № 2. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – Систем. требования: Pentium III, процессор с тактовой частотой 800 МГц ; 128 Мб ; 10 Мб ; Windows XP/Vista/7/8/10 ; Acrobat 6 x.

3. Кутявина Т. И., Рутман В. В., Ашихмина Т. Я. Определение трофического статуса водоёма и пространственного распределения водной растительности по интегральным показателям // *Теоретическая и прикладная экология*. 2020. № 1. С. 42–46. doi: 10.25750/1995-4301-2020-1-042-046

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИРОДООХРАННОЙ ЦЕННОСТИ ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

*Ю. М. Андриянова, И. В. Сергеева, Ю. М. Мохонько, А. А. Гришина  
ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ, zay-84-84@mail.ru*

В ходе оценки природоохранной ценности особо охраняемых природных территорий Саратовской области было выявлено, что наиболее оптимальной формой ООПТ является прямоугольная форма территории, т. к. менее подвержена антропогенным воздействиям (Большие и Малые сосняки, Новозизевская тюльпанная степь). Урочище «Вавилов Дол» имеет самый низкий показатель степени экологической оптимальности территории, но при этом самый высокий показатель экологической проницаемости. Наибольший показатель экологической оптимальности характерен для «Буркинского леса».

Ключевые слова – особо охраняемые природные территории, природоохранная ценность, антропогенная нагрузка, территория, биологическое разнообразие, урочище, степень экологической оптимальности.

В последнее время наблюдается усиление антропогенного воздействия на особо охраняемые природные территории Саратовской области [1–3].

В связи с чем возникает необходимость определения и оценки природоохранной ценности особо охраняемых природных территорий (ООПТ).

Объектами исследований были выбраны 12 ООПТ регионального значения Саратовской области (табл. 1).

**Объекты исследования**

Название объекта	Сокращенное название	Профиль
Финайкинская тюльпанная степь Александрово-Гайского района	Финайкинская тюльпанная степь	Ландшафтно-ботанический
Урочище «Затон» у с. Озерное Аткарского района	Урочище «Затон»	Ландшафтный
«Грачевская лесная дача» Балаковского района	«Грачевская лесная дача»	Ландшафтно-ботанический
«Озеро Рассказань» Балашовского района	«Озеро Рассказань»	Ландшафтный
Урочище «Мухин дол» Вольского района	Урочище «Мухин дол»	Ландшафтно-ботанический
Большие и Малые сосняки Духовницкого района	Большие и Малые сосняки	Ландшафтный
Новозизевская тюльпанная степь Дергачевского района	Новозизевская тюльпанная степь	Ландшафтно-ботанический
Грязевые источники Чапаевского курорта Ершовского района	Грязевые источники Чапаевского курорта	Бальнеологический
Урочище «Вавилов дол» Ивантеевского района	Урочище «Вавилов дол»	Ландшафтно-ботанический
Новоузенские культюки Новоузенского района	Новоузенские культюки	Ландшафтно-ботанический
«Буркинский лес» Саратовского района	«Буркинский лес»	Ландшафтно-ботанический
Побочинская лесная дача Татищевского района	Побочинская лесная дача	Ландшафтный

Определение степени оптимальности форм участков особо охраняемых природных территорий осуществлялось по методике В. Е. Соколова [4]. Для установления размеров особо охраняемых природных территорий, степени проницаемости территории, степени экологической оптимальности территории применяли теорию островной биогеоценологии [5].

Степень оптимальности формы участка территории выступает важным критерием в определении антропогенной нагрузки, оказывающей влияние на биологическое разнообразие и природоохранную ценность особо охраняемой природной территории. Наиболее оптимальной формой особо охраняемых природных территорий является территория в форме круга. Это сокращает протяженность границ ООПТ и снижает число точек соприкосновения с прилегающими природно-антропогенными ландшафтами. Территории, имеющие прямоугольную форму, также менее подвержены антропогенным воздействиям. По мере уменьшения критерия степени экологической оптимальности границ, особо охраняемые природные территории приобретают большую экологическую неустойчивость.

В ходе определения степени оптимальности форм участков из 12 особо охраняемых природных территорий Саратовской области только у 7 преобладает форма – удлиненный прямоугольник (табл. 2).

Это территории, находящиеся в Аткарском, Балаковском, Балашовском, Вольском, Ершовском, Саратовском и Татищевском районах. Ленточная форма характерна для ООПТ Александрово-Гайского, Ивантеевского и Новоузенского районов, прямоугольная форма – для ООПТ Духовницкого и Дергачевского районов. Особо охраняемые природные территории круглой формы не выявлены.

Таблица 2

**Показатели степени оптимальности форм участков  
исследуемых территорий**

Название ООПТ	Индекс формы участка территории	Степень оптимальности формы ООПТ
Финайкинская тюльпанная степь	2,1	Ленточная форма
Урочище «Затон» у с. Озерное	1,6	Удлиненный прямоугольник
«Грачевская лесная дача»	1,7	Удлиненный прямоугольник
«Озеро Рассказань»	1,7	Удлиненный прямоугольник
Урочище «Мухин дол»	1,6	Удлиненный прямоугольник
Большие и Малые сосняки	1,2	Прямоугольная форма
Новозизевская тюльпанная степь	1,1	Прямоугольная форма
Грязевые источники Чапаевского курорта	1,5	Удлиненный прямоугольник
Урочище «Вавилов дол»	2,1	Ленточная форма
Новоузенские культюки	1,9	Ленточная форма
«Буркинский лес»	1,4	Удлиненный прямоугольник
Побочинская лесная дача	1,4	Удлиненный прямоугольник

Установлено, что в большинстве случаев наблюдается увеличение протяженности границ ООПТ и повышение числа точек соприкосновения с прилегающими природно-антропогенными ландшафтами. При этом форма прямоугольника максимально повышает расстояние при перемещениях внутри особо охраняемых природных территорий, что негативно может сказаться на иммиграции видов. Определив значения индексов формы участков особо охраняемых природных территорий Саратовской области, нами были рассчитаны показатели экологической проницаемости границ и установлена степень экологической оптимальности территории (табл. 3).

По форме территории, условно отнесенные к удлиненному прямоугольнику, преобладающие в Саратовской области, имеют достаточно низкую проницаемость границ и степень экологической оптимальности территорий (меньше 1), что свидетельствует о достаточной нестабильности особо охраняемых природных территорий (Урочище «Затон» у с. Озерное, «Грачевская лесная дача», «Озеро Рассказань», Урочище «Мухин дол», Грязевые источники Чапаевского курорта, «Буркинский лес», Побочинская лесная дача). Территории, имеющие прямоугольную форму (Большие и Малые сосняки, Новозизевская тюльпанная степь), менее подвержены антропогенным воздействиям. По мере увеличения отношения степени экологической оптимальности территории охраняемые природные комплексы становятся экологически бо-

лее устойчивыми за счет удаления центральной части от периферической, т. е. от внешних границ.

Таблица 3

**Показатели, характеризующие ландшафтно-географическую организацию особо охраняемых природных территорий Саратовской области**

Наименование ООПТ	Индекс формы участка территории	Экологическая проницаемость границ	Степень экологической оптимальности территории
Финайкинская тюльпанная степь	2,1	3,3	0,3
Урочище «Затон» у с. Озерное	1,6	3,3	0,2
«Грачевская лесная дача»	1,7	1,7	0,6
«Озеро Рассказань»	1,7	4,5	0,2
Урочище «Мухин дол»	1,6	1,7	0,6
Большие и Малые сосняки	1,2	1,8	0,6
Новозизевская тюльпанная степь	1,1	1,9	0,5
Грязевые источники Чапаевского курорта	1,5	4,3	0,2
Урочище «Вавилов дол»	2,1	6,8	0,1
Новоузенские культюки	1,9	3,1	0,3
«Буркинский лес»	1,4	0,7	1,5
Побочинская лесная дача	1,4	1,9	0,5

По мере уменьшения степени экологической оптимальности территории охраняемые природные системы приобретают большую экологическую неустойчивость, что влечет за собой необходимость усиления охраны и разработки комплекса мер по оптимизации территории за счет изменения ее конфигурации. Особо охраняемые природные территории, имеющие низкие показатели степени экологической оптимальности территории (урочище «Затон», «Озеро Рассказань», грязевые источники Чапаевского курорта, урочище «Вавилов Дол» и «Новоузенские культюки») отличаются от остальных территорий малым расстоянием от любой внутренней точки до границы ООПТ. Это указывает на неустойчивость природных систем к внешним воздействиям, а сохраняемая биота в значительной степени подвержена воздействию разных случайностей.

Высокие показатели степени экологической оптимальности территории отмечены у «Буркинского леса», «Грачевской лесной дачи», «Больших и Малых сосняков», что отражает более благоприятные условия для существования видовых популяций животных. Наиболее неустойчивая ООПТ выявлена в Ивантеевском районе (урочище «Вавилов Дол»). Самая устойчивая территория по степени экологической оптимальности находится в Саратовском районе («Буркинский лес»), так как степень экологической проницаемости данной территории с самым низким показателем, что говорит о стабильной защищенности участка от природно-антропогенного воздействия.

Такие особо охраняемые природные территории как «Финайкинская тюльпанная степь», урочище «Мухин Дол» и «Новозизевская тюльпанная

степь» обладают наиболее устойчивой проницаемостью и оптимальностью территории. На основании расчетов экологической проницаемости и степени экологической оптимальности границ выявлено, что чем выше будет показатель экологической проницаемости территории, тем ниже степень экологической оптимальности ООПТ.

#### **Библиографический список**

1. Оценка рекреационной устойчивости ландшафтов особо охраняемых природных территорий Татищевского района Саратовской области / Ю. М. Андриянова, И. В. Сергеева, Ю. М. Мохонько, А. А. Гришина, Ю. С. Носкова // Трансформация экосистем под воздействием природных и антропогенных факторов : материалы Междунар. науч. конф. Киров : ВятГУ, 2019. С. 281–285.

2. Оценка эколого-рекреационного потенциала особо охраняемых природных территорий Саратовской области / Ю. М. Андриянова, И. В. Сергеева, Ю. М. Мохонько, В. А. Федюкина, А. М. Демисова // Актуальные проблемы экологии и природопользования : сб. науч. тр. XX Междунар. науч.-практ. конф. М. : РУДН, 2019. С. 34–42.

3. Оценка рекреационного использования особо охраняемых природных территорий Татищевского района Саратовской области / Ю. М. Андриянова, И. В. Сергеева, Ю. М. Мохонько, Н. Н. Гусакова // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2019. Т. 27, № 2. С. 117–127. Doi 10.22363/2313-2310-2019-27-2-117-127

4. Соколов В. Е., Фомин С. В. Методика расчета степени оптимальности форм особо охраняемой природной территории. М. : МГУ, 1997. С. 72–78.

5. Стишов М. С. Методика оценки природоохранной эффективности особо охраняемых природных территорий и их региональных систем. М. : WWF России, 2012. С. 15–21.

### **ЗАЩИТНЫЕ МЕРЫ НА ТЕРРИТОРИИ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ БЕЛАРУСИ**

*А. Ф. Карпенко*

*Государственное научное учреждение «Институт радиобиологии Беларуси»,  
kaf51@list.ru*

В результате катастрофы на ЧАЭС радиоактивные выпадения загрязнили более 46 тыс. км<sup>2</sup> территории Беларуси. Рассматриваются защитные мероприятия и программы, проводимые в послеаварийный период. В настоящее время на территории радиоактивного загрязнения Республики Беларусь имеются возможности для устойчивого развития природы и общества.

Ключевые слова: ЧАЭС, загрязнение, защитные меры.

26 апреля 2020 г. исполнилось 34 года после аварии на Чернобыльской АЭС, которая в той или иной мере затронула многие страны, что позволяет говорить об ее глобальном характере. Из многих стран в наибольшей степени пострадали Украина, Беларусь и Россия. Последствия Чернобыля в Беларуси более адекватно характеризуются терминами «катастрофа» или «национальное экологическое бедствие». В зоне радиоактивного загрязнения Беларуси

оказались 23% территории, где сформировался огромный малоподвижный запас радионуклидов, который в течение многих десятилетий (а в отношении ближней зоны чернобыльской станции – многих столетий) будет наносить значительный ущерб экологии и хозяйственной деятельности [1].

В первые недели после катастрофы за счет короткоживущих изотопов, прежде всего йода-131-135, практически на всей территории Беларуси регистрировалось значительное повышение мощности дозы гамма-излучения. В некоторых населенных пунктах она достигала 500 мкЗв/час, что в несколько тысяч раз выше естественного радиационного фона.

Радиоактивному загрязнению цезием-137 с уровнем более 37 кБк/м<sup>2</sup> (1 Ки/км<sup>2</sup>) подверглась территория страны в 46,45 тыс. км<sup>2</sup>, в т. ч. 19 тыс. км<sup>2</sup> сельскохозяйственных и 20 тыс. км<sup>2</sup> лесных земель. За период с 1986 по 2018 гг., в связи с его естественным распадом, количество загрязненных сельскохозяйственных земель уменьшилась до 877,2 тыс. га и лесных земель – до 1356,3 тыс. га.

Выпадения стронция-90 более локальны, по сравнению с цезием-137. Загрязнение почвы этим радионуклидом выше 5,5 кБк/м<sup>2</sup> (0,15 Ки/км<sup>2</sup>) обнаружены на площади 21,1 тыс. км<sup>2</sup>, что составляет 10% от общей территории. Трансурановые радионуклиды, такие как плутоний-238,-239,-240,-241 и америций-241 выпали преимущественно в ближней зоне к ЧАЭС. Загрязнение почвы изотопами плутония с плотностью более 0,37 кБк/м<sup>2</sup> охватывает около 4,0 тыс. км<sup>2</sup>, или около 2% площади республики [2].

С первых дней после аварии в Беларуси начались мероприятия, направленные на оценку радиационной обстановки и защиту населения. В это время было эвакуировано население с территории, где мощность экспозиционной дозы превышала 25 мР/ч (в радиусе 10 км от ЧАЭС). Затем было принято решение снизить дозовый предел до 5 мР/ч, что примерно соответствовало зоне, описываемой радиусом 30 км. В итоге в течение 1986 года из белорусской зоны аварии эвакуировано 24,7 тысячи жителей 107 населенных пунктов.

Для устранения последствий аварии требовались не только срочные, но и долговременные научно обоснованные мероприятия. В первые годы после аварии были созданы специализированные научные учреждения и организована подготовка кадров. В это же время начала выполняться Программа комплексных исследований по проблемам ликвидации последствий чернобыльской катастрофы. Она предусматривала проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по четырем основным направлениям:

- изучение радиоактивного загрязнения экологических систем, генетическая и физиолого-биохимическая оценка его возможных последствий;
- разработка технологии и способов ведения сельского хозяйства в условиях радионуклидного загрязнения окружающей среды;
- исследование влияния радиации на функциональные системы организма, возникновение и течение заболеваний человека, разработка методов диагностики и лечения;

– разработка технологий снижения радиоактивного загрязнения окружающей среды и отдельных объектов, методов и средств радиометрического и дозиметрического контроля.

Работа над Программой позволила дать комплексную оценку радиационно-экологической обстановки, определить формы нахождения радионуклидов в различных экосистемах и основные пути их миграции. Были получены результаты влияния сложившейся ситуации на функциональные системы организма, заболеваемость населения, установлена роль комплекса лечебных и профилактических мероприятий. Подготовлен ряд рекомендаций по ведению сельского хозяйства в условиях радиоактивного загрязнения, рациональному природопользованию, предложены способы дезактивации и очистки от радионуклидов объектов окружающей среды, дан прогноз динамики радиоактивного загрязнения территории Беларуси на ближайшие годы.

Характер и величина ущерба, нанесенного катастрофой на Чернобыльской АЭС, явились мощными дестабилизирующими факторами социально-экономического развития республики. В итоге все основные отрасли народного хозяйства в зонах радиоактивного загрязнения попали в исключительно тяжелое экономическое положение. В наибольшей степени пострадало сельское хозяйство. Из оборота было выведено 265 тыс. гектаров сельскохозяйственных земель. Резко сократились посевные площади и валовой сбор сельскохозяйственных культур, существенно уменьшилось поголовье скота [3]. Огромный урон нанесен лесному хозяйству. Около четверти лесного фонда Беларуси оказались загрязненными. В зоне радиоактивного загрязнения работало около 340 промышленных предприятий. В связи с отселением жителей из наиболее пострадавших районов деятельность ряда промышленных предприятий и объектов социальной сферы была прекращена.

Ущерб, нанесенный чернобыльской катастрофой экономике Беларуси, оценивается в 235 млрд долларов США. Значительно уменьшились размеры пользования лесными, минерально-сырьевыми и другими ресурсами.

Для проведения защитных мер, разработки концепции проживания населения на загрязненных территориях, начиная с 1990 года, в Беларуси принимаются пятилетние Государственные программы ликвидации последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС. Затраты на эти программы ежегодно составляют значительную часть республиканского бюджета. Вместе с тем они позволили решить ряд следующих важнейших проблем. Создать нормативную правовую базу по всем направлениям преодоления последствий аварии; обеспечить углубленное медицинское обследование около 1,5 миллиона человек, комплекс мер по повышению уровня медицинского обслуживания, программу санаторно-курортного лечения и оздоровления пострадавших ликвидаторов аварии и населения; завершить переселение из наиболее загрязненных районов около 138 тыс. человек и построить 4,6 млн. кв<sup>2</sup> жилья для переселенцев; создать систему социальной защиты всех категорий пострадавшего населения; проводить защитные меры в агропромышленном комплексе и лесном хозяйстве, обеспечивающие производство продукции,

удовлетворяющей радиологическим нормативам; создать эффективно функционирующую систему радиационного контроля производимой продукции, мониторинга объектов окружающей среды; проводить необходимый комплекс работ по содержанию отчужденных территорий, в том числе в 30-километровой зоне ЧАЭС, на базе которой создан радиационно-экологический заповедник; развернуть систему подготовки и переподготовки кадров и информирования населения по проблемам радиационной безопасности; организовать и осуществлять научное обеспечение работ по преодолению последствий чернобыльской катастрофы; разработать и поставить на промышленное производство современную приборную базу для измерения и контроля ионизирующих излучений; предпринять значительные усилия по привлечению внимания мирового сообщества к проблемам последствий катастрофы на ЧАЭС.

В 2020 г. завершается шестая Государственные программы по преодолению последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС на 2011–2015 годы и на период до 2020 года. Целью программ является дальнейшее снижение риска неблагоприятных последствий для здоровья граждан, пострадавших от катастрофы на Чернобыльской АЭС, содействие переходу от реабилитации территорий к их устойчивому социально-экономическому развитию при безусловном обеспечении требований радиационной безопасности. Также в рамках Союзного государства Беларуси и России совместно решаются «чернобыльские» проблемы. На данный момент идет реализация пятой программы.

В Беларуси для реализации мероприятий по сохранению здоровья населения организована работа Государственного регистра лиц, подвергшихся воздействию радиации, проводится специальное диспансерное обследование данной категории граждан, внедрена в практику специальная система медицинского обеспечения населения, включающая внеочередное обслуживание в лечебно-профилактических учреждениях и аптеках, бесплатный отпуск лекарств по рецептам врача. Открыт Республиканский научно-практический центр радиационной медицины и экологии человека, позволивший существенно приблизить медицинскую помощь к наиболее пострадавшему от чернобыльской катастрофы региону Республики Беларусь – Гомельской области. Был открыт и начал подготовку кадров Гомельский медицинский университет Кардинально реорганизована система научных и практических учреждений, занимавшихся проблемой здоровья, совершенствованием организации санаторно-курортного лечения и оздоровления детей, проживающих на территории радиоактивного загрязнения.

К одному из наиболее тяжелых последствий Чернобыля относится загрязнение сельскохозяйственных земель долгоживущими радионуклидами. Здесь проблема снижения дозовых нагрузок на население решается в первую очередь комплексом сельскохозяйственных защитных мер. Для их проведения разработаны рекомендации по ведению агропромышленного производства в условиях радиоактивного загрязнения земель Республики Беларусь [4]. Благодаря применению контрмер, в послеаварийный период поступление це-

зия-137 в сельскохозяйственную продукцию снизилось в 10-12 раз. Поступление стронция-90 в пищевые продукты с 1986 г. снизилось в 3 раза. Достигнуто это, в основном, за счет применения многих мер. Одной из них является оптимизация землепользования. На основе кадастровой оценки полей и участков по их плодородию, технологическим свойствам и местоположению малопродуктивные участки пашни с оценочным баллом менее 20 переведены в луговые угодья. Наименее плодородные песчаные и заболоченные почвы, с плотностью загрязнения цезием-137 более 555 кБк/м<sup>2</sup> и плотностью загрязнения стронцием-90 более 37 кБк/м<sup>2</sup> переданы под залесение.

Следующей мерой является оптимизация структуры посевов. Подбор культур и сортов с минимальным накоплением радионуклидов и прогноз загрязнения радионуклидами продукции растениеводства позволяют заблаговременно планировать набор культур для возделывания на загрязненных радионуклидами землях, размещать их по полям севооборотов и отдельным участкам с учетом различного использования получаемой продукции (продукты питания, фураж, промышленная переработка и др.).

На загрязненных землях к важным мерам относится повышение уровня плодородия почв достигаемого путем бездефицитного баланса гумуса, фосфора и калия, позволяющего получать доброкачественную продукцию с допустимым содержанием радионуклидов и должную окупаемость затрат.

Наряду с другими способами эффективной защитной мерой является создание культурных пастбищ и улучшенных сенокосов из расчета 1 га на корову в общественном и частном секторах с обязательным обновлением дернины раз в 4–5 лет и ежегодными подкормками луговых трав.

Уделяется внимание также коренному и поверхностному улучшению пастбищ и сенокосов. Эта мера в кормопроизводстве относится к наиболее эффективной, так как она обеспечивает снижение загрязнения трав до 2–6 раз [4].

В сельскохозяйственных организациях, где применяемый научно обоснованный комплекс специальных защитных мероприятий не позволил добиться устойчивого производства качественных в радиологическом отношении отдельных видов продукции, реализовывались программы переспециализации отраслей. В растениеводстве через совершенствование структур посевных площадей с выращиванием культур с наименьшим накоплением радионуклидов, развитие семеноводства зерновых культур и многолетних трав, увеличение объема производства кормов под полную потребность. В отрасли животноводства переспециализация была направлена на перевод молочной отрасли на мясное скотоводство, переход молочного скотоводства на беспривязное содержание скота с реконструкцией имеющихся животноводческих помещений. Переход цезия-137 в животноводческую продукцию уменьшается в два и более раз при введении в рацион животных цезий связывающих в желудочно-кишечном тракте препаратов.

Если в 1986–1987 гг. в Беларуси производство зерна, непригодного для использования на продовольственные цели по содержанию цезия-137, доходило до 340 тыс. тонн, картофеля – до 89,5 тыс. тонн, то в настоящее время

практически все зерно соответствует санитарно-гигиеническим нормативам, а картофель и овощи – как по цезию-137, так и по стронцию-90. Производство молока в общественном секторе с превышением допустимого содержания цезия-137, в 1986–1987 гг. достигало 524,6 тыс. тонн, то сейчас в молоке хозяйств Могилевской области не превышает 37 Бк/л, в Гомельской и Брестской – 65 Бк/л (при допустимом уровне 100 Бк/л).

Несмотря на то, что в Беларуси радиоактивному загрязнению подверглись значительные лесные массивы, в них не прекращается полностью лесохозяйственная деятельность. Основные ограничения по использованию лесов были введены на территориях зон отселения. За период с 2006 по 2014 гг. территории зон отселения уменьшились на 47 тыс. га (25%), расширились возможности эффективного ведения лесного хозяйства.

#### **Библиографический список**

1. Алексахин Р. М. Радиоактивное загрязнение почв как тип их деградации // Почвоведение. 2009. № 12. С. 1487–1498.
2. Карпенко А. Ф. Эколого-экономические проблемы агропроизводства Гомельской области после Чернобыльской катастрофы : монография. Брянск : Дельта, 2012. 258 с.
3. Подоляк А. Г. Влияние агротехнических и агрохимических приемов улучшения основных типов лугов Белорусского Полесья на поступление в травостой  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  : дис. ... канд. с.-х. наук : 05.02.01. Ин-т почвоведения и агрохимии НАН Беларуси. Минск, 2002. 235 с.
4. Рекомендации по ведению сельскохозяйственного производства в условиях радиоактивного загрязнения земель Республики Беларусь на 2012–2016 годы. Минск : Институт радиологии, 2012. 121 с.

### **ВЛИЯНИЕ ПОДКИСЛЕНИЯ НА ЧИСЛЕННОСТЬ И СОСТАВ ПРОДУЦЕНТОВ АММИАКА В НАВОЗНЫХ СТОКАХ СВИНОФЕРМ**

***Н. В. Сырчина<sup>1</sup>, Л. В. Пилип<sup>2</sup>, В. А. Козвонин<sup>1,3</sup>, Е. П. Колеватых<sup>3</sup>***

*<sup>1</sup> Вятский государственный университет, [nvms1956@mail.ru](mailto:nvms1956@mail.ru)*

*<sup>2</sup> Вятская государственная сельскохозяйственная академия,  
[pilip\\_larisa@mail.ru](mailto:pilip_larisa@mail.ru)*

*<sup>3</sup> Кировский государственный медицинский университет*

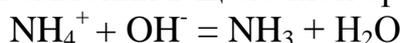
В статье приведены результаты исследований динамики численности микроорганизмов-аммонификаторов в подкисленных и неподкисленных навозных стоках (НС) свиноферм. Установлено, что снижение pH до  $5,3 \pm 0,2$  за счет обработки НС серной кислотой приводит к существенному снижению численности соответствующих микроорганизмов, что способствует уменьшению эмиссии аммиака и оздоровлению экологической обстановки на территории расположения свинокомплексов.

Ключевые слова: микроорганизмы-аммонификаторы, навозные стоки, серная кислота, эмиссия аммиака.

Аммиак ( $\text{NH}_3$ ) относится к химически активным формам азота. Загрязнение окружающей среды аммиаком приводит к целому ряду негативных экологических последствий, включая изменение естественного уровня кислотности воды и почвы, эвтрофикацию поверхностных вод из-за обогащения их азотом, цветение токсичных водорослей, снижение биоразнообразия флоры и фауны. В России до настоящего времени выбросы  $\text{NH}_3$  не нормируются, однако в Европейских странах вопросам контроля поступления  $\text{NH}_3$  в атмосферу уделяется серьезное внимание [1, 2].

Важнейшим антропогенным источником эмиссии аммиака ( $\text{NH}_3$ ) в окружающую среду является навоз сельскохозяйственных животных [3–5], содержащий как свободный  $\text{NH}_3$ , так и широкий спектр других минеральных и органических азотсодержащих соединений (соли аммония, мочевины, белок, аминокислоты, амины, нуклеиновые кислоты и др.). Образование и выделение  $\text{NH}_3$  из навозных стоков в основном обусловлено следующими процессами:

– разложением солей аммония в щелочной среде:



– разложением мочевины под действием фермента уреазы [6]:



– аммонификацией (гниением) азотсодержащих органических компонентов под воздействием соответствующих микроорганизмов.

Интенсивность всех указанных процессов существенно зависит от кислотности среды [7]. Первые два процесса достаточно хорошо изучены. Установлено, что подкисление навозных стоков приводит к снижению интенсивности выделения  $\text{NH}_3$  за счет стабилизации иона  $\text{NH}_4^+$  при  $\text{pH} \leq 7$  и ингибирования уреазы в кислой среде. В отличие от этих процессов, механизмы выделения  $\text{NH}_3$  в процессе аммонификации значительно сложнее и до настоящего времени изучены недостаточно. Известно, что в дезаминировании аминокислот свиного навоза с образованием  $\text{NH}_3$  и летучих жирных кислот активное участие принимают бактерии родов *Eubacteria*, *Peptostreptococcus*, *Bacteroides*, *Streptococcus*, *Escherichia*, *Megasphaera*, *Propionibacterium*, *Lactobacilli*, *Clostridium* [8], однако данных, позволяющих судить о влиянии pH на наличие и динамику численности соответствующих микроорганизмов в свином навозе и навозных стоках (НС) опубликовано крайне недостаточно, что существенно затрудняет разработку технологий эффективного управления этим отходом.

Целью настоящей работы было изучение влияния pH на видовое разнообразие и численность микроорганизмов, способствующих разложению органических компонентов навозных стоков с выделением аммиака.

Образцы НС для выполнения экспериментальных исследований отбирались в стерильную тару непосредственно из навозоприемных ванн, расположенных в подпольном пространстве цеха этапа доращивания, одного из свиноводческих предприятий Кировской области. В цехе используется самотечная система удаления навоза периодического действия с накоплением НС

в навозных ваннах с периодическим высвобождением. Кормление сбалансировано с преобладанием концентратного типа, поение вдоволь из автопоилок. Содержание сухого вещества в НС – 2,1%, рН 6,8±0,1.

Для подкисления НС использовался 8% раствор серной кислоты (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). рН подкисленных образцов находился на уровне 5,3±0,2. Подкисление отобранных образцов НС проводилось в день отбора проб в биохимической лаборатории.

Микробиологические исследования НС проводились в микробиологической лаборатории в 1-е, 7-е и 14-е сутки после отбора проб, что обусловлено периодичностью заполнения и слива стоков из ванн (1-е сутки – начало заполнения; 7-е и/или 14-е сутки – слив стоков). Исследования проводили трёхкратно, они включали серийные десятикратные разведения с дальнейшим посевом исследуемых образцов на стандартные и специализированные питательные среды и инкубированием образцов при 37 °С в течение 24–48 часов. Для идентификации микроорганизмов использовали анаэротест, стрептотест, энтеротест. Статистическую обработку результатов проводили стандартными методами с использованием встроенного пакета программ EXCEL.

Полученные результаты приведены в таблице.

Таблица

**Динамика численности микроорганизмов-аммонификаторов  
в подкисленных и неподкисленных навозных стоках**

№ п/п	Микроорганизмы	Исходное число микроорганизмов в НС	Подкисленные НС рН 5,3±0,2		Неподкисленные НС рН 6,8±0,2	
			1-й день	7-й день	14-й день	7-й день
1.	<i>Escherichia coli</i>	(5±0,7)×10 <sup>6</sup>	(5±0,2)×10 <sup>6</sup>	(6±0,2)×10 <sup>7*</sup>	(7±0,6)×10 <sup>7*</sup>	(8±0,5)×10 <sup>9**</sup>
2.	<i>Proteus spp.</i>	(6±0,5)×10 <sup>5</sup>	0		(6±0,8)×10 <sup>7*</sup>	(6±0,8)×10 <sup>7**</sup>
3.	<i>Clostridium spp.</i>	(7±0,9)×10 <sup>5</sup>	(6±0,7)×10 <sup>7**</sup>	(7±0,5)×10 <sup>8***</sup>	(7±0,9)×10 <sup>9***</sup>	(6±0,9)×10 <sup>9**</sup>
4.	<i>Bacteroides fragilis</i>	(5±0,3)×10 <sup>6</sup>	(6±0,4)×10 <sup>6*</sup>	(7±0,6)×10 <sup>6*</sup>	(7±0,3)×10 <sup>7*</sup>	(8±0,2)×10 <sup>7*</sup>
5.	<i>Peptostreptococcus sp.</i> ( <i>P. anaerobius</i> )	(7±0,6)×10 <sup>9</sup>	(7±0,9)×10 <sup>6</sup>	(6±0,7)×10 <sup>5***</sup>	(8±0,3)×10 <sup>7*</sup>	(6±0,5)×10 <sup>7**</sup>

Примечание: \*P < 0,05; \*\*P < 0,01; \*\*\*P < 0,001 – в сравнении с исходной численностью микроорганизмов.

Согласно полученным результатам, в свежих НС доминирующее положение среди микроорганизмов-аммонификаторов занимает *Peptostreptococcus anaerobius*. Численность остальных аммонификаторов значительно ниже. Следует отметить, что в свежем свином навозе идентифицируется аммонификатор *Lactobacillus spp.*, численность которого достигает (7±0,6)×10<sup>8</sup> КОЕ/мл, однако в НС эти микроорганизмы выявить не удастся.

В подкисленных серной кислотой НС численность аммонификаторов существенно снижается, а *Proteus* spp. практически полностью исчезает. Наиболее устойчивыми в кислой среде оказались *Clostridium* spp. В процессе хранения подкисленных НС численность клостридий несколько увеличивается, но остается ниже, чем в необработанных кислотой образцах. Численность *Bacteroides fragilis* в неподкисленных образцах постепенно возрастает, а в подкисленных практически не изменяется. Численность *E. coli* по мере хранения нативных НС существенно увеличивается, в подкисленных образцах этот процесс протекает значительно медленнее. Численность *Peptostreptococcus* снижается как в подкисленных, так и в неподкисленных НС, однако в подкисленных значительнее.

**Выводы.** Подкисление НС раствором серной кислоты до pH  $5,3 \pm 0,2$  оказывает существенное влияние на численность и видовой состав гнилостных микроорганизмов. В подкисленных НС, по сравнению с нативными, численность аммонификаторов существенно уменьшается, а активность *Proteus* spp. подавляется полностью. Наиболее устойчивыми к подкислению оказались *Clostridium* spp.

Применение технологии подкисления НС позволит значительно снизить количество  $\text{NH}_3$ , попадающего в окружающую среду и уменьшить негативное воздействие свиноводческих предприятий на экосистемы.

#### Библиографический список

1. Пилип Л. В., Ашихмина Т. Я. Отходы свиноводческих комплексов – проблемы, пути решения // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем : материалы XV Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Киров : Вятский государственный университет, 2017. С. 180-183.
2. Reducing Ammonia Emissions from Agriculture. URL : <https://www.yara.com/globalassets/pure-nutrient--ammonia/reducing-ammonia-emissions-from-agriculture.pdf> (дата обращения 7.10.2020).
3. Гриднев П.И., Гриднева Т. Т., Шведов А. А. Эмиссия аммиака и ее последствия для окружающей среды // Вестник ВНИИМЖ. 2018. № 1 (29). С. 42–49.
4. Пилип Л. В., Сырчина Н. В., Новые подходы к дезодорации свиного навоза // Иппология и ветеринария. 2018. № 4 (30). С. 99–106.
5. Терентьев Ю. Н., Сырчина Н. В., Ашихмина Т. Я., Пилип Л. В. Снижение эмиссии запахообразующих веществ в условиях промышленных свиноводческих предприятий // Теоретическая и прикладная экология. 2019. № 2. С. 113–120. DOI: 10.25750/1995-4301-2019-2-113-120
6. Ермолина С. А., Пилип Л. В. Биологическая химия: лабораторный химический практикум. Киров. 2013. 164 с.
7. Пилип Л. В., Козвонин В. А., Сырчина Н. В., Колеватых Е. П., Ашихмина Т. Я. Влияние подкисления навозных стоков на их микробиологические характеристики // Теоретическая и прикладная экология. 2020. № 3. С. 161–167. DOI: 10.25750/1995-4301-2020-3-168-175
8. Zhu J. A review of microbiology in swine manure odor control // Agriculture, Ecosystems and Environment. 2000. Vol. 78. P. 93–106.

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ НА РАСТИТЕЛЬНОСТЬ РЕКРЕАЦИОННОЙ ЗОНЫ г. КАЗАНИ

*М. Б. Фардеева, У. С. Макарова, Н. И. Сафиуллина*  
*Казанский федеральный университет, orchis@inbox.ru*

На основе комплексной биондикации определено воздействие железной дороги на прилегающую растительность рекреационной зоны в полосе от 5 до 120 м, что позволяет установить масштабы экологических рисков снижающих качество рекреации. Отмечено изменение видового, биоморфологического и эколого-ценотического состава растений и деградация лесных сообществ. Выявлены тяжелые металлы в растительной биомассе, с превышением ПДК по некоторым элементам и незначительное их содержание в почве.

Ключевые слова: растительность, железная дорога, рекреационная зона, тяжелые металлы

Железнодорожная магистраль оказывает негативное влияние на состояние прилегающих к ней природных экосистем, а именно, загрязняет атмосферный воздух, нарушает близлежащие растительные сообщества, производит шум и вибрацию при движении поездов, возможно, приводит к накоплению тяжелых металлов в растениях и почве. Особенно важным это становится, если железная дорога влияет на снижение качества охраняемых и рекреационных территорий, значимость которых ухудшается.

В связи с этим особую актуальность приобретает вопрос обеспечения мониторинга окружающей среды, оценки текущего состояния и прогноза возможных изменений растительности. В данной работе проведены предварительные исследования современного состояния естественных природных комплексов пригородной зоны г. Казани – рекреационной зоны «Лебяжье», расположенной в полосе действующей железной дороги.

Основной целью работы было провести комплексные исследования естественных сообществ регионального ООПТ «Городской лесопарк «Лебяжье», расположенных в полосе действующей железной дороги. Мониторинг проводился с 2016 по 2019 гг., на основе геоботанических, эколого-ценотических, популяционных методов, с использованием анализа растительной биомассы и почвы на содержание тяжелых металлов.

Как отмечает Н. И. Николайкин [1] для природного ландшафта железная дорога является чужеродным элементом, а выбросы в атмосферу предприятий железнодорожного транспорта содержат: пыль, сажу, окись углерода, диоксид серы, диоксид азота, прочие (пары кислот и щелочей, фтористые соединения, сероводороды и т. д.), дополнительно происходит загрязнение поверхности земли за счет замусоривания железнодорожного полотна, загрязнение нефтью, нефтепродуктами, топливом, смазочными материалами, возникает повышение пожароопасности. Одними из проявлений воздействия

железной дороги являются процессы синантропизации растительного покрова, как последствия их строительства и эксплуатации. Железнодорожные пути, насыпи и полосы отвода образуют специфические местообитания, заселяемые представителями синантропной флоры [2]. Результатом интенсивного технического обслуживания и ремонта является появление участков, где возникают благоприятные условия для поселения и распространения инвазионных и заносных растений, попадающих на освобожденные участки, и прилегающие фитоценозы [3].

Исследования и сбор полевого материала проводились с июля по сентябрь 2016–2019 гг. на территории лесопарка «Лебяжье». По лесопарку с северо-востока на юго-запад проходят железнодорожные пути, насыпи и полосы отвода, которые образуют специфические местообитания, расположенные в 5–10 м от железнодорожной насыпи. Далее за этими участками располагаются лесные сообщества лесопарка, в основном представленные сосняками. Основной объект исследований – полоса отчуждения вдоль ж/д дороги и леса, расположенные за ней (кв. 48,49, 92, 94, граница 93/94 кв. и 104 кв.). Фитоценозы лесных участков (примерно в 80–120 м от дороги), обозначались как 1А-10А (10 площадок 10\*20м) и параллельно им изучали сообщества полосы отчуждения, которые обозначали как 1Б – 10Б (площадью 20\*5) и сравнили их с эталонным участком леса в 500 м от ж/д дороги.

Анализ почв проводился на базе лаборатории ИЭиП КФУ. 18 образцов почвы (0-20 см) отбирали методом конверта [4, 5]. Объединенную точечную пробу составляли из 3 точечных проб. Определение тяжелых металлов в почве и биомассе растений проводили на ICPE Shimadzu 9000. Подвижные формы металлов извлекали из почвы ацетатно-аммонийным буфером с pH 4.8, для анализа растительной пробы была приготовлена смесь образцов растений, которые произрастают на территории пробных площадок, экстракцию металлов из золы растительной биомассы проводили азотной кислотой [6].

Согласно анализу фитоценозов на основе коэффициента общности Серенсена-Чекановского (КО), наибольшее сходство эталонного сосняка бруснично-лишайниково-мшистого (кв.104) отмечается с участками 3А и 4А (кв.94) – сосняки бруснично-вейниково-ландышевые (КО = 0,61; 0,5; 0,46). Сходство естественных и нарушенных у железной дороги сообществ – низкое и варьирует от 0 до 0,29, в среднем 0,14.

На основе биоморфологического анализа выявили, что в сосняках деревья, кустарники, кустарнички и многолетние травы составляют 95% от общего списка видов, отмечена низкая доля двулетних и однолетних растений, а в нарушенных фитоценозах доля этих групп увеличивается в 2,5–5 раз (рис. 1).

В сосновых лесах лесопарка наряду с типичными бореальными (33%) и бореально-неморальными (14%) видами, часто отмечаются лесолуговые (17,8%), луговостепные (13%) и даже степные растения (качим постенный, астрагал песчаный, василек шероховатый, тимофеевка степная). Отмечено большое количество сорных трав (от 10 до 15%), что характеризует процесс рекреационной дигрессии лесопарковых фитоценозов. В злаково-разнотравных сообществах вдоль железной дороги доля сорных возрастает в 3,7 раз (до 54%), что говорит о высокой степени нарушенности подобных местообитаний.

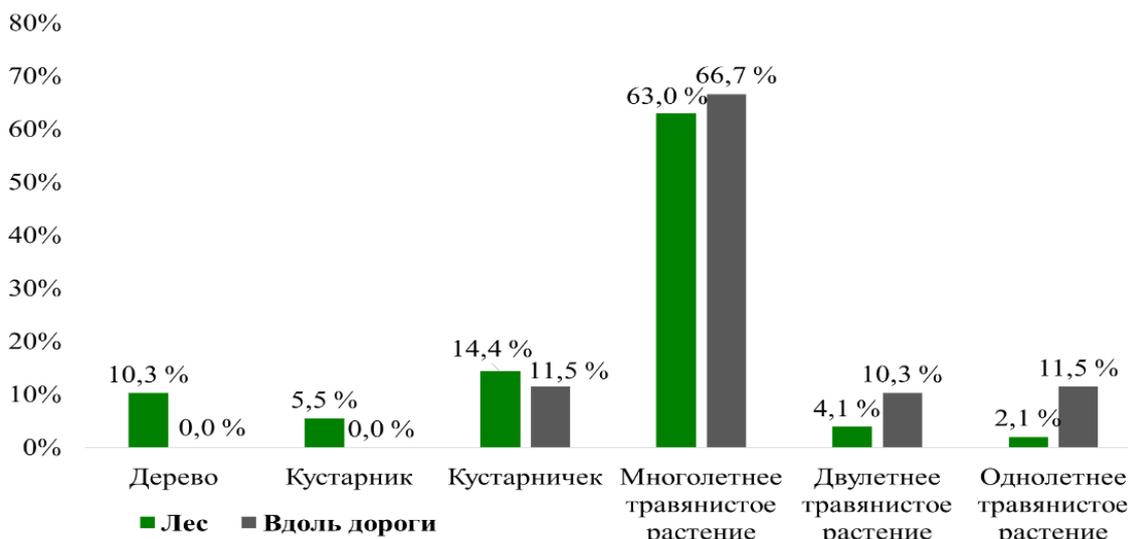


Рис. 1. Спектр жизненных форм в различных фитоценозах

Резко снижаются оценки встречаемости и проективного покрытия лесных видов в придорожных сообществах и, напротив, увеличиваются данные показатели луговых и сорных трав (рис. 2, 3).

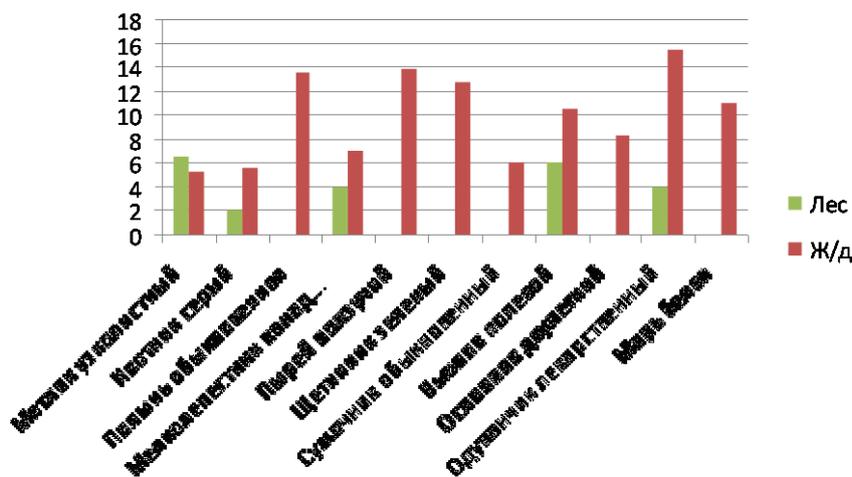


Рис. 2. Среднее проективное покрытие лесных растений (в %)

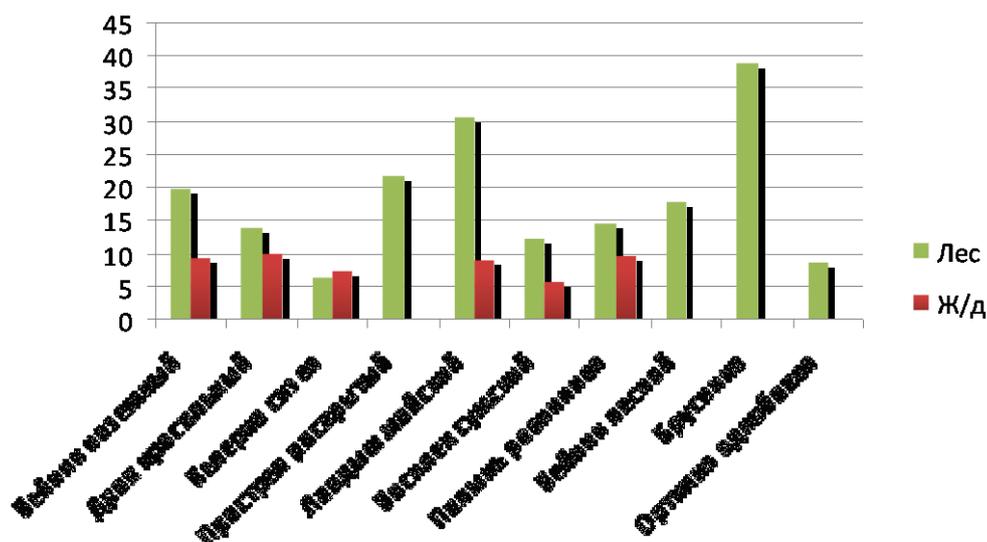


Рис. 3. Среднее проективное покрытие луговых и сорных растений (в %)

По результатам 2016 г. было установлено, что почвы участков вблизи железной дороги имеют нейтральную реакцию (рН 6,5–6,8), а почвы лесных участков – слабокислую (рН 5,2–5,4), различия достоверны по t-критерию Стьюдента. В почвенных образцах пробных площадок, расположенных вблизи железной насыпи, увеличивается в несколько раз содержание подвижных форм кобальта, меди и цинка. Однако их содержание не превышает предельно допустимых концентраций (ПДК). Исключение составляет участок 1А (кв. 92), который расположен в 60 м от ж/д насыпи, где содержание меди несколько превышает ПДК (табл. 1).

Таблица 1

**Содержание подвижных форм металлов в почве**

Участок	Удаленность от ж/д насыпи	Co	Cr	Cu	Ni	Zn	Pb
		мг/кг					
1а кв.92	80 м	0,03	0,26	3,21	0,26	3,80	0,95
1б кв.92	8 м	0,18	0,19	0,12	0,21	4,50	0,29
2а кв.92	50 м	0,07	0,10	0,09	0,34	1,30	0,63
2б кв.92	5 м	0,21	0,12	0,39	0,39	1,70	0,62
3а кв. 93	70 м	0,01	0,16	0,11	0,46	1,00	1,40
3б кв. 93	5 м	0,17	0,17	1,80	0,80	2,90	2,40
4а кв.94	80 м	0,15	0,10	0,09	0,24	0,50	0,27
4б кв.94	3 м	0,02	0,12	0,04	0,28	1,30	0,51
5а кв.94	80 м	0,12	0,14	0,02	0,29	4,10	0,31
5б кв.94	5м	0,11	0,26	0,24	0,31	2,40	0,28
6а кв.104	120 м	–	0,22	0,04	0,20	0,80	0,75
6б кв.104	5м	0,22	0,22	0,26	0,29	0,85	0,93
Предельно допустимая концентрация, мг/кг		5,0	6,0	3,0	4,0	23,0	6,0

Примечание: \*полужирным шрифтом выделено превышение ПДК.

Содержание металлов в растительных образцах изменяется в широких диапазонах. Большой интерес представляет практически отсутствие кобальта в растениях. Как пример, приведем данные по содержанию тяжелых металлов

в образцах биомассы доминирующих видов растений. К сожалению, данных ПДК тяжелых металлов в растениях мало (табл. 2).

Таблица 2

**ПДК (мг/кг) тяжелых металлов в разных растительных структурах**

Трава, почва/ПДК	Co	Cr	Cu	Ni	Zn	Pb
Сено	0,65–2,99	14,15–27,93	50–100	1,82–4,86	5,0	7,49–32
Силос	–	9,57–16,88	–	2,19–2,47	–	3,28–5,33

Известно, что высшие растения способны аккумулировать тяжелые металлы из окружающей среды. По данным О. А. Неверовой [7] поступление тяжелых металлов в растения в виде аэрозольного осаждения из воздуха или поступление из почвы. Вероятно, в данном случае большая часть тяжелых металлов поступает в растительный организм из воздуха путем адсорбции листовой поверхностью. Как пример, приведем сравнение полученных усредненных значений на наличие тяжелых металлов в хвое сосны, из лесных фитоценозов (1А,4А,6А) и придорожных (1Б,2Б,3Б,4Б). Наибольшее содержание во всех растениях отмечается по Zn, с учетом ПДК для сена (сухой травы) превышение ПДК по Zn в лесных фитоценозах значительно меньше (среднее содержание цинка 16,3), однако выше ПДК почти в 3 раза. В придорожных фитоценозах в среднем содержание цинка 21,25, максимально достигает 32 мг/кг, что больше ПДК в 5 раз (рис. 4, 5). Отмечено незначительное превышение ПДК по Ni в листьях дрока, малины, смеси злаков, как в придорожных, так и лесных фитоценозах.

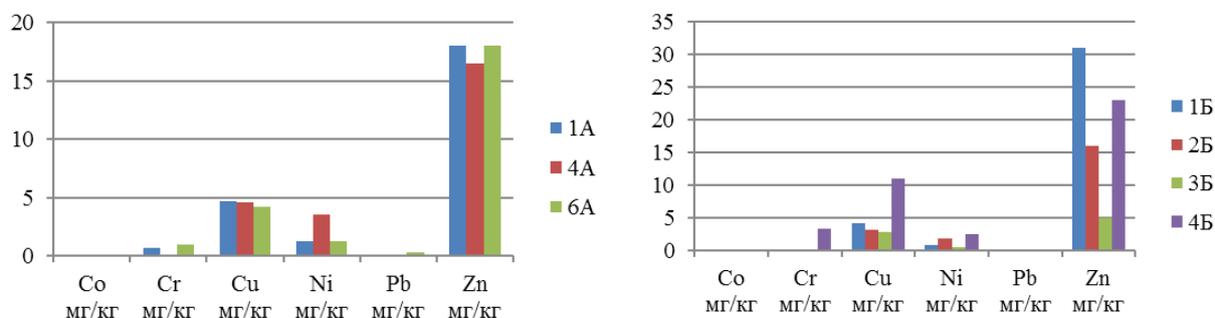


Рис. 4. Содержание тяжелых металлов в хвое сосны за 2018 г.

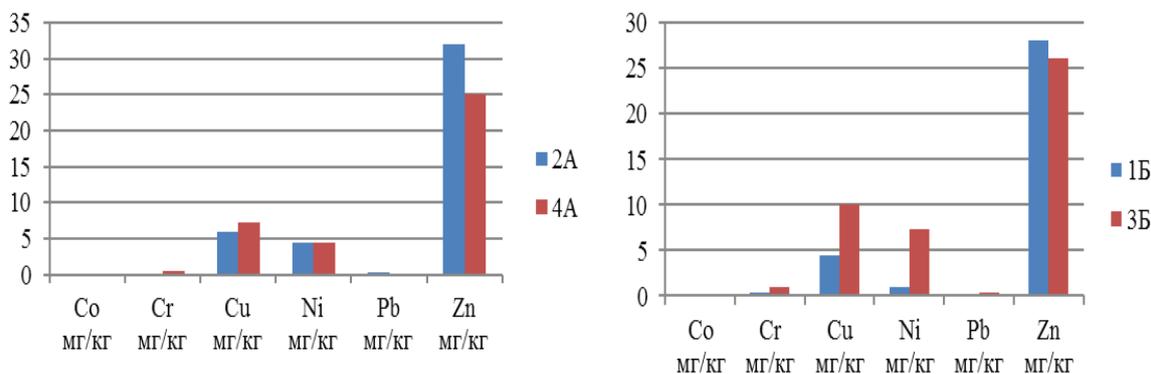


Рис. 5. Содержание тяжелых металлов в смеси (соцветия, листья) дрока за 2018 г.

В целом, превышение ПДК по содержанию тяжелых металлов в листья черники и брусники, ценных лекарственных и ягодных растений, произрастающих в сосняках, отмечено не было. Однако, в хвое сосны, листьях и цветах дрока, малины, ландыша, смеси листьев злаков содержание тяжелых металлов в пробах довольно близки, как в придорожных, так и лесных фитоценозов, расположенных в полосе от 5 до 120 м. По-видимому, нужно сравнивать отдельные виды, но не всегда бывает возможность найти на лесных и придорожных участках одни и те же растения.

#### **Библиографический список**

1. Николайкин Н. И., Николайкина Н. Е., Мелехова О. П. Учебник для вузов. 2-е изд. М. : Дрофа, 2003. 76 с.
2. Березуцкий М. А. Антропогенная трансформация флоры // Бот. журн. 1999. Т. 84, № 6. С. 8–19.
3. Материалы к «железнодорожной» флоре Самарской области. Железная дорога в пгт Суходол / С. А. Сенатор, С. В. Саксонов, Н. С. Раков, Н. А. Никитин // Экология и безопасность жизнедеятельности промышленно-транспортных комплексов : Сб. трудов III междунар. экол. конгресса ELPIT 2011 (V междунар. науч.-тех. конф.). Тольятти : ТГУ, 2011. Т. 2. С. 212–216.
4. ГОСТ 17.4.4.02-84. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализов.
5. ГОСТ 26423-85. Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, рН и плотного остатка водной вытяжки.
6. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства (издание 2-е, переработанное и дополненное). Казань, 1992. 298 с.
7. Неверова О. А. Опыт использования биоиндикаторов в оценке загрязнения окружающей среды. Новосибирск, 2006. 88 с.

### **НАКОПЛЕНИЕ СВИНЦА ЛИСТОВЫМИ КУЛЬТУРАМИ, ПРОИЗРАСТАЮЩИМИ НА СЕЛИТЕБНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ**

*Е. К. Еськов, М. Д. Еськова, Э. Н. Штаюда*  
*Российский государственный аграрный заочный университет,*  
*ekeskov@yandex.ru*

В одинаковых условиях произрастания и за равное время вегетации листья салата существенно превосходят укроп по аккумуляции свинца. Но корни салата и укропа несущественно различаются по накоплению этого элемента. Поэтому в период вегетации у салата существенно возрастает различие между содержанием свинца в корнях и листьях. Различие по аккумуляции свинца листьями салата и укропа обуславливается влиянием воздушного загрязнения, что позволяет использовать салат для мониторинга содержания свинца в воздушной среде.

Ключевые слова: свинец, листья, корни, салат, укроп.

Свинец обладает умеренной токсичностью, но его аккумуляция в организме может поражать центральную и периферическую нервные системы, костный мозг, ингибировать синтез белка и кроветворные функции, а также оказывать гонад- и эмбрио-токсическое действие. Симптомы свинцового отравления выражаются в усиленном слюноотделении, быстрой утомляемости, повышенной нервозности, нарушении желудочной функции, развитии импотенции и др. Диагностика загрязнения организма свинцом производится по его содержанию в крови. У взрослого человека содержание свинца не должно превышать 15, а у детей – 7 мкг/100 мл крови. Порог токсичности свинца находится на уровне 1 мг/сутки [1].

В растения свинец попадает из почвы, воды и атмосферы. Разные виды растений различаются по аккумуляции свинца. При содержании в почве около 8 мг/кг свинца бобовые накапливают до 0,5 мг/кг этого элемента, а листья репы и кабачки – соответственно до 16 и 24 мг/кг. Пороговая концентрация свинца в почве, подавляющая развитие травянистой растительности находится на уровне 0,4 г/кг, древесной – 1,6 г/кг [2].

В последние годы интенсивному загрязнению среды свинцом способствует бурное развитие сети автомобильных дорог и автомобильного транспорта. Легковой автомобиль, расходуя около 0,1 л/км бензина, выделяет около 24 мг/км соединений свинца. Их количество примерно в 4 раза выше у грузовых автомобилей, потребляющих 0,4 л/км бензина. Ежегодное поступление токсических веществ от эксплуатации автотранспорта, превышает 10 млн. т [3]. Поэтому интенсивному загрязнению свинцом подвергается растительность, произрастающая на селитебных территориях и особенно – вблизи автотрасс. Растения накапливают свинец и другие поллютанты вегетативными и генеративными органами [4, 5].

Применение новых технологий производства бензина, приводит к уменьшению его выбросов автотранспортом. Но в придорожных почвах за многие годы накопилось большое количество свинца.

Настоящее исследование посвящено изучению накопления свинца листовыми культурами – укропом (*Anethum graveolens*) и салатом (*Lactuca sativa*), выращиваемых на придорожных территориях. Эти растения, потребляемые преимущественно в свежем виде, благотворно влияют на функционирование желудочно-кишечного тракта, способствуя лучшему перевариванию пищи. Листья укропа содержат аскорбиновую и никотиновую кислоты, каротин, тиамин, рибофлавин и флавоноиды, а салат – витамины А, С и В, а также микроэлементы – калий, железо, магний, кальций и фосфор. Но на селитебных территориях эти растения загрязняются свинцом.

Исследуемые растения произрастали на расстоянии 20–60 м от автотрассы, интенсивность движения по которой автотранспорта находилась на уровне  $6,4 \pm 0,18$  тыс./ч. Содержание свинца в растениях определяли атомно-абсорбционным методом на анализаторе КВАНТ-Z.ЭТА («КОРТЭК»). Отобранные для анализов растения промывали в дистиллированной воде, высушивали до постоянной массы при 102 °С и минерализовали в герметически

закрытых реактивных камерах аналитического автоклава (МКП-04) смесью азотной кислоты и пероксида водорода в соответствии с МУК 4.1.985-00 и МИ 2221-92.

Содержание в воздухе оксида свинца, диоксида серы и паров бензина контролировали газоанализатором ГАНК-4. Эти измерения проводили в безветренные дни. Оказалось, что воздушная среда на изучаемой территории отличалась высокой загрязненностью парами бензина. Их содержание находилось на уровне  $657 \pm 23$  мг/м<sup>3</sup>, а концентрация оксида свинца достигала 3 мкг/м<sup>3</sup>. В широких пределах (от 0,01 до 2,5 мг/м<sup>3</sup>) варьировало содержание диоксида серы.

В почве содержание свинца изменялось в течение 2 мес. наблюдений от 2,6 до 3,9 мг/кг. Уменьшение насыщения почвы свинцом происходило после выпадения дождей.

Установлено, что корни и листья у изучаемых растений, произраставших в одинаковых условиях, за одинаковое время вегетации, аккумулировали разное количество свинца (табл.). Наибольшей активностью аккумуляции этого элемента отличался салат. В его корнях от первого к окончанию второго месяца вегетации содержание свинца возрастало на 15%, а у укропа – всего на 3%. Значительно увеличивалось за указанное время содержание элемента в листьях салата (в среднем на 60%). Листья укропа за второй месяц вегетации накапливали относительно небольшое количество свинца. Его содержание возрастало всего на 18%.

Количество свинца, преодолевшего биологические барьеры и переходящего из почвы в корни, у укропа и салата не имело существенных различий. Вероятно, биологические барьеры у этих растений в равной мере препятствовали миграции элемента от корня к листьям. Но относительно высокое содержание свинца в массивных листьях салата, очевидно, связано с интенсивным поглощением им этого элемента из воздуха.

*Таблица*

**Содержание свинца (мг/кг) в генеративных частях салата и укропа**

Растения	Органы	Продолжительность вегетации, мес.	
		1,0	2,0
Салат	корни	$1,63 \pm 0,16$	$1,92 \pm 0,18$
	листья	$2,96 \pm 0,28$	$4,89 \pm 0,34$
Укроп	корни	$1,76 \pm 0,23$	$1,82 \pm 0,21$
	листья	$1,12 \pm 0,15$	$1,37 \pm 0,19$

Таким образом, у укропа и салата в течение вегетации существенно различается накопление свинца корнями и листьями. Массивные листья салата по интенсивности накопления свинца значительно превосходят мелкие листья укропа. Большая листовая поверхность салата способствует поглощению свинца из загрязненного воздуха, чем дополняется поступление элемента в растение из почвы. Поэтому в период вегетации у салата больше, чем у укропа возрастает различие по содержанию свинца в корнях и листьях. Высокое аккумулятивное свойство листьев салата позволяет использовать их для мо-

нитинга загрязнения свинцом приусадебных территорий. Отмеченное свойство листьев салата – их высокую предрасположенность к поглощению свинца необходимо учитывать при использовании в питании. Для уменьшения поверхностного загрязнения листа салата, выращенного на садовых территориях, перед потреблением в пищу необходимо подвергнуть тщательному промыванию.

#### **Библиографический список**

1. Скальный А. В. Химические элементы в физиологии и экологии человека. М. : Мир, 2004. 216 с.
2. Царева М. В., Персикова Т. Ф. Виды загрязняющих химических веществ // Нейтрализация загрязнения почв/ Под. ред. Ю. А. Мажайского. Рязань. 2008. С. 29–79.
3. Матузова Г. В. Загрязнение почв и сопредельных сред. М. : Моск. ун-т, 2000. 71 с.
4. Еськов Е. Е., Еськова М. Д. Накопление свинца и кадмия в разных органах растений в зависимости от удаленности от автомагистрали // Агрехимия. 2013. № 5. С. 91–95.
5. Еськов Е. К., Еськова М. Д., Выродов И. В. Миграция тяжелых металлов в системе почва–медоносные растения–тело пчел–продукция пчеловодства // Агрехимия. 2016. № 9. С. 87–92.

## **ОЦЕНКА ОЗЕЛЕНЕНИЯ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ РАЗЛИЧНЫХ ТЕРРИТОРИЙ г. КИРОВА**

*И. А. Жуйкова, В. А. Ожиганов*  
*Вятский государственный университет*

В работе рассмотрены показатели соответствия площади озелененных территорий для крупного города и его административных районов, согласно нормативной антропогенной нагрузки. Показано, что большинство показателей находится на критическом уровне, или даже не соответствует градостроительным нормативам. Результаты исследования говорят о том, что вопросам создания комфортной городской среды должно быть уделено особое внимание.

Ключевые слова: комфортная городская среда, озелененные территории, городской микрорайон, экология города

Современные программы создания комфортной городской среды, активно разрабатываемые в различных регионах нашей страны направлены на улучшение условий проживания населения как крупных городов-миллионеров, так и жителей средних и малых городов.

Вопросу формирования функционально-пространственной структуры ландшафтно-рекреационной среды садовых территорий уделяется немало внимания, но в то же время, зачастую плотная и высотная городская застройка не удовлетворяет современным требованиям «качества» городской среды.

Нами были выполнены расчёты показателя соответствия площади озеленённых территорий на основе СНиП 2.07.01-89 [1]. Чтобы подойти к решению вопроса комплексно, расчёты были сделаны для различных уровней

охвата территорий: от города в целом, до отдельных районов и микрорайонов. Население г. Кирова на 1 января 2018 года составляло 507 155 чел., что позволяет отнести его к крупным городам нашей страны [2].

По данным из источника [1], площадь озелененных территорий общего пользования в крупнейших, крупных и больших городах, на одного человека должна составлять 10 м<sup>2</sup>. Чтобы рассчитать необходимую (минимальную) площадь озелененных территорий в г. Кирове, нами была выведена следующая формула:

$N \times 10 \text{ м}^2 = P$ , где N – население города;

P – площадь озелененных территорий (норма).

Исходя из данной формулы площадь озелененных зон г. Кирова на 2018 г. должна составлять 5,07 км<sup>2</sup>. Фактически, этот показатель составляет 4,18 км<sup>2</sup>, что позволяет нам сделать вывод о том, что площади рекреационных зон на территории нашего города необходимо расширять. С ростом населения, с появлением новых микрорайонов, площадь зеленых зон не увеличивается и уже в значительной степени отстает от нормативов. В связи с этим увеличивается антропогенная нагрузка на имеющиеся объекты. Площадь имеющихся озелененных территорий способна выдержать нагрузку населения численностью примерно 418 000 человек, что приблизительно на 89 000 человек меньше чем население г. Кирова. Кроме этого, численность населения города постоянно растет, и на 2020 г. составляла 518348 чел. Полученные данные заставляют задуматься о целесообразности внедрения в инфраструктуру города новых зелёных зон, которые будут способствовать формированию комфортной городской среды. Если рассмотреть данную ситуацию с экологической точки зрения, то можно отметить, что зеленые насаждения будут способствовать очищению воздуха в городе, создавать вокруг себя свой микроклимат и способствовать оздоровлению населения [1].

По административному принципу территория г. Кирова разделена на 4 административных единицы: Первомайский (49,5 км<sup>2</sup>), Октябрьский (36,5 км<sup>2</sup>), Ленинский (38,1 км<sup>2</sup>) и Нововятский (33, км<sup>2</sup>) районы.

Для получения информации по административным районам использовалась формула, приведенная выше и проведены соответствующие расчеты.

На данный момент в Первомайском районе площадь озелененных территорий должна составлять 0,81 км<sup>2</sup>, а фактически составляет 2,6 км<sup>2</sup>, что на первый взгляд может показаться положительным результатом, но нужно учитывать, что большая доля озелененной территории от общей площади Первомайского района занимает Заречный парк г. Кирова, который находится в относительной изолированности от населения города в связи со своей удаленностью. Если вычесть площадь этого объекта, то показатели в значительной степени снизятся. Если не учитывать Заречный парк, то площадь озелененных территорий составит 0,38 км<sup>2</sup>, что пригодно для населения, численностью лишь в 38000 человек. Полученные результаты заставляют задуматься и сделать соответствующие выводы. Теоретически, опираясь на площадь зеленых зон и население района, можно сделать вывод о том, что имеющаяся рекреа-

ционная территория в полной мере способна выдерживать антропогенную нагрузку и даже принимать часть отдыхающих с соседних районов. Но подробнее рассмотрев имеющуюся инфраструктуру и обустроенность территории, фактически складывается полностью противоположный вывод. На данный момент рекреационная структура Первомайского района не способна в полной мере обеспечить собственное население качественной рекреационной инфраструктурой.

На территории Октябрьского района озелененные территории должны фактически занимать  $1,54 \text{ км}^2$  от общей площади административного округа. По факту мы наблюдаем площадь размером  $0,3 \text{ км}^2$ . В результате, можно отметить, что примерно 123952 человека, теоретически, остаются без возможности провести свободное время на свежем воздухе. Проживающие в этом районе вынуждены посещать места рекреации соседних районов или же выезжать за черту города, чтобы провести время с семьей, детьми или же заняться активным видом спорта на открытой местности.

В пределах Нововятского района расчетная площадь озелененных территорий общего пользования составляет  $0,5 \text{ км}^2$ . Фактически, она составляет  $0,56 \text{ км}^2$ , что соответствует нормам. Но, рассматривая данную территориальную единицу, стоит заметить, что 99% этой территории составляет Дендропарк им. лесоводов Кировской области. Этот факт нельзя рассматривать как положительный, потому что вся рекреационная зона района сосредоточена фактически на одном объекте. К тому же данный объект находится в значительной отдаленности от жилых застроек, что может затруднить его посещение некоторыми слоями населения (люди пожилого возраста, люди с ограниченными физическими возможностями). Необходимо отметить, что практически 60% дендропарка представляют естественный лесной массив и не предназначены для большого количества посетителей, по экологическим соображениям.

Самый большой по численности населения Ленинский район г. Киров должен иметь площадь озелененных территорий размером в  $2,22 \text{ км}^2$ . Фактически на территории данного объекта площадь парковых зон составляет  $0,75 \text{ км}^2$ . Из приведенных выше данных следует, что район катастрофически нуждается в увеличении площади рекреационных территорий. Больше половины проживающих людей на данной территории не могут позволить себе комфортно отдохнуть в черте города.

Рассмотрев площадь озелененной территории для всех районов г. Кирова на соответствие градостроительным нормам, можно сделать выводы о том, что развитие таких территорий – это важная задача, которую необходимо решать в рамках программы «Комфортная городская среда». Обособлено стоит Ленинский район, в котором остро стоит проблема озелененных территорий общего пользования.

Чтобы локально посмотреть на вопрос соответствия площади озелененных территорий общего пользования, нами был рассмотрен отдельный жилой микрорайон г. Кирова. Для проведения исследования взят один из микрорай-

онов (который мы назвали СБ), расположенный на юго-востоке Ленинского района.

Общая площадь выбранного объекта составляет 0,17 км<sup>2</sup>. Согласно [1, п. 9.8], площадь озелененной территории микрорайона (квартала) следует принимать не менее 6 м<sup>2</sup> на 1 человека (без участков школ и детских дошкольных учреждений). На исследуемой территории по данным, которые упоминаются в городских СМИ, проживает около 9000 человек [3]. В данном микрорайоне имеется один доступный «зелёный» объект – это набережная вдоль крутого берега р. Вятка, площадь которой составляет 0,02 км<sup>2</sup>.

Выполнив расчёты по формуле, было определено, что площадь зеленых территорий должна составлять 0,05 км<sup>2</sup>. Из результатов видно, что даже в новых микрорайонах данный показатель далек от нормы.

Руководствуясь нормативным документом [1, п. 9.13 ], в котором сказано, что городские парки общего пользования должны иметь минимальную площадь, которая составляет 15 га. Проведя небольшое исследование, было выявлено, что все общегородские парки полностью соответствуют критерию занимаемой площади, а такие как парк имени Кирова и Заречный парк г. Кирова превышают норму в 1,5 и 14 раз соответственно. Таким образом, удалось выяснить что площадь городских парков г. Кирова в полной мере соответствует нормативам.

В целом ландшафтно-рекреационная структура г. Кирова неоднородна и объекты по территории города расположены не равномерно. Их техническая оснащённость и инфраструктура оставляет желать лучшего.

#### **Библиографический список**

1. СП 42.13330.2016 Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89\* (с Изменениями N 1, 2)
2. Оценка численности постоянного населения на начало 2018 года. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://kirovstat.gks.ru> (дата обращения 12.06.2019)
3. 9 000 кировчан объединил «Солнечный берег». – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.admkirov.ru> (дата обращения 22.06.2018)

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ СТОМАТОЛОГИЧЕСКОГО ФТОРЛАКА**

***С. В. Чикишев<sup>1</sup>, С. Г. Скугорева<sup>2</sup>***

*<sup>1</sup> Вятский государственный университет,*

*<sup>2</sup> Институт биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, [skugoreva@mail.ru](mailto:skugoreva@mail.ru)*

Показано, что стоматологический фторлак является эффективным препаратом, препятствующим разрушению кальциевой структуры яичной скорлупы как модели зубной эмали. Защитное действие фторлака заключается в образовании полимерной плёнки, препятствующей растворению скорлупы и выходу ионов кальция в раствор.

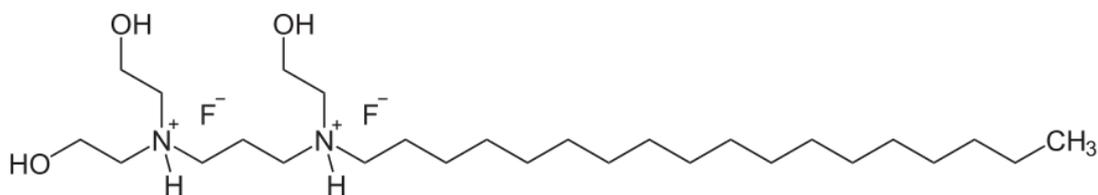
Ключевые слова: фторлак, модель зубной эмали, яичная скорлупа, ионы кальция, лимонная кислота.

Фтор имеет очень важное значение для здоровья зубов. Он замещает гидроксогруппу в солях кальция, из которых в основном состоит эмаль зубов, благодаря чему повышается резистентность эмали к действию кислой среды в полости рта [1]. Однако слишком большой избыток фтора вреден, он приводит к флюорозу – разрушению зубов и костей. Для питьевой воды ПДК по фторид-ионам составляет 1,5 мг/л [2]. Ранее нами было показано, что фторид-ионы, начиная с концентрации 0,30 мг/л (0,2 ПДК), в водных растворах проявляют острую токсичность для люминесцентных бактерий [3].

В качестве модели зубной эмали в работе была использована скорлупа куриного яйца, которая близка по химическому составу к зубной эмали. Следует учитывать, что кальций в зубной эмали находится в основном в форме апатитов, а в яичной скорлупе – в форме гидрокарбоната.

Целью работы было выяснить, насколько эффективно фторлаковое покрытие при защите кальцийсодержащей структуры (на примере яичной скорлупы) от разрушения в кислой и нейтральной средах.

В модельном опыте использовался фторлак (производство ООО «НКФ Омега-Дент», г. Москва). Назначение фторлака: для профилактики кариеса. Действующим веществом данного препарата является аминофлюорид, имеющий следующую структурную формулу:



Принцип действия фторлака основан на том, что аминофлюорид образует на поверхности зубов тончайшую пленку, способствующую длительному насыщению эмали фтором. Также при использовании фторлака снимается болевая чувствительность в твердых тканях и отмечается выраженное противомикробное действие.

В модельном опыте исследовали скорость растворения обработанной и необработанной фторлаком скорлупы по увеличению концентрации кальция в растворе, в котором находилась скорлупа, в кислой и нейтральной средах. Вариант с кислой средой был выбран как имитация кислой среды в полости рта. Для этого использовали раствор лимонной кислоты (рН = 3,5), как аналог молочной кислоты, продуцируемой бактериями в полости рта при расщеплении углеводов и постепенно разрушающей зубную эмаль при несбалансированном питании или недостаточном уходе за зубами.

В опыте было четыре варианта: I) необработанная фторлаком скорлупа в лимонной кислоте; II) обработанная фторлаком скорлупа в лимонной кислоте; III) необработанная фторлаком скорлупа в воде (контроль); IV) обрабо-

танная фторлаком скорлупа в воде. Каждый вариант выполняли в трёхкратной повторности.

Скорлупа куриного яйца разделялась надвое, затем одна половинка обрабатывалась фторлаком (в зависимости от варианта опыта) и помещалась в пластиковый стакан. Все половинки скорлупок в опыте были примерно одинаковы по массе. Затем в этот стакан наливали 40 мл дистиллированной воды и 10 мл разбавленного раствора лимонной кислоты (либо сразу 50 мл дистиллированной воды, если добавление кислоты не требовалось). Через 5 и 10 дней после закладки опыта производили отбор проб растворов из каждого варианта и анализ этих проб на содержание ионов кальция методом ионной хроматографии [4].

В модельном эксперименте I вариант проб представлял собой необработанную фторлаком скорлупу, погруженную в раствор лимонной кислоты (табл.). Через 5 дней инкубации концентрация ионов кальция составила 60–68 мг/л, а спустя 10 дней – стала ещё выше: 68–73 мг/л (на 7–13%). Данный факт можно объяснить растворением соединений кальция и переходом их из скорлупы в раствор.

Таблица

**Изучение защитных свойств стоматологического фторлака**

Варианты проб	№ пробы	C(Ca <sup>2+</sup> ) в мг/л через 5 дней после закладки опыта	C(Ca <sup>2+</sup> ) в мг/л через 10 дней после закладки опыта	Изменение C(Ca <sup>2+</sup> ) в мг/л (на 10 день после закладки опыта)
I вариант необработанная фторлаком скорлупа в лимонной кислоте	1	60±6	70±7	+10
	2	60±6	68±6	+8
	3	68±7	73±7	+5
II вариант обработанная фторлаком скорлупа в лимонной кислоте	4	63±6	64±6	+1
	5	60±6	60±6	0
	6	63±6	50±5	-13
III вариант необработанная фторлаком скорлупа в воде (контроль)	7	31,8±3,2	34,4±3,4	+2,6
	8	35,5±3,6	35,6±3,6	+0,1
	9	42±4	42±4	-0,4
IV вариант обработанная фторлаком скорлупа в воде	10	41±4	34,3±3,4	-6,7
	11	30,0±3,1	44±4	+14
	12	38,3±3,8	34±3,4	-4,3

II вариант проб представлял собой обработанную фторлаком скорлупу, погруженную в раствор лимонной кислоты. Через 5 дней инкубации концентрация ионов кальция составила 60–63 мг/л, а спустя 10 дней – 50–64 мг/л. В пробах № 4 и № 5 этой группы просматривается стабильность концентраций ионов кальция, укладывающихся в пределы погрешностей проб, что, вероятно, обусловлено фторлаковой защитой скорлупы от растворения. Существенное уменьшение концентрации ионов кальция в пробе № 6 можно объяснить либо образованием цитрата кальция и его переходом в кристаллическую форму, либо сорбцией кальция обратно в скорлупу.

III вариант проб представлял собой необработанную фторлаком скорлупу, погруженную в дистиллированную воду (контроль). Через 5 дней инкубации концентрация ионов кальция составила 31,8–42 мг/л, а спустя 10 дней – стала 34,4–42 мг/л, что находится в пределах погрешности методики измерения. Очевидно, что в этом случае не было физико-химического фактора, который бы способствовал сильному растворению скорлупы и выходу ионов кальция в раствор.

IV вариант проб представлял собой обработанную фторлаком скорлупу, погруженную в дистиллированную воду. Через 5 дней инкубации концентрация ионов кальция составила 30,0–41 мг/л, а спустя 10 дней – 34–44 мг/л. Существенное увеличение концентрации ионов кальция в пробе № 11 можно объяснить либо недостаточной обработкой скорлупы фторлаком, либо повреждением фторлакового покрытия на скорлупе, либо растворением фторлака в воде под действием некоторых физико-химических факторов. Уменьшение концентрации ионов кальция в пробах № 10 и № 12 можно объяснить сорбцией кальция обратно в скорлупу.

Таким образом, стоматологический фторлак является эффективным средством, препятствующим разрушению кальциевой структуры яичной скорлупы как в кислой, так и в нейтральной среде. Защитное действие фторлака заключается в образовании аминофлюоридом (действующим веществом фторлака) плёнки, препятствующей растворению скорлупы и выходу ионов кальция в раствор.

*Работа выполнена в рамках государственного задания Института биологии Коми НЦ УрО РАН по теме «Оценка и прогноз отсроченного техногенного воздействия на природные и трансформированные экосистемы подзоны южной тайги» № 0414-2018-0003.*

#### **Библиографический список**

1. Бутвиловский А. В. Химические основы деминерализации и реминерализации эмали зубов // Вестник ВГМУ. 2011. Т. 10, № 1. С. 138–144.
2. ГН 2.1.5.1315-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования.
3. Скугорева С. Г., Кутявина Т. И., Чикишев С. В. Использование тест-системы «Эколюм» для оценки токсичности фторид-ионов в водных растворах // Экология родного края: проблемы и пути их решения : материалы XV Всерос. с междунар. участием науч.-практ. конф. Киров : Вятский государственный университет, 2020. С. 164–166.
4. ФР.1.31.2008.01738. Методика выполнения измерений массовой концентрации катионов аммония, калия, натрия, магния, кальция и стронция в пробах питьевой, минеральной, столовой, лечебно-столовой, природной и сточной воды методом ионной хроматографии. М. : НПКФ Аквилон, 2008. 16 с.

## ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ СВИНЦА И ПОЛИЦИКЛИЧЕСКИХ АРОМАТИЧЕСКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ В ОБРАЗЦАХ АВТОМОБИЛЬНОГО ТОПЛИВА

*О. М. Абдухалилов<sup>1</sup>, С. Г. Скугорева<sup>2</sup>, А. И. Фокина<sup>1</sup>, В. Н. Кулаков<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> *Вятский государственный университет, alimbay.1998@mail.ru*

<sup>2</sup> *Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, skugoreva@mail.ru*

Определено содержание свинца и полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) в автомобильном топливе. Установлено, что содержание свинца в топливе превышает установленный ГОСТом норматив в 4,6–15,4 раза. В дизельном топливе содержатся относительно небольшие количества ПАУ. При сжигании бензина содержание ПАУ увеличивается.

Ключевые слова: бензин, дизельное топливо, свинец, полициклические ароматические углеводороды.

Одной из задач защиты окружающей среды (ОС) является оценка и контроль поступления в нее поллютантов. Загрязнение ОС происходит не только от стационарных, но и от передвижных источников таких, как автомобильный и железный транспорт, самолеты, морские и речные суда. Доля загрязнения воздуха автотранспортом составляет около 90% (от общего объема выбросов всех видов транспортных средств) [1].

В настоящее время на дорогах растет число единиц автотранспорта, соответственно увеличивается и спрос на качественное топливо. Российский рынок автотранспорта отличается от рынка стран Евросоюза. Если в России только с 2016 г. осуществляется переход в производства бензина и дизельного топлива (ДТ) Евро-5, то ряд европейских стран давно перешел на топливо Евро-6, Евро-7, характеризующееся минимальным содержанием серы, свинца, олефиновых и ароматических углеводородов. Безусловно, те и иные параметры качества отражаются в стоимости экспорта российского бензина в страны Европы [2].

Важнейшими характеристиками автомобильного топлива являются цетановое число, октановое число, вязкость, плотность, фракционный состав, наличие ароматических углеводородов и присадок [2].

Для повышения октанового числа в качестве антидетонационной присадки раньше использовали тетраэтилсвинец. В связи с выделением с выхлопными газами автомобиля и негативным влиянием на компоненты ОС и живые организмы, от тетраэтилсвинца отказались еще в 2003 г. [3]. Кроме того, оказалось, что применение солей металлов в качестве присадок отрицательно влияет и на двигатель внутреннего сгорания (ДВС), увеличивая его коррозию в 1,5–2 раза [4]. При этом в зависимости от марки автомобиля ДВС загрязняет атмосферу отработанными и картерными газами, представляющими

ми собой смесь газов неполного сгорания топлива. Из числа 280 соединений отработанного газа особую опасность представляет бенз[а]пирен [2].

Бенз[а]пирен относится к классу полициклических ароматических углеводородов (ПАУ), к канцерогенам 1 класса опасности [5]. По данным Агентства по охране окружающей среды США и Европы (ЕРА) 16 соединений этого класса относятся к нормируемым соединениям в объектах ОС [6]. Одним из показателей топлива Евро-5 является невысокое содержание ПАУ (не более 11 мас. % по ГОСТ Р 52368-2005).

Целью исследования было изучение содержания свинца в дизельном топливе, бензинах марок АИ-92 и АИ-95, а также содержания ПАУ в вышеперечисленных топливах и продуктах горения (сажа) бензинов.

Содержание свинца определяли методом инверсионной вольтамперометрии (ИВА). Пробоподготовку образцов бензинов и ДТ осуществили путем «мокрой» минерализации [7]. Для исследования использовали пробу объемом 0,5 мл. Массовую концентрацию свинца в пробе определяли по методу добавки аттестованной смеси (рис. 1)

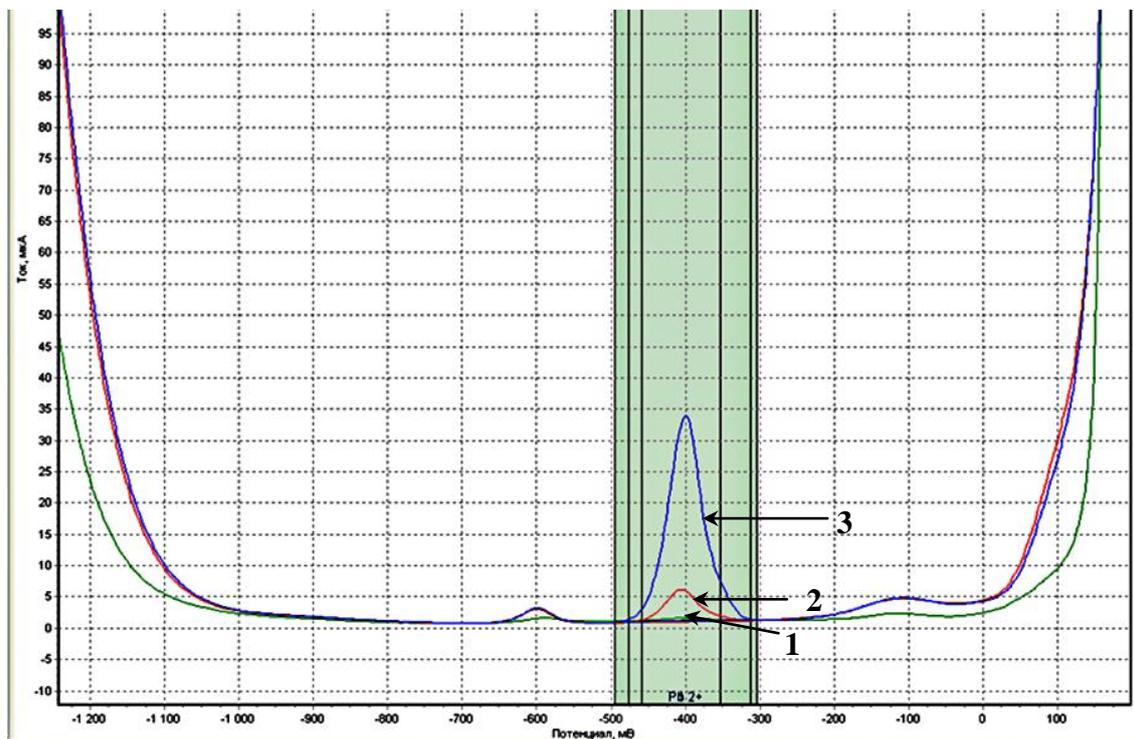


Рис. 1. Вольтамперограмма пробы АИ-92

*Примечание:* холостая проба – 1 (зеленый цвет); ионы свинца в исследуемой пробе – 2 (красный цвет); добавка ионов свинца – 3 (синий цвет).

Результаты анализа приведены на рисунке 2. Результаты исследований сравнивали с ГОСТ 2084-77. По нормативному документу содержание свинца в неэтилированных бензинах не должно превышать 0,013 мг/дм<sup>3</sup>.

По результатам анализа, содержание свинца в образцах автомобильного топлива варьировало от 0,06 до 0,20 мг/дм<sup>3</sup>, что выше норматива. В пробах бензина марки АИ-92 содержание свинца было максимальным и составило

$0,20 \pm 0,04$  мг/дм<sup>3</sup>, что в 15,4 раза превышает ГОСТ. В ДТ содержание свинца было меньше:  $0,11 \pm 0,02$  мг/дм<sup>3</sup>. Минимальным содержанием свинца ( $0,06$  мг/дм<sup>3</sup>) характеризуется образцы бензина марки АИ-95.

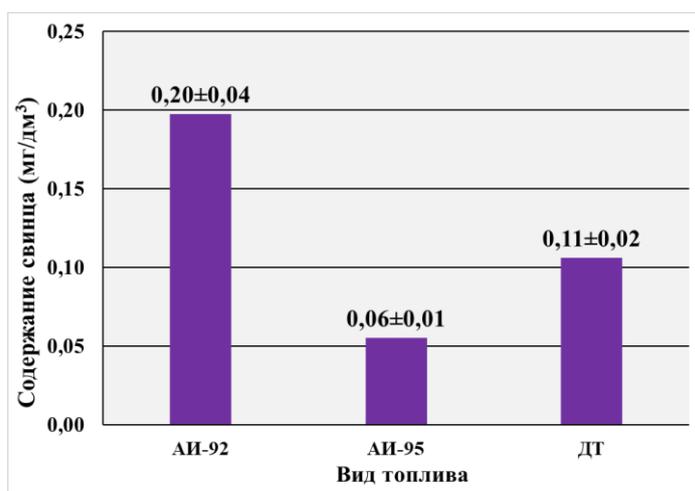


Рис. 2. Содержание свинца в образцах топлива

Примечание: ДТ – дизельное топливо.

Определение ПАУ в образцах проводили методом высокоэффективной жидкостной хроматографии по методике ПНД Ф 16.1:2:2.2:3.39-03. Для исследования сырого ДТ, бензина и сажи использовали образцы объемом 1 мл. Для получения сажи бензин сжигали в фарфоровой чашке, закрытой сверху стеклянной воронкой.

Продукты горения бензина смывали с чашки и воронки ватным тампоном, вымоченным в дихлорметане. Ватный тампон заливали 20–25 мл дихлорметана, затем проводили экстрагирование ПАУ встряхиванием в течение 20 мин. Для очистки образцов экстрактов ПАУ из сажи использовали хроматографическую колонку с оксидом алюминия в качестве адсорбента. Элюат упаривали досуха в вакууме при температуре 40–50 °С. Сухой остаток растворяли в подвижной фазе, оставляли на 15 мин и подвергали хроматографическому анализу.

Сжечь дизельное топливо при комнатных условиях не удалось. Топливная система дизеля значительно сложнее, чем карбюраторного двигателя. Топливо в камере сгорания впрыскивается под давлением 10–150 МПа. Температура воздуха в конце сжатия повышается до 770–870 К. При этом топливо мелко распыливается, испаряется и перемешивается с воздухом, образуя горючую смесь. Процесс сгорания начинается с самовоспламенения смеси при высокой температуре, которая достигается в процессе сжатия воздуха. Тогда температура самовоспламенения дизельного топлива колеблется в диапазоне от 300 до 330 °С [8]. При отсутствии вышеперечисленных факторов (давление, температура) в условиях лаборатории ДТ не удалось подвергнуть воспламенению в фарфоровой чашке.

Результаты анализа по содержанию ПАУ (в расчёте на массу образца) представлены в таблице.

**Содержание ПАУ в дизельном топливе, бензинах различных марок и продуктах их сгорания (сажа), в мг/кг**

ПАУ	Дизельное топливо	АИ-92		АИ-95	
		бензин	сажа	бензин	сажа
Пирен	*	0,040	0,068	0,011	0,088
Хризен	0,050	0,200	0,041	0,080	0,170
Бенз[b]флуорантен	*	0,096	0,520	0,043	*
Бенз[k]флуорантен	0,005	0,038	0,340	0,021	0,150
Бенз[a]пирен	0,028±0,011	0,17±0,05	0,59±0,17	0,085±0,024	0,36±0,10
Дибенз[a]антрацен	*	0,046	0,300	0,027	0,098
Бенз[g,h,i]перилен	0,045	0,104	1,000	0,047	0,023

*Примечание:* \* – хроматографический пик не идентифицирован.

В ходе анализа было идентифицировано и количественно определено 7 представителей ПАУ в составе ДТ, бензинов и в продуктах сгорания бензинов. В свою очередь такие соединения, как пирен, бенз[b]флуорантен и дибенз[a]антрацен, не идентифицированы хроматографическим методом в образце ДТ [9]. Минимальное содержание хризена установлено для пробы ДТ, оно в 4 и 1,6 раза меньше, чем для проб бензина АИ-92 и АИ-95. Среди сырого топлива наибольшим содержанием бенз[k]флуорантена отличался образец бензина АИ-92 (0,038 мг/кг), наименьшим – образец ДТ (0,005 мг/кг).

Максимальное содержание бенз[a]пирена в топливах установлено для пробы бензина АИ-92 (0,028±0,011 мг/кг), в два раза меньше его было содержание в пробе бензина АИ-95 (0,085±0,024 мг/кг). Дизельное топливо, по сравнению с бензинами, содержало меньше бенз[a]пирена (0,028±0,011 мг/кг) и других ПАУ, в связи с чем его можно считать более экологичным видом топлива.

Установлено, что в продуктах сгорания бензина содержание ПАУ значительно выше, чем в самом бензине (от 1,7 до 9,6 раза), что свидетельствует об образовании исследуемых веществ при сжигании. Установлено, что бензин марки АИ-95 содержит меньше в 1,7–3,6 раза ПАУ, чем АИ-92.

Исследование показало, что существенно больше бенз[a]пирена содержится в образце бензина АИ-92 и в продукте его сгорания. В сыром бензине содержание токсиканта составляет 0,17±0,05 мг/кг, что в 2 раза превышает содержание в пробе АИ-95 (0,085±0,024 мг/кг). В продукте сгорания бензина АИ-92 также наблюдается превышение содержания бенз[a]пирена в 1,64 раза по сравнению с АИ-95.

В саже бензина АИ-95 содержится больше легких ПАУ (пирен, хризен), чем в саже бензина АИ-92. Содержание тяжелых ПАУ (бенз[b]флуорантен, бенз[k]флуорантен, бенз[a]пирен, дибенз[a]антрацен, бенз[g,h,i]перилен) в АИ-92 существенно больше по сравнению с АИ-95.

Таким образом, в ходе работы была дана оценка содержания свинца и 7 ПАУ в дизельном топливе, в бензине марок АИ-92, АИ-95 и в продуктах их сгорания. Методом инверсионной вольтамперометрии установлено, что со-

держание свинца в образцах автомобильного топлива превышает установленный ГОСТом норматив в 4,6–15,4 раза. Максимальным содержанием свинца характеризуется бензин марки АИ-92, средним – ДТ, минимальным – бензин АИ-95.

По полученным результатам, наиболее экологичным видом топлива является дизельное топливо, в котором содержатся небольшие количества ПАУ. При сжигании бензина содержание ПАУ увеличивается. Бензин марки АИ-95 и продукты его сгорания содержат меньше ПАУ, чем АИ-92. Подобного рода исследования можно использовать для комплексной оценки качества бензина и других видов топлив.

*Работа выполнена в рамках государственного задания Института биологии Коми НЦ УрО РАН по теме «Оценка и прогноз отсроченного техногенного воздействия на природные и трансформированные экосистемы подзоны южной тайги» № 0414-2018-0003.*

#### **Библиографический список**

1. Петровская А. С. Исследования качества и экологической безопасности топлив и смазочных материалов // Выпускная квалификационная работа ЮУрГУ. 2017. 103 с.
2. Новикова С. А. Влияние качества нефтепродуктов АЗС на загрязнение атмосферного воздуха г. Иркутска // Серия «Науки о Земле». 2015. Т. 14. С. 68–90.
3. Федеральный закон «О запрете производства и оборота этилированного автомобильного бензина в Российской Федерации» от 22.03.2003 N 34-ФЗ.
4. Карелина А. С., Виноградов О. В. Влияние металлов в составе нефтяных топлив на работу сельскохозяйственной техники // Управление рисками в АПК. 2016. № 4. С. 32–39.
5. ГН 12.1.007-76. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности. М. : Министерство химической промышленности, 2007. 7 с.
6. Bellah O. P., Lesego C. M., Nelson T. Analysis of polycyclic aromatic hydrocarbons in soil with Agilent bond elut HPLC-FLD. Agilent technologies, 2012. 7 p.
7. МУ 08-47/114. Бензины автомобильные. Инфериционно-вольтамперометрический метод определения массовой концентрации свинца. Томск : Томский политехнический университет, 2006. 41 с.
8. Гуреев А. А., Фукс И. Г., Лашхи В. Л. Химмотология. М. : Химия, 1986. 368 с.
9. Абдухалилов О. М., Скугорева С. Г. Исследование содержание полициклических ароматических углеводородов в автомобильном топливе // Экология родного края: проблемы и пути их решения : материалы XV Всерос. с междунар. участием науч.-практ. конф. Киров : ВятГУ, 2020. Кн. 1 С. 126–129.

## СЕКЦИЯ 2

# МЕТОДЫ БИОДИАГНОСТИКИ В ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

### ГЕНЫ АНТИБИОТИКОРЕЗИСТЕНТНОСТИ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ АЗОВСКОГО МОРЯ

*Л. Е. Хмелевцова<sup>1</sup>, А. И. Мозговая<sup>1</sup>, Т. Н. Ажогина<sup>1</sup>,  
А. А. К. Аль-Раммахи<sup>2</sup>, И. С. Сазыкин<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Южный федеральный университет,  
*lehmelevcova@sfedu.ru, anasyu@sfedu.ru, tazhogina@sfedu.ru, issa@sfedu.ru*

<sup>2</sup> Технический университет им. Аль-Фурата Аль-Авсама,  
*ameer.iraq1982@gmail.com*

В данной статье представлены результаты исследования содержания генов антибиотикорезистентности (АРГ) в донных отложениях Азовского моря. Определен спектр и частота встречаемости клинически значимых детерминант резистентности, присутствующих в разных районах Азовского моря. Выявлены наиболее загрязненные АРГ станции отбора.

Ключевые слова: донные отложения, гены антибиотикорезистентности, антибиотикорезистентные бактерии, Азовское море.

Устойчивость бактерий к антибиотикам является общемировой проблемой. Неконтролируемое использование антимикробных препаратов в медицине, сельском хозяйстве, аквакультуре способствует распространению детерминант резистентности и появлению мультирезистентных штаммов. Более того, гены антибиотикорезистентности признаны новым видом поллютантов [1]. Большое значение в появлении и распространении антибиотикостойчивости имеют водные экосистемы [2]. Присутствующие в воде автотонные бактерии смешиваются и обмениваются генетическим материалом (гены, мобильные элементы) с аллохтонной микрофлорой различного происхождения, в результате чего развивается устойчивость к антибиотикам. Этот процесс может ускоряться поллютантами – антибиотиками, тяжелыми металлами, моющими средствами и т. д. [3]. Они попадают в воду часто в огромных количествах, нанося экологический ущерб водным сообществам и способствуя отбору наиболее устойчивых штаммов. Донные отложения способны аккумулировать поллютанты, в результате чего их концентрация становится намного выше, чем в водной толще. В дальнейшем это может привести к вторичному загрязнению придонных слоев воды в ходе десорбции загрязняющих веществ [4]. Изучение устойчивости к антибиотикам у микроор-

ганизмов водных объектов, и в частности, донных отложений, является важной задачей, поскольку это может указывать на степень изменения водных экосистем в результате антропогенного воздействия. Несмотря на всю важность, количество российских исследований, посвященных антибиотикорезистентности в природных сообществах, крайне мало. Резистом Азовского моря ранее никогда не изучался, поэтому данное исследование является актуальным.

Были исследованы 32 образца донных отложений, отобранных в 6 районах Азовского моря (8 станций отбора – в Таганрогском заливе; 4 – в Северном, 3 – в Западном, 6 – в Центральном, 3 – в Южном и 8 – в Восточном районах). Из образцов была выделена тотальная ДНК с помощью модифицированного фенол-хлороформного метода [5]. Наличие клинически значимых генов антибиотикорезистентности оценивали с помощью проведения реакции ПЦР. Были использованы наборы реактивов производства НПФ «Литех» (Россия) для определения генов устойчивости к карбапенемам (*VIM*, *NDM*, *OXA-48*), цефалоспорином (*MecA*) и гликопептидам (*VanA*, *VanB*). Детекцию продуктов амплификации осуществляли методом электрофореза в 1,2% агарозном геле.

Исследование образцов донных отложений Азовского моря показало отсутствие генов *MecA*, обеспечивающих устойчивость к цефалоспорином (в частности – метициллину), а также генов *OXA-48*, кодирующих один из кластеров *OXA*- $\beta$ -лактамаз с карбапенемазной активностью. Всего в одной пробе (№ 18) обнаружены гены карбапенемазы *VIM*.

Преобладающими детерминантами антибиотикорезистентности в донных отложениях Азовского моря являлись гены устойчивости к гликопептидам. Гены *VanA*, кодирующие резистентность к ванкомицину, были обнаружены в наибольшем количестве проб – 37,5%. Немного реже встречались гены *VanB*, которые обуславливают устойчивость к тейкопланину – в 31,25% всех проб.

Наличие генов *NDM* (New Delhi metallo-beta-lactamase), обеспечивающих устойчивость бактерий практически ко всем антибиотикам  $\beta$ -лактамного ряда (включая карбапенемы), было обнаружено более чем в трети проб (37,5%).

Наиболее загрязненными районами Азовского моря являются Центральный район (8 положительных проб, обнаружено наибольшее разнообразие генов резистентности – *VIM*, *VanA*, *VanB*, *NDM*) и Таганрогский залив (7 положительных проб, наиболее часто встречалось загрязнение генами *VanA*). Меньшее количество положительных проб было детектировано в Северном и Восточном районах (по 6 положительных проб), а также в Южном (4). Меньше всего положительных проб, содержащих гены антибиотикорезистентности, было детектировано в Западном районе Азовского моря.

Азовское море в значительной мере подвержено антропогенному воздействию в связи с интенсивным судоходством и плотной заселенностью его побережья. Тем не менее, в результате данного исследования было показано,

что в ряде станций отбора не зафиксировано наличия генов резистентности к антибиотикам. Однако целесообразно расширение спектра изучаемых генов в дальнейших исследованиях для получения более объективной картины.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках государственного задания в сфере научной деятельности № 0852-2020-0029.*

#### **Библиографический список**

1. Antibiotic resistance genes as emerging contaminants: studies in northern Colorado / A. Pruden, R. Pei, H. Storteboom, K. H. Carlson // *Environmental Science & Technology*. 2006. Vol. 40, No. 23. P. 7445–7450. doi: 10.1021/es060413l
2. Marti E., Variatza E., Balcazar J. L. The role of aquatic ecosystems as reservoirs of antibiotic resistance // *Trends in Microbiology*. 2014. Vol. 22, No. 1. P. 36–41. doi: 10.1016/j.tim.2013.11.001.
3. Gorovtsov A. V., Sazykin I. S., Sazykina M. A. The influence of heavy metals, polyaromatic hydrocarbons, and polychlorinated biphenyls pollution on the development of antibiotic resistance in soils // *Environmental Science and Pollution Research*. doi: 10.1007/s11356-018-1465-9
4. Количественная и качественная оценка роли донных отложений в процессах формирования состава контактирующих с ними водных масс / Т. Н. Михеева, Г. Ф. Шайдулина, А. Н. Кутлиахметов, В. И. Сафарова, Ф. Х. Кудашева, В. С. Курбангалеев // *Георесурсы*. 2012. Т. 8, № 50. С. 51–56.
5. Occurrence of antibiotic resistance genes in sewages of Rostov-on-Don and lower Don River / I. S. Sazykin, E. Yu. Seliverstova, L. E. Khmelevtsova, T. N. Azhogina, E. M. Kudeevskaya, M. I. Khammami, N. V. Gnennaya, A. A. K. Al-Rammahi, A. V. Rakin, M. A. Sazykina // *Theoretical and Applied Ecology*. 2019. Vol. 2019, No. 4. P. 76–82. doi: 10.25750/1995-4301-2019-4-076-082

### **ГЕНОТОКСИЧНОСТЬ ВОДЫ АЗОВСКОГО МОРЯ**

*Ш. К. Карчава<sup>1</sup>, А. А. К. Аль-Раммахи<sup>3</sup>, М. В. Климова<sup>1</sup>,  
Л. Е. Хмелевцова<sup>1</sup>, Т. О. Барабашин<sup>1,2</sup>, М. А. Сазыкина<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Южный федеральный университет,  
*skarchava@sfnu.ru, mzhuravleva@sfnu.ru, lehmelevco-  
va@sfnu.ru, samara@sfnu.ru,*

<sup>2</sup> Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»),  
*tobarabashin@sfnu.ru,*

<sup>3</sup> Технологический университет им. Аль-Фурат Аль-Авсам, г. Наджаф, Ирак,  
*ameer.iraq1982@gmail.ru*

В работе представлены результаты исследования генотоксичности воды Азовского моря. Было исследовано 32 образца воды. Определены наиболее загрязненные образцы воды Азовского моря веществами, обладающими промутагенными эффектами.

Ключевые слова: поллютанты, генотоксичность, биолюминесцентные бактерии.

Известным фактом является то, что поверхностные воды в наибольшей мере подвержены промышленному, сельскохозяйственному и бытовому загрязнению. Эти объекты являются важнейшим компонентом окружающей природной среды, ограниченным и уязвимым природным ресурсом.

Глобальное загрязнение окружающей среды давно привело к снижению естественной продуктивности водных экосистем не менее, чем на 10% в Мировом океане и на 30% – во внутренних водоемах. Азовское море по степени загрязнения значительно превосходит все другие морские водоемы страны [1]. Небольшая по площади акватория Азовского моря испытывает колоссальные токсикологические нагрузки [2]. Перечень загрязняющих веществ разных классов, обнаруживаемых в воде и донных отложениях Азовского моря, весьма широк и к настоящему времени составляет порядка 300 соединений [1].

В связи с этим, мониторинг загрязнения водных экосистем необходим для оценки и возможности прогнозирования негативных последствий для человека.

Широко распространенные аналитические методы исследования не позволяют обнаруживать биологические эффекты с помощью химического анализа. Химическая характеристика анализируемых поллютантов не всегда может обеспечить оценку их токсичности и установить степень опасности для живых организмов.

В связи с вышесказанным, необходимо использование методов биотестирования. Значительную информативную ценность представляет биотестирование токсикологической опасности компонентов экосистемы с использованием различных биосенсоров. Особенно актуально внедрение биотестирования в системе мониторинга морских экосистем и контроля за потенциальными источниками загрязнения [3, 4]. Недорогой и чувствительный метод, основанный на использовании светящихся бактерий, является экспрессным и весьма информативным. Биосенсоры представляют собой системы, изменения физиологических реакций живого объекта в которых тестируются в режиме реального времени при помощи электронного устройства [5, 6]. Высокая чувствительность данных тест-систем и их способность определять широкий спектр токсичных веществ в образцах объектов окружающей среды позволяет использовать тесты на основе биолюминесцентных бактерий для первичного анализа большого массива природных образцов с целью последующего скрининга наиболее токсичных образцов и их исследования с помощью химического анализа [7].

Целью данной работы являлась оценка генотоксичности воды Азовского моря.

Материалом исследования являлись 32 образца воды, отобранные в различных районах Азовского моря осенью 2019 года.

Для контроля генотоксичности использовались биосенсоры *E. coli* MG1655 (pColD-lux) и *E. coli* MG1655 (pRecA-lux). Данные биосенсорные штаммы отвечают усилением биолюминесцентного ответа в присутствии ве-

ществ, вызывающих повреждение. Мерой токсичности служил фактор индукции ( $I$ ), рассчитываемый как отношение билюминесценции опытной пробы к билюминесценции контрольной пробы. При достоверном отличии опыта от контроля  $I < 2$ , обнаруженный токсический эффект оценивался как «слабый», при  $2 < I < 10$  – как «средний», при  $I > 10$  – как «сильный».

Результаты исследований образцов воды Азовского моря с помощью штаммов *E. coli* MG1655 (pColD-lux) и *E. coli* MG1655 (pRecA-lux) показали отсутствие генотоксичных проб в исследуемых образцах. Данный факт свидетельствует об отсутствии в образцах прямых мутагенов.

Тем не менее, при тестировании проб воды с сенсорным штаммом *E. coli* MG1655 (pColD-lux) в условиях метаболической активации генотоксический эффект слабой и средней силы наблюдался в 8 из 32 образцов. Максимальный фактор индукции составил 2,23.

В 28 из 32 образцов при использовании штамма *E. coli* MG1655 (pRecA-lux) был обнаружен генотоксический эффект средней силы, что подтверждает факт присутствия в исследуемых пробах веществ, обладающих промутагенной активностью. Максимальный фактор индукции составил 5,7.

Полученные результаты свидетельствуют о загрязнении практически всех образцов воды Азовского моря промутагенными веществами. Это подтверждает необходимость постоянного мониторинга морских экосистем, так как анализ генотоксичности воды даёт возможность оценить отдалённые последствия загрязнения водоёмов мутагенными веществами, которые передаются по пищевым цепям, накапливаются в опасных количествах и влияют на популяции гидробионтов и водные экосистемы в целом.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке науки и высшего образования РФ в рамках государственного задания научной деятельности № 0852-2020-0029.*

#### **Библиографический список**

1. Кленкин А. А., Кораблина И. В., Корпакова И. Г. Характеристика современного уровня загрязнения воды и донных отложений Азовского моря тяжелыми металлами // *Экология и промышленность России*. 2007. № 5. С. 30–33.
2. Оценка токсичности среды обитания в юго-восточной части Азовского моря методами биологического тестирования / И. Г. Корпакова, И. Е. Цыбульский, Д. Ф. Афанасьев, А. Ю. Виноградов, М. А. Сазыкина, С. Ю. Чередников, Т. О. Барабашин // *Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе*. 2008. № 11. С. 62–69.
3. Данилов В. С., Егоров Н. С. Бактериальная билюминесценция. М. : МГУ, 1985. 298 с.
4. Дятлов С. Е. Роль и место биотестирования в комплексном мониторинге загрязнения морской среды // *Экология моря*. 2000. № 51. 83–87 с.
5. Сазыкина М. А., Мирина Е. А., Сазыкин И. С. Использование биосенсоров для детекции антропогенного загрязнения природных вод // *Вода: Химия и экология*. 2015. № 10. С. 67–79.
6. Assessing contamination in sturgeons grown in recirculating aquaculture system by lux-biosensors and metal accumulation / A. Y. Sönmez, M. Sazykina, S. Bilen, N. Gültepe, I. Sazykin, L. E. Khmelevtsova, N. V. Kostina // *Fresenius Environmental Bulletin*. 2016. No. 4. P. 1028–1037.

7. Biosensor-based comparison of the ecotoxicological contamination of the wastewaters of Southern Russia and Southern Germany / I. S. Sazykin, M. A. Sazykina, L. E. Khmelevtsova, E. A. Mirina, E. M. Kudееvskaya, E. A. Rogulin, A. V. Rakin // International Journal of Environmental Science and Technology. 2016. No. 13. P. 945–954. doi: 10.1007/s13762-016-0936-0

## **ДНК-ШТРИХКОДИРОВАНИЕ ВИДОВ-БИОИНДИКАТОРОВ: ОСОБЕННОСТИ И ПОДХОДЫ**

*Д. В. Попыванов*

*ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока им. Н. В. Рудницкого, lfast@mail.com*

В статье представлен обзор используемых в настоящее время ДНК-штрихкодов, а также требования, выдвигаемые к ДНК-штрихкодам, используемым как референсные. Кратко описаны этапы выполнения работ для молекулярной идентификации методом ДНК-штрихкодов.

Ключевые слова: ДНК-штрихкодирование, баркодинг, ПЦР, молекулярная идентификация.

«Штрих код жизни» (Barcode of Life Initiative) – проект, являющийся логичным продолжением программы «Геном человека», направленный на создание глобальной базы данных определенных участков генома размером до 600–800 пар нуклеотидов, подобранных таким образом, что их последовательность будет одинакова у особей одного вида и разной у разных видов. Определив последовательность этого участка ДНК у организма и загрузив последовательность в специальную электронную базу данных (библиотеку штрихкодов), в которой будут содержаться сведения о последовательностях этого участка у всех видов, любой пользователь сможет узнать, к какому виду относится организм. Такие участки ДНК и называют ДНК-штрихкодом (DNA-barcode) [1–3].

Инициаторы ДНК-штрихкодирования основывались на том, что последовательности ДНК, выбираемые в качестве образцовых, должны быть: 1) короткими – не более 700–800 пар нуклеотидов для облегчения выделения, амплификации и секвенирования; 2) достаточно консервативными, что позволяло бы амплифицировать их с широкоспецифичными праймерами, но в то же время достаточно вариабельными, чтобы различить близкородственные виды; 3) легко выравниваться, т.е. содержать мало генетических нарушений (инделей).

В качестве стандартного участка был предложен 5'-фрагмент субъединицы 1 митохондриального белок-кодирующего гена цитохром С оксидазы (CO1 или *cox1*), которая активно изучается уже более 20 лет, и ее вариабельность на низких таксономических уровнях была достаточной [4]. Митохондриальные гены пользуются популярностью в молекулярной систематике животных по нескольким причинам: их легче выделить, чем ядерные (особенно

из поврежденного материала), так как в каждой клетке 100–10000 митохондрий. Уровень различий последовательностей митохондриальной ДНК у животных в 5–10 раз больше, чем ядерной ДНК, что позволяет использовать более короткие участки и ведет к удешевлению метода. Митохондриальные гены редко содержат некодирующие участки – интроны (исключение составляют грибы). Ген CO1 присутствует во всех исследованных митохондриальных геномах, включает в себя около 1540 нуклеотидов, но для сравнительных исследований обычно используется более вариабельная часть в 5'-области – около 650 п.н., что является достаточным. Этот участок легко амплифицируется с помощью стандартных праймеров [5].

Позже стало известно, что первоначально предложенный стандартный ДНК-штрихкод для животных – *cox1* не может быть использован как штрихкод для растений и грибов из-за очень низкой изменчивости, что приводило к невозможности различать виды по этому штрихкоду [6]. В настоящее время установлено, что для растений ДНК-штрихкоды выбираются из четырех геномных областей, а именно: ITS (ITS2) – из ядерного генома и *matK*, *rbcL* и *psbA-trnH* – из хлоропластного генома [7].

В качестве основного молекулярного маркера для грибов также была предложена ITS последовательность, как соответствующая всем вышеперечисленным требованиям [8–10]. ITS – внутренний транскрибируемый спейсер рРНК, достаточно быстро эволюционирующий, по сравнению с другими консервативными участками рРНК, кроме того ITS используется филогенетиками уже более 20 лет, что позволяет использовать уже готовые обширные базы данных для идентификации. Пространственно ITS область находится в цитроне эукариотической рРНК между генами 18S и 28S рРНК, включая в себя 5,8S ген [10].

Существует более 10 баз данных по ДНК – штрихкодам фрагмента ITS грибов [11]. Для более точной идентификации на видовом уровне дополнительно используются так называемые вторичные ДНК-штрихкоды, имеющие большее разрешение, чем фрагмент ITS, в частности – различные участки генов *RPB1*, *RPB2*, *tub2/BenA* [8, 12].

Порядок действий при выполнении ДНК-штрихкодирования включает в себя несколько этапов. Первый этап – выделение ДНК из культуры исследуемого объекта, второй этап – подбор необходимых праймеров и амплификация искомого фрагмента (постановка ПЦР-реакции). На третьем этапе выполняется секвенирование полученной последовательности. Четвертый этап – использование электронной базы данных последовательностей, выбор которой зависит от исследуемого объекта. Сравнение нуклеотидной последовательности, полученной на этапе секвенирования, с референсной, загруженной исследователями ранее, выполняется за несколько секунд. В итоге, при совпадении последовательностей, выдается название организма. Случаи, когда загруженные последовательности не определяются, свидетельствуют об отсутствии в базе данных таких ДНК-штрихкодов. Именно поэтому необ-

ходимо проведение широкомасштабных исследований по секвенированию заранее обозначенных областей генома (например, ITS-область, CO1 и т. д.).

В настоящее время ведется работа по большим проектам «Все птицы» (около 10000 видов), «Рыбы» (около 30000 видов), «Все бабочки» (уже исследовано около 10000 видов), проекты по насекомым-вредителям – плодовым мушкам (около 2000 видов) и комарам (около 3000 видов), а также по нескольким региональным проектам (<http://www.boldsystems.org>) [2].

Создание обширных баз данных нуклеотидных последовательностей, подвергающихся постоянной проверке на достоверность – необходимое условие для точного определения видов методом ДНК-штрихкодирования.

Использование молекулярных методов в биоиндикации позволяет определять виды, имеющие значительную морфологическую изменчивость (например, грибы), идентифицировать организмы независимо от стадии жизненного цикла (у растений – при отсутствии листьев и цветков, у насекомых – в стадии личинки и т. д.). Кроме того, ДНК-штрихкодирование является перспективным и для изучения таксономического разнообразия в целях экологического мониторинга (например, разнообразие нематод сильно снижается при загрязнении).

#### **Библиографический список**

1. Biological identifications through DNA barcodes / P. Hebert, A. Cywinska, S. L. Ball, J. R. deWaardet // *Proceedings of the Royal Society London, Biological Science*. 2003. Vol. 270, No. 2. P. 313–321. doi: 10.1098/rspb.2002.2218
2. Шнеер В. С. ДНК-штрихкодирование видов животных и растений – способ их молекулярной идентификации и изучения биоразнообразия // *Журнал общей биологии*. 2009. Т. 70. № 4. С. 296–315.
3. Шнырева А. В. Геносистематика и концепция вида у грибов // *Концепции вида у грибов: новый взгляд на старые проблемы : материалы VIII Всерос. микологической школы-конф. с междунар. участием / под ред. А. В. Куракова. Звенигородская биостанция МГУ им. С. Н. Скадовского. М. : УФА : ООО «Первая Типография», 2017. С. 55–58.*
4. Moore W. S. Inferring phylogenies from mtDNA variation: mitochondrial-gene trees versus nuclear-gene trees // *Evolution*. 1995. Vol. 49. No. 4. P. 718–726. doi: 10.1111/j.1558-5646.1995.tb02308.x
5. DNA primers for amplification of mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I from diverse metazoan invertebrates / O. Folmer, M. Black, W. Hoeh, R. Lutz, R. Vriegenhoek // *Molecular marine biology and biotechnology*. 1994. Vol. 3. P. 294–299.
6. Hollingsworth P. M., Graham S. W., Little D. P. Choosing and using a plant DNA barcode // *PLoS One*. 2011. Vol. 6. P. e19254. doi: 10.1371/journal.pone.0019254
7. Современное состояние и перспективы использования ДНК-штрихкодирования и ДНК-фингерпринтинга для анализа качества лекарственного растительного сырья и лекарственных растительных препаратов / Е. В. Жохова, А. В. Родионов, М. Н. Повыдыш, М. Ю. Гончаров, Я. А. Протасова, Г. П. Яковлев // *Успехи современной биологии*. 2019. Т. 139. № 1. С. 25–140.
8. Fungal identification using molecular tools: a primer for the natural products research community / H. A. Raja, A. N. Miller, C. J. Pearce, N. H. Oberlies // *Journal of natural products*. 2017. Vol. 80. No. 3. P. 756–770. doi: 10.1021/acs.jnatprod.6b01085

9. Taxonomic reliability of DNA sequences in public sequence databases: a fungal perspective / R. H. Nilsson, M. Ryberg, E. Kristiansson, K. Abarenkov, K. H. Larsson, U. Kõljalg // PloS one. 2006. Vol. 1. No. 1. P. e59. doi: 10.1371/journal.pone.0000059.t001
10. Nuclear ribosomal internal transcribed spacer (ITS) region as a universal DNA barcode marker for fungi / C. L. Schoch, K. A. Seifert, S. Huhndorf, V. Robert, J. L. Spouge, C. A. Levesque, W. Chen and Fungal Barcoding Consortium // Proceedings of the National Academy of Sciences. 2012. Vol. 109. No. 16. P. 6241–6246. doi: 10.1073/pnas.1117018109
11. Yahr R., Schoch C. L., Dentinger B. T. M. Scaling up discovery of hidden diversity in fungi: impacts of barcoding approaches // Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences. 2016. Vol. 371. No. 1702. P. 20150336. doi: 10.1098/rstb.2015.0336
12. Развитие концепции баркодинга грибов / О. В. Василенко, Н. Е. Иванушкина, И. П. Стародумова, Г. А. Кочкина, А. А. Данилогорская, И. П. Пинчук, М. В. Телков, С. М. Озерская // Биохимия, физиология и биосферная роль микроорганизмов : V Пущинская школа-конф. 2018. С. 73–76.

## ГИСТОЛОГИЧЕСКИЕ МАРКЕРЫ ЭМБРИОНАЛЬНОГО АППАРАТА ФИТОИНДИКАТОРОВ ДОНБАССА

*А. И. Сафонов*

*Донецкий национальный университет, a.safonov@donnu.ru*

Представлены результаты гистологических данных об особенностях строения эмбрионального аппарата видов растений, для которых ранее была выявлена индикационная значимость для экологического мониторинга в Донбассе. Полученные результаты рекомендовано использовать для проведения экспресс-оценки уровня и специфики техногенной нагрузки на природные экотопы степной зоны Северного Приазовья.

Ключевые слова: фитоиндикация, антропогенная трансформация экотопов, экологический мониторинг, Донбасс.

Индустриальный Донбасс представляет собой территориальный конгломерат контрастных негеохимических условий и рассматривается учеными-экологами как открытая многоуровневая и функциональная лаборатория [1–3], в которой реализуются всевозможные сценарии экспериментов над живыми объектами в стрессовых условиях антропогенно трансформированной среды [2, 4–6]: от острого опыта до хронических остаточных эффектов [3, 7]. Вопросы выживания растений в неблагоприятных условиях [8], выявления индикационных свойств растительных организмов [9], проведения фитомониторинговых исследований [10] и получения квантификационных характеристик состояния природных сред [11] являются также актуальными для современной мировой науки. Эмбриональные структуры растений-индикаторов могут рассматриваться как информативные критерии в биодиагностике экотопов Донбасса [12], что требует дальнейшей детализации исследований.

Цель работы – из полученного перечня структурных трансформаций эмбрионального аппарата растений Донбасса выделить те, которые отражают тенденцию изменений; рассмотреть эти признаки на гистологическом уровне как маркерные в полевом экологическом мониторинге.

Для взаимной достоверной компенсации регистрировали признаки матрикальности и гетероспермии как в фенопаузу первичного эмбрионального дифференцирования, так и при прорастании семян после периода покоя, поскольку на первом этапе важны были показатели наличия того или иного тканевого образования в склонности к фенотипической трансформации. Задача инициативно сводилась к идентификации специализированных клеток в определенных тканях на постмеристематических этапах; таким способом были определены следующие гистологические элементы: дерматоген, протодермальные образования с разных (боковых) сторон зародыша, гиалиновая оболочка с кутикулой нуцеллуса и интегумента, непосредственно интегументные ткани или 1–2-клеточные, 1–2-слойные прерывистые их остатки, слой внешнего эндосперма. В многофакторном статистическом корреляционном эксперименте учитывали семенной материал, имеющий привязку к конкретному геолокалитету с определенными вещественно-аналитическими характеристиками экотопа: уровнем загрязнения (из перечня приоритетных токсикантов в регионе) и степени трансформации (преимущественно механической нарушенности) природной системы. В полученную сводку вошли данные с 1998 по 2020 гг.

Если выявлять признаки по сопряженности с индикаторной значимостью, то функциональным критерием определены случаи регистрации нетипичности (аномальности, тератности) в строении конформационных тканей зародышевой системы – эмбрионального аппарата.

Примеры прозенхимной деградации дерматогена характерны для видов: *Berteroa incana* (L.) DC., *Centaurea diffusa* Lam., *Cirsium arvense* (L.) Scop., *Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch.Bip., *Artemisia absinthium* L., *Amaranthus albus* L., *Reseda lutea* L., *Digitaria sanguinalis* (L.) Scop., *Erucastrum armoracoides* (Czern. ex Turcz.).

Варианты структурной деградации внешнего эндосперма встречаются у следующих видов растений: *Artemisia absinthium* L., *Centaurea diffusa* Lam., *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik., *Cichorium intybus* L., *Achillea collina* J. Becker ex Rchb., *Diplotaxis tenuifolia* (L.) DC., *Tanacetum vulgare* L., *Daucus carota* L., *Amaranthus albus* L., *Galinsoga parviflora* Cav., *Cirsium arvense* (L.) Scop., *Chelidonium majus* L.

Отсутствие гиалиновых оболочек и, соответственно, кутикулярного слоя интегумента характерно для: *Plantago major* L., *Agrostis stolonifera* L., *Berteroa incana* (L.) DC., *Artemisia vulgaris* L., *Polygonum aviculare* L., *Senecio vulgaris* L., *Hyoscyamus niger* L., *Eupatorium cannabinum* L., *Sonchus arvensis* L., *Chenopodium album* L., *Plantago lanceolata* L., *Galium mollugo* L., *Centaurea diffusa* Lam., *Deschampsia caespitosa* (L.) Beauv.

Обратный предыдущему процесс – разрастание ткани, гомологичной гиалиновой оболочке, зафиксирован в стрессовых условиях у видов растений Донбасса: *Cichorium intybus* L., *Cirsium arvense* (L.) Scop., *Bromopsis inermis* (Leyss.) Holub, *Tanacetum vulgare* L., *Amaranthus retroflexus* L., *Lactuca tatarica* (L.) C. A. Mey., *Achillea collina* J. Becker ex Rchb., *Artemisia absinthium* L., *Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt.) Fresen., *Euphorbia seguieriana* Neck., *Rumex crispus* L., *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik., *Dactylis glomerata* L., *Grindelia squarrosa* (Purch) Dunal, *Tragopogon major* Jacq., *Coniza canadensis* (L.) Crong, *Oberna behen* (L.) Ikonn., *Cynoglossum officinale* L., *Swida alba* Opiz, *Melilotus albus* Medik.

Встречаемость элиминации тканей, идентифицированных как прото-дермальные образования с разных сторон зародыша, позволил констатировать полное недоразвитие семенного материала, не способного к прорастанию, что было отмечено для следующих видов растений: *Diplotaxis muralis* (L.) DC., *Capsella orientalis* Klokov, *Agrostis stolonifera* L., *Arrhenaterum elatius* (L.) J. et C. Presl., *Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch.Bip., *Reseda lutea* L., *Echium vulgare* L., *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle, *Atriplex hortensis* L., *Melilotus officinalis* (L.) Pall. Для учета гистологических особенностей растений, влияющих на показатель матрикальной гетероспермии, наиболее информативны виды растений-индикаторов: *Echinocystis lobata* (Michx.) Torr. & Gray, *Fagopyrum esculentum* Mill. и *Atriplex tatarica* L.

Таким образом, сведения о спектре гистоструктурных преобразований растений-индикаторов являются важным диагностическим звеном в реализуемом за последние годы плановом экологическом мониторинге в донецком экономическом регионе.

#### Библиографический список

1. Глухов А. З., Сафонов А. И. Перспективы проведения фитоиндикационного мониторинга техногенно трансформированных экотопов // Промышленная ботаника. 2002. Т 2. С. 7–14.
2. 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 : Материалы Междунар. научн. конф. (Киров, 16–18 апреля 2019 г.). Киров : ВятГУ, 2019. С. 60–65.
3. Глухов А. З., Сафонов А. И. Экосистемное нормирование по данным фитоиндикационного мониторинга // Донецкие чтения 2016 : Образование, наука и вызовы современности : Материалы 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. Bepalova S. V., Goretsky O. S., Safonov A. I. Determination of bioindicators sensitivity thresholds for ecologically unfavourable environmental factors // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2010. № 1(10). С. 9–25.
5. Сафонов А. И. Сорно-рудеральная фракция урбанофлоры Донецкой агломерации как показатель трансформации локальных экосистем // Трансформация экосистем под воздействием природных и антропогенных факторов : Материалы Междунар. науч. конф. (Киров, 16–18 апреля 2019 г.). Киров : ВятГУ, 2019. С. 13–16.

6. Bepalova S. V., Goretsky O. S., Safonov A. I. The criteria of assessment of ecological state of environment on thresholds of sensitivity of bioindicators // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2011. № 1. С. 25–43.
7. Bepalova S. V., Goretsky O. S., Safonov A. I. Conceptual approaches to standardization in system of environmental biomonitoring // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2013. № 1. С. 8–15.
8. Безель В. С., Жуйкова Т. В., Дуля О. В. Внутривидовая изменчивость металлоустойчивости семенного потомства *Taraxacum officinale* Wigg. s.l.: анализ на основе зависимостей «доза – эффект» // Экология. 2019. № 4. С. 263–269.
9. Panidi E., Trofimetz L., Sokolova J. Application of phyto-indication and radiocesium indicative methods for microrelief mapping // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2016. № 34. P. 12–29.
10. Тамахина А. Я., Ахкубекова А. А. Мониторинг состава растительных сообществ на отвалах из отходов обогащения цветных металлов // Теоретическая и прикладная экология. 2019. № 2. С. 61–67.
11. Зыкова Ю. Н., Скугорева С. Г., Ашихмина Т. Я. Подходы к оценке состояния городских почв методами биотестирования с использованием организмов различной систематической принадлежности и данных химического анализа // Теоретическая и прикладная экология. 2017. № 3. С. 38–46.
12. Сафонов А. И. Фитоэмбриональный скрининг в экологическом мониторинге Донбасса // Зеленый журнал – бюллетень ботанического сада Тверского государственного университета. 2017. Вып. 3. С. 6–14.

## **ПАЛИНОЛОГИЯ РЕВИТАЛЕНТОВ И ТЕРАТЫ ПЫЛЬЦЫ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ ДОНБАССА**

**О. О. Фесенко**

*Донецкий национальный университет, kf.botan@donnu.ru*

Представлены результаты палинологических исследований на территории донецкого экономического региона: выявлены особенности отклонения в строении пыльцевых зёрен некоторых видов растений, определён показатель степени дефектности пыльцы осеннецветущих видов, характеризующихся второй волной цветения в сентябре – октябре после засушливого августа.

Ключевые слова: палинология, фитоиндикация, Донбасс, тератология пыльцевых зёрен, экологический мониторинг.

Пыльцевые зёрна, имеющие значение для фитодиагностики промышленной среды [1–3], характеризуются рядом структурных особенностей проявления аномалий [4, 5]. В системном процессе экологического мониторинга на государственном уровне [6] палинологические исследования играют важную роль [2, 7–10] и требуют продолжения уже начатой работы по современной палинографии фитоиндикаторов Донбасса [2, 11]. На основании ранее проводимых исследований [1, 4, 8, 10] определена важность изучения мужского гаметофита в экологическом мониторинге Северного Приазовья.

Цель работы – выявить спектр тератологических проявлений в структуре пыльцевых зёрен некоторых фитоиндикаторов, а также уточнить морфоти-

пические особенности индикаторных видов растений, имеющих позднее цветение по типу осенней ревитализации.

Для достижения цели были составлены два блока задач: 1) дать вербальное описание тенденциям тератообразования пыльцевых зёрен (табл. 1) некоторых видов растений, произрастающих в неблагоприятных экологических условиях городов Донбасса; 2) установить функциональное состояние пыльцевых зёрен видов растений, имеющих осеннюю ревитализацию в октябре 2019 г. (табл. 2).

Уникальность работы с пыльцевым материалом заключается в получении возможных ежедневно меняющихся данных в параметрах среды – при кризисном экологическом мониторинге, например, в отслеживании залповых несанкционированных выбросов предприятий или иных резких воздействий на природные системы, в том числе, – в результате открытого военного конфликта на территории Донбасса. Морфология и функциональный статус пыльцевого зерна хотя и имеют генетическую обусловленность и таксономическую специфичность, могут ежедневно подвергаться вмешательствам факторов извне, что выводит палинологический аспект мониторинга в категорию экспресс-скрининга кризисных и критических ситуаций состояния биологических систем. Механизм чувствительности и информативности пыльцевых зёрен дикорастущих видов с широкой экологической амплитудой требует обязательного детального изучения и дальнейшего использования в прикладной экологии региона.

По численным данным (табл. 1) наибольший уровень тератогенеза пыльцы зафиксирован *Amaranthus retroflexus* L. и *Centaurea diffusa* Lam., наиболее часто встречающиеся аномалии, важные для диагностических мероприятий: трансформация стереометрии, призматичность, линзовидность, атипичность апертур и изменение формы в рамках стереометрических характеристик.

Таблица 1

### Особенности пыльцевых зёрен по тератообразованию

Вид	Тенденции тератообразования пыльцы	%
<i>Hieracium robustum</i> Fr.	трансформация стереометрии	11
<i>Echium vulgare</i> L.	изменение формы, линзовидность	21
<i>Taraxacum officinale</i> (L.) Webb ex Wigg.	атипичность апертур, изменение формы	18
<i>Atriplex patula</i> L.	атипичность апертур	26
<i>Centaurea diffusa</i> Lam.	призматичность, линзовидность	29
<i>Ambrosia artemisiifolia</i> L.	оптическая неоднородность	9
<i>Artemisia vulgaris</i> L.	дефектность экзины, изменение формы	22
<i>Cyclachaena xanthiifolia</i> (Nutt.) Fresen.	асимметрия в продольной оси, атипичность апертур	15
<i>Diploaxis muralis</i> (L.) DC.	линзовидность, изменение формы	27
<i>Amaranthus retroflexus</i> L.	трансформация стереометрии	30

Таким образом, в общих тенденциях трансформации палиноматериала выделяются некоторые сопряжённые группы тератообразования, которые

связанны со структурно-функциональным адаптациогенезом в ответ на стрессовые условия урбанизированной и промышленной среды.

Установлено, что качественный спектр состояния пыльцевых зёрен цветущих вторично вегетирующих видов в осенний период (табл. 2) экотопически обусловлен и имеет перспективы для расширения фитоиндикационной информации в Донбассе. В проекте: структурный детальный анализ палино-материала.

Таблица 2

**Качественное состояние пыльцевых зерен ревиталентов**

Вид	Степень дефектности пыльцы, %		
	контроль	селитебная территория	промышленная площадка
<i>Achillea nobilis</i> L.	2,0	5,1	16,2
<i>Ambrosia artemisiifolia</i> L.	3,3	6,8	8,0
<i>Artemisia absinthium</i> L.	1,6	7,3	5,5
<i>Artemisia vulgaris</i> L.	2,0	6,2	22,7
<i>Centaurea diffusa</i> Lam.	2,9	5,6	24,1
<i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop.	1,5	4,7	20,6
<i>Galinsoga parviflora</i> Cav.	3,2	6,8	5,3
<i>Hieracium robustum</i> Fr.	2,7	5,4	8,4
<i>Matricaria recutita</i> L.	4,5	8,0	18,9

Наибольшее значение показателя дефектности пыльцевых зерен выявлено у видов растений (*Cirsium arvense* (L.) Scop., *Artemisia vulgaris* L., *Centaurea diffusa* Lam., *Matricaria recutita* L., *Achillea nobilis* L.) в зонах импактного промышленного воздействия.

Таким образом, полученные данные дополняют существующую базу фитоиндикационного мониторинга в Донбассе, позволяют проводить исследования в октябре – ноябре текущего года, расширяя возможности непрерывного наблюдения, требуют дальнейшего анализа и формирования атласа наглядных тератологических образцов для популяризации методических подходов в квантификации состояния природных и природно-техногенных локальных экосистем.

**Библиографический список**

1. Сафонов А. И., Мирненко Н. С. Палинологический скрининг в мониторинговой программе Центрального Донбасса // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2019. № 3–4. С. 43–48.
2. 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.
3. 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.
4. Сафонов А. И. Фитоиндикационная экспертиза в экологическом мониторинге Донбасса // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем : мате-

риалы XVII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Киров : ВятГУ, 2019. С. 10–12.

5. Сафонов А. И. Тератогенез растений-индикаторов промышленного Донбасса // Разнообразие растительного мира. 2019. № 1 (1). С. 4–16.

6. Bepalova S. V., Goretsky O. S., Safonov A. I. Conceptual approaches to standardization in system of environmental biomonitoring // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2013. № 1. С. 8–15.

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

8. Мирненко Н. С. Качество пыльцы *Diplotaxis muralis* (L.) DC. в условиях пгт. Новый свет Старобешевского района // Вестник Донецкого национального университета. Сер. А: Естественные науки. 2018. № 3–4. С. 157–162.

9. Сафонов А. И. Перспективные фитоиндикаторы Донбасса для биотестирования // Экология родного края: проблемы и пути их решения : материалы XV Всерос. с междунар. участием науч.-практ. конф. Книга 1. Киров : ВятГУ, 2020. С. 161–163.

10. Сафонов А. И. Индикаторная роль растений в системе управления городом в промышленном регионе // Экологическая ситуация в Донбассе. М. : Изд-во МНЭПУ, 2016. Т. 1. С. 288–293.

11. Бойко Н. В., Фесенко О. О., Медяник А. С. Палинографические результаты для некоторых фитоиндикаторов Донбасса // Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет». Донецк : ДонНУ, 2020. Вып. 12, Т. 1.: Естественные науки. С. 27–30.

## **ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИЙ АППАРАТ ХВОЙНЫХ ДЕРЕВЬЕВ КАК ИНДИКАТОР СОСТОЯНИЯ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ**

*Д. Р. Шайхутдинова<sup>1</sup>, З. М. Хафизова<sup>2</sup>, Г. Р. Валеева<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> МБОУ «Гимназия № 179 – центр образования»,

<sup>2</sup> Казанский федеральный университет, *guzel.r.valeeva@mail.ru*

Работа посвящена оценке качества городской среды с использованием показателей замедленной флуоресценции и содержания хлорофиллов в растениях-индикаторах (*Pinus sylvestris* и *Picea abies*). По данным биоиндикационных исследований произведена градация территории г. Казани по уровню экологического благополучия.

Ключевые слова: биоиндикация, биомониторинг, замедленная флуоресценция, хлорофилл, хвойные.

Последствия постоянно возрастающего техногенного воздействия, которые особенно сильно ощутимы в крупных промышленных городах, делают использование методов оперативного контроля интегральной загрязнённости окружающей среды достаточно актуальными. Из-за крайне большого числа различных загрязняющих веществ, неполной изученности механизмов взаимодействия поллютантов между собой, а также высокой стоимости и техни-

ческой сложности проведения химико-аналитических измерений организовать эффективный экологический мониторинг средствами лишь аналитической химии очень затруднительно. Также химико-аналитические методы не предоставляют достаточной информации о влиянии загрязнителей на биологические объекты.

Эти проблемы в значительной степени решаются использованием биоиндикационных методов исследований. Данные методы основаны на регистрации суммарного токсического действия всех или многих компонентов загрязнения и позволяет быстро и без больших материальных затрат определить является ли анализируемая проба загрязнённой или нет.

Одной из наиболее уязвимых систем растительной клетки под влиянием негативных факторов является фотосинтетический аппарат. Из-за действия стрессовых факторов, в том числе антропогенных, угнетается активность фотосинтеза растений. Изучение особенностей функционирования пигментного аппарата древесных растений с учетом возрастных групп позволяет сделать выводы о степени влияния промышленных поллютантов на растения [1].

Таким образом, целью работы стала оценка качества городской среды с использованием показателей замедленной флуоресценции и содержания хлорофиллов в растениях-индикаторах.

Для проведения исследования было выбрано 9 пробных площадок, расположенных в разных частях г. Казань (рис.): 1) ул. Восстания 82, администрация Кировского и Московского районов; 2) пос. Юдино, поликлиника РЖД; 3) ул. Сибгата Хакима; 4) МКДЦ; 5) пос. Дербышки; 6) Казанская государственная академия ветеринарной медицины; 7) парк Победы; 8) РКБ; 9) озеро Лебяжье.

Выбранные площадки имеют различную функциональную нагрузку и требуют особого санитарного контроля (учебные учреждения, больницы, объекты рекреационного значения и т. д.).

Объектами исследования выступили сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*) и ель обыкновенная, или ель европейская (*Picea abies*). Определялись содержание хлорофиллов *a* и *b* двухволновым методом и замедленная флуоресценция хлорофилла в хвое с использованием прибора ФОТОН-10.

Степень сформированности фотосинтетического аппарата растений позволяет судить о состоянии исследуемых площадок. Это отражается в отношении содержания хлорофилла *a* к содержанию хлорофилла *b* ( $a/b$ ). В большей степени это связано с концентрацией «главного» пигмента хлорофилла *a*, участвующего в фотосинтезе. Чем его активность выше, тем интенсивнее идет фотосинтез [2].

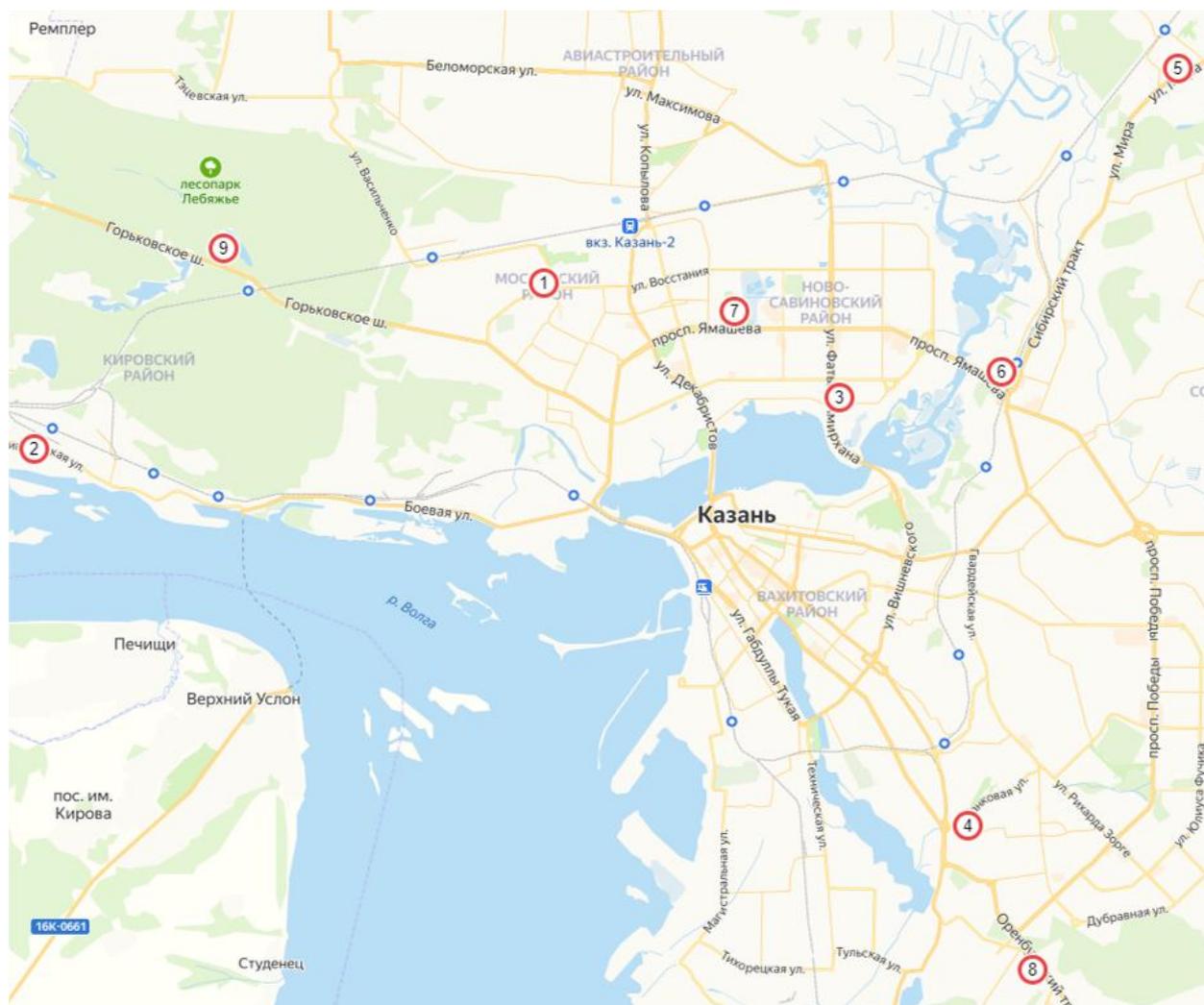


Рис. Карта-схема расположения площадок для проведения исследования

В таблице 1 представлено ранжирование исследованных площадок по уровню загрязнения по результатам определения содержания хлорофиллов *a* и *b* в пробах сентября – ноября 2019 г.

Отношение содержания хлорофилла *a* к содержанию хлорофилла *b* в 35% проб сентябрьской серии находится в рамках нормы, согласно литературным данным для *P. sylvestris* (3,5–4,0), причем отклонения от нормы наблюдаются как в сторону увеличения, так и в сторону уменьшения значений.

В ноябрьской серии норме отвечает менее 10% проб. К осени ростовые процессы прекращаются и увеличивается концентрация пигментов. На трех участках наблюдается снижение отношения (*a/b*), что может быть связано с перестройкой пигментного аппарата.

В литературных источниках также указана норма показателя содержания хлорофилла *a* к содержанию хлорофилла *b* для *P. abies* (2,2–3,0). Ей соответствует только 22% образцов сентябрьской серии [3].

Показатели содержания пигментов в хвое сосны обыкновенной ниже, чем у ели обыкновенной. Как видно из данных таблицы 1, при биоиндикации с использованием ели, показатели загрязненности пробных площадок в среднем ниже, чем при биоиндикации с использованием сосны.

Таблица 1

**Градация исследованных площадок с использованием отношения содержаний хлорофилла *a* к хлорофиллу *b***

Площадка исследования	Сосна, сентябрь	Сосна, ноябрь	Ель, сентябрь	Ель, ноябрь
Ул. Восстания, д. 82	I	I	III	II
Пос. Юдино	II	II	III	III
МКДЦ	II	I	II	II
Пос. Дербышки	II	I	I	II
Парк Победы	I	II	II	III
Оз. Лебяжье	II	I	I	I
Ул. С. Хакима	–	III		II
РКБ	–	III	III	II
КГАВМ	–	–	III	–

*Примечание:* I – критический уровень загрязнения; II – средний уровень загрязнения; III – относительно чисто.

Данные о замедленной флуоресценции хлорофилла (ОПЗФ) в фотосинтетическом аппарате изученных хвойных сравнивались с контролем, вычисленном на основании ОПЗФ хлорофилла хвойных из мест с низкой антропогенной нагрузкой [4].

Градуировка шкалы выполнена путем деления интервала разности контрольных показателей (ОПЗФ сосны из ООПТ Урала). Данная шкала ориентирована на показатели замедленной флуоресценции сосны обыкновенной в теплое время года.

Таблица 2

**Шкала оценки экологического состояния территории по показателю ОПЗФ**

Шкала градуировки	
0,616	Delta
1,22–1,836	Критический уровень загрязнения
1,836–2,452	Сильно загрязнено
2,452–3,068	Средний уровень загрязнения
3,068–3,684	Относительно чисто
➤ 3,684	Чисто

В работе была выявлена взаимосвязь между замедленной флуоресценцией и отношением хлорофилла *a* к хлорофиллу *b* (табл. 3).

Таблица 3

**Градации экологического состояния территории г. Казани  
по результатам осенней серии проб (сентябрь – ноябрь 2019 г.)**

Объекты исследования	Aa/Ab, сосна обыкновенная	Aa/Ab, ель обыкновенная	ЗФ*, сентябрь, ель	ЗФ, ноябрь, ель
Ул. Восстания, д. 82	критический уровень загрязнения	средний уровень загрязнения	критический уровень загрязнения	чисто
Пос. Юдино	средний уровень загрязнения	критический уровень загрязнения	критический уровень загрязнения	относительно чисто
МКДЦ	средний уровень загрязнения	средний уровень загрязнения	относительно чисто	критический уровень загрязнения
Пос. Дербышки	критический уровень загрязнения	критический уровень загрязнения	сильно загрязнено	критический уровень загрязнения
Парк Победы	средний уровень загрязнения	средний уровень загрязнения	относительно чисто	чисто
Озеро «Лебяжье»	критический уровень загрязнения	критический уровень загрязнения	–	критический уровень загрязнения
Ул. Сибгата Хакима	относительно чисто	средний уровень загрязнения	–	чисто
РКБ	относительно чисто	относительно чисто	сильно загрязнено	средний уровень загрязнения
КГАВМ	–	относительно чисто	чисто	–

*Примечание:* \*ЗФ – замедленная флуоресценция хлорофилла.

При анализе таблицы 3 можно заметить, что ранжирование, определенное разными методами, может дать сходную картину. Данные различаются в зависимости от вида растения, а также месяца отбора проб. Это объясняется сезонной динамикой фотосинтетического аппарата из-за различных метеоусловий и видовой спецификой.

В ходе работы выявлены следующие закономерности:

– для биоиндикации состояния городской среды целесообразно использовать хвою 1-го и 2-го года кущения;

– отношение содержаний хлорофилла *a* к хлорофиллу *b* снижается с возрастом хвои, концентрация каротиноидов повышается;

– более половины исследуемых площадок имеет критический уровень загрязненности, что свидетельствует о высоком уровне техногенной нагрузки. Наименее загрязненной оказалась площадка № 6.

### Библиографический список

1. Тюлькова Е. Г. Активность фотосинтетического аппарата древесных растений в техногенных условиях // Вестник Полесского государственного университета. Серия при-родоведческих наук. 2019. № 1. С. 105–115.
2. Фарафонов М. Г. Биоиндикационные свойства хлорофилла в условиях воздей-ствия загрязнителей неопределенного состава // Экология. 1991. № 2. С. 76–78.
3. Титова М. С. Содержание фотосинтетических пигментов в хвое *Picea Abies* и *Picea Koraiensis* // Вестник ОГУ. 2010. № 12. С. 1–12.
4. Пахарькова Н. В. Замедленная флуоресценция хлорофилла хвойных в условиях техногенного загрязнения атмосферы : автореф. ... канд. биол. наук. Красноярск, 1999.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННЫХ ОБ АНАТОМИЧЕСКОМ СТРОЕНИИ ЛИСТА В ЭКОЛОГИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ ДОНБАССА

*М. В. Абуснайна*

*Донецкий национальный университет, таууа.abusnaina@mail.ru*

Доказана фенотипическая разница в строении листа некоторых видов древесных растений в разных природно-антропогенных условиях Донбасса. Предложено использовать показатели строения поверхности листовой пластинки для проведения фитоиндикационного мониторинга в промышленном и техногенно трансформированном регионе.

Ключевые слова: фитоиндикация, экологический мониторинг, Донбасс, анатомия листовой пластинки, экологические шкалы.

Вопросы экологического мониторинга [1] и оценки состояния природ-ных сред с помощью биологических систем [2] рассматриваются на государ-ственном и региональном уровнях [3, 4] и сопряжены с глобальными эколо-гическими проблемами. В условиях староиндустриальных регионов сформи-рованы экотопические локалитеты, которые представляют интерес для эколо-гов-практиков с целью проведения постоянного наблюдения [5] и возможно-сти выявления новых эффектов антропогенного характера [6]. Структурная ботаника экологической направленности является частью экологических про-грамм в Донецком экономическом регионе [3, 7, 8]. В качестве прикладных вопросов фитомониторинга Донбасса выделяется направление дендроинди-кации [9] и внедрение результатов научных экспериментов в образователь-ный процесс [10, 11].

Учитывая специфику необходимости реализации мониторинговых про-грамм, в том числе для педагогической деятельности, были поставлены сле-дующие задачи относительно разных объектов исследования: 1) установить экологическую норму микростроения поверхности листового аппарата *Acer platanoides* L. в Донецке (рис. 1); 2) получить поперечные срезы листовой пластинки *Aesculus hippocastanum* L. в тренде запыления в г. Донецке, в рам-ках имеющихся практических разработок на кафедре ботаники и экологии

ДонНУ продемонстрировать снимки по структурной разнице листа тест-вида в условиях запыления (рис. 2); 3) в связи с актуальностью фитомониторинговых программ в Донбассе получить доказательства разницы в строении поверхности листового аппарата *Betula pendula* Roth. (рис. 3), которые можно использовать для проведения экологической экспертизы в регионе.

Опытным путем установлено, что среди фитоиндикаторов в промышленном городе востребованы древесные формы, что представляет интерес для экологического мониторинга. Учитывая некоторые преимущества дендроиндикаторов (долгосрочность экспозиции эксперимента, биомасса для достоверного химического анализа, приобщение результатов к возможным климатическим экспертизам: как в ретроспективном, так и в прогнозном сценариях исследования).

Представленные результаты фотоизображений (рис. 1–3) демонстрируют контрастные варианты строения листовых пластинок для изучаемых видов древесных растений Донбасса.

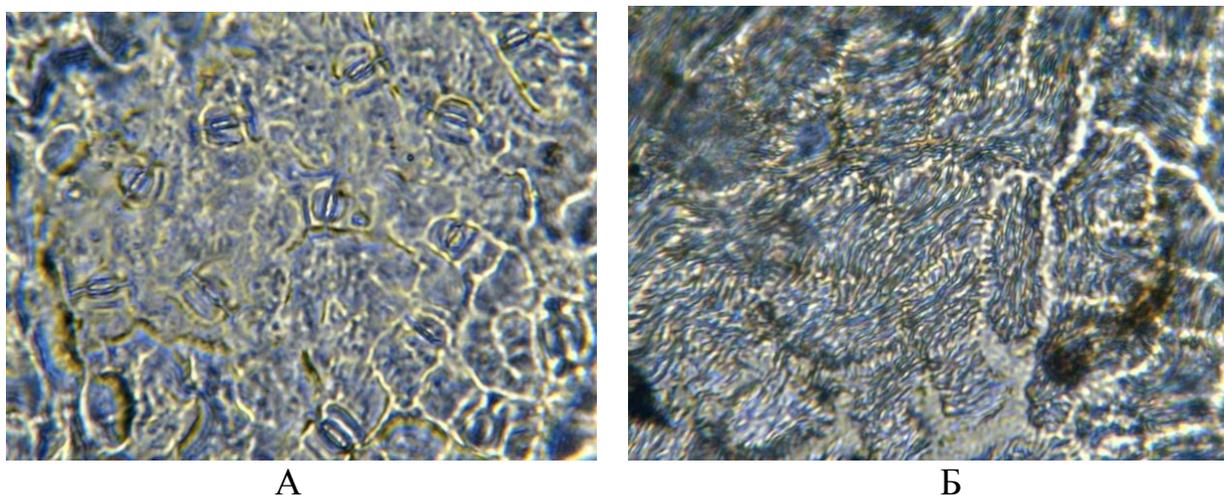


Рис. 1. Микроструктура поверхности листовой пластинки *Acer platanoides* L. в Донецке (X 80): А – нижняя, Б – верхняя сторона листа

Полученные данные важны для формирования нормированного контроля при проведении сравнительной экспертизы фитоматериала, собранного в местах с неблагоприятной экологической обстановкой в регионе. В перспективе – проведение дендроиндикационного эксперимента в различных по характеру загрязнения и трансформации экотопов в Донецкой Народной Республике, используя сравнительно-наглядный структурный стандарт. Формирование специальной экологической шкалы требует дополнительного структурного эксперимента в ранжированной выборке.

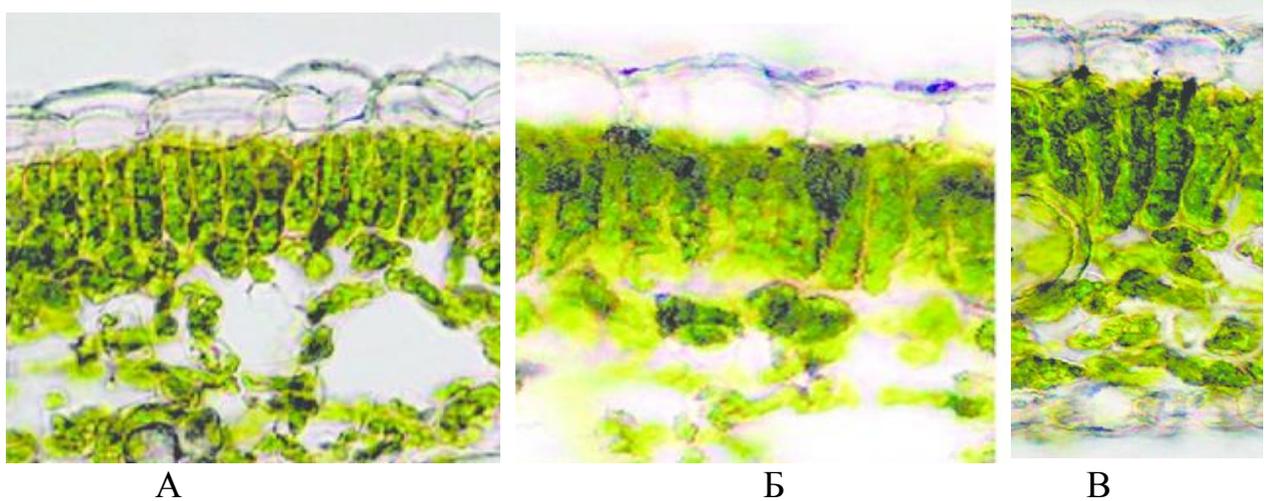


Рис. 2. Гистология листа *Aesculus hippocastanum* L.  
 А – норма; Б, В – в условиях запыления воздушной среды (X 120)

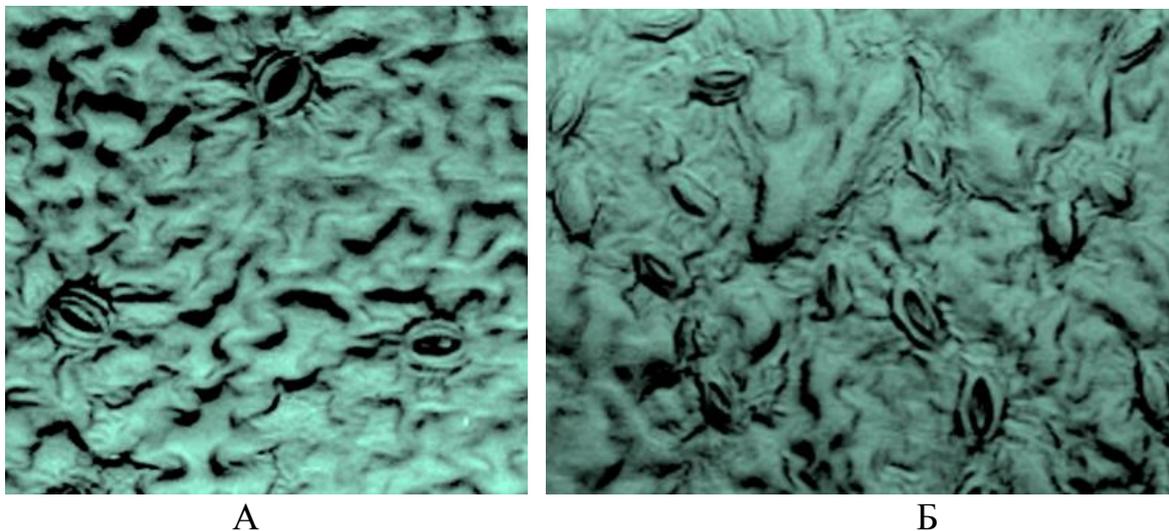


Рис. 3. Микроморфология поверхности листа *Betula pendula* Roth.  
 А – норма, Б – в неблагоприятных условиях городской среды (X 150)

Выделенные тенденции нуждаются в количественном анализе и дальнейшем детальном гистроструктурном рассмотрении качественных переходов активной дисперсии в связанное кутикулярное состояние микрочастиц воздуха промышленной зоны для вида *Aesculus hippocastanum* L. в г. Донецке. В анализе использованы листовые пластинки без явных признаков поражения насекомыми. Этот структурный эксперимент позволяет в рамках контрастных полярных строений иметь наглядно-ориентированную экологическую шкалу по региональным стандартам сравнения, однако, учитывая выборку (не более 10 особей на одной учетной площадке) оценочная шкала может быть аддитивна в диапазоне 1–5 баллов. Эксперимент с *Aesculus hippocastanum* в этом аспекте рекомендовано проводить в среднелетнее время (1–2 декада июля), учитывая региональные климатические особенности вегетации этой культуры в зеленом строительстве степной зоны Северного Приазовья.

Полученные отпечатки нижней поверхности листа тест-вида указывают на целесообразность дальнейшего пристального изучения устьичного аппарата и околоустьичных клеток *Betula pendula* в аспекте дисимметричного полиморфизма и флуктуирующей асимметрии у этого вида в условиях факторов специфического стресса и (или) гетерогенности промышленной и городской сред. В этой серии эксперимента возможно формирование 10-балльной экологической шкалы по признаку пайноморфности (как частный пример ксерофитизации вегетативных органов), учитывая устьичный индекс, характер строения и смыкания околоустьичных клеток, форму базовых клеток, а также специфические участки поверхности листовой пластинки с инициальными центрами начала формирования устьичного аппарата. Для *Betula pendula* существенная диагностическая разница отмечена именно в строении поверхности листового аппарата, тогда как внутренние конформационные ткани характеризовались структурным консерватизмом и не позволили установить достоверную разницу в строении, например, столбчатой и губчатой паренхим, кутикулярного слоя, слоя эпидермиса и гиподермы листа.

Следовательно, в контрастных геохимических условиях индустриального региона возможна реализация мониторингового эксперимента эколого-диагностической направленности с использованием показателей анатомического строения вегетативных фотосинтезирующих органов древесных растений.

#### Библиографический список

1. Тамахина А. Я., Ахкубекова А.А. Мониторинг состава растительных сообществ на отвалах из отходов обогащения цветных металлов // Теоретическая и прикладная экология. 2019. № 2. С. 61–67.
2. Зыкова Ю. Н., Скугорева С. Г., Ашихмина Т. Я. Подходы к оценке состояния городских почв методами биотестирования с использованием организмов различной систематической принадлежности и данных химического анализа // Теоретическая и прикладная экология. 2017. № 3. С. 38–46.
3. Bepalova S. V., Goretsky O. S., Safonov A. I. The criteria of assessment of ecological state of environment on thresholds of sensitivity of bioindicators // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2011. № 1. С. 25–43.
4. Bepalova S. V., Goretsky O. S., Safonov A. I. Determination of bioindicators sensitivity thresholds for ecologically unfavourable environmental factors // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2010. № 1(10). С. 9–25.
5. Золотой А. Л., Сафонов А. И. Индикация состояния различных промышленных экотопов с использованием *Reseda lutea* L. // Донецкие чтения 2016 : Образование, наука и вызовы современности : материалы I Междунар. науч. конф. (Донецк, 16–18 мая 2016 г.). Т. 1. Физ.-мат., техн. науки и экол. Донецк : Изд-во ЮФУ, 2016. С. 278–280.
6. Сафонов А. И. Перспективные фитоиндикаторы Донбасса для биотестирования // Экология родного края: проблемы и пути их решения: материалы XV Всерос. с междунар. участием науч.-практ. конф. (Киров, 18 мая 2020 г.). Книга 1. Киров : ВятГУ, 2020. С. 161–163.
7. Кравсун Т. И. Морфологические тактики реализации жизненных стратегий видов сорных растений в Донбассе // Донецкие чтения 2019: Образование, наука, инновации, культура и вызовы современности : материалы IV Междунар. науч. конф. (Донецк, 31 октября 2019 г.). Т. 2. Хим.-биол. науки. Донецк : Изд-во ДонНУ, 2019. С. 241–243.

8. 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. С. 52–59.

9. Городина И. С. Сценарии прогнозных вариантов дендронасаждений в парковой зоне г. Макеевки // Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет». Донецк : ДонНУ, 2020. Вып. 12, Т. 1. : Естественные науки. С. 40–43.

10. Абуснайна М. В., Стреблянская Е. В., Коротенко Н. В. Фитоиндикация как научный ресурс организации экологического образования // Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет». Донецк : ДонНУ, 2020. Вып. 12, Т. 1. : Естественные науки. С. 5–8.

11. Сафонов А. И., Глухов А. З., Приходько С. А. Образовательные технологии подготовки биологов специализации по садово-парковому дизайну в Донецком национальном университете // Проблемы и перспективы развития современной ландшафтной архитектуры : материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Симферополь : Изд-во КФУ, 2017. С. 73–75.

## **МЕТОД ФЛУКТУИРУЮЩЕЙ АСИММЕТРИИ В ОЦЕНКЕ ТЕРРИТОРИЙ С РАЗЛИЧНЫМ УРОВНЕМ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ**

*Ф. И. Гиматдинова, Р. Р. Хуснуллин, И. И. Авдейчева,  
Р. Р. Сугаева, Е. А. Минакова*

*ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»,  
gimatdinovafi@gmail.com, rinas\_husnullin@mail.ru, irina.avdeycheva@mail.ru,  
suga.regina@yandex.ru, elena.minakova@kpfu.ru*

В статье представлен опыт проведения биоиндикационного исследования методом флуктуирующей асимметрии (ФА) листовой пластинки березы повислой для оценки качества среды парков г. Казань и урбанизированной территории Раифского заповедника за 2019 г. Работа является продолжением биоиндикационных исследований на территории Республики Татарстан [1–3].

Ключевые слова: качество среды, урбоэкосистема, биоиндикация, флуктуирующая асимметрия, антропогенное воздействие, береза повислая.

Города в современном мире являются социально-экономическими, административными, культурными, образовательными, политическими центрами во всем мире, и процесс урбанизации неизбежен. Урбанизация – глобальный социально-экономический процесс, сопровождающийся глубоким антропогенным изменением природы, заменой естественных экосистем урбоэкосистемами [4]. Однако урбоэкосистемы по природе своей весьма неустойчивы, в атмосфере, почве и водоемах аккумулируются вредные вещества.

Постоянное антропогенное воздействие с отличающимися городскую среду экологическими факторами (особый световой, тепловой и водный ре-

жим, уплотнение почв) ведут к сильной трансформации окружающей среды в населенных пунктах. Задымленность и запыленность воздуха, особый температурный режим с так называемыми «островами тепла», засоление почв, загрязнение водного бассейна и другие проблемы неблагоприятно сказываются на экологической обстановке урбанизированных территории. Это, в свою очередь, негативно сказывается на здоровье населения: акселерация, нарушение биоритмов, аллергизация, рост онкологических и респираторных заболеваний. Поэтому все чаще говорят о необходимости улучшения и стабилизации урбанизированной среды, для устойчивого развития которой необходимы создание, охрана и развитие зеленых насаждений: парков, скверов, садов, озелененных территорий промышленных и жилых районов.

Растительность искусственных городских ландшафтов выполняет роль средовосстанавливающей системы [5]. Но, оказывая благоприятное воздействие на микроклимат населенного пункта и психофизическое здоровье населения, сами растения при этом испытывают серьезную нагрузку. Отмечается снижение ассимиляционной активности и способности выделять фитонциды, ксерофитизация, изменение клеточного строения и биохимических процессов.

Возможность использования растений для диагностики состояния систем обусловлено их важной ролью в экосистемах, так как они обеспечивают жизнедеятельность других биотических компонентов биогеоценоза [6].

Для полноценной оценки состояния экосистемы можно использовать метод биоиндикации, основанный на реакции живых организмов в ответ на экологически значимые природные и антропогенные нагрузки [7]. А доступность, эффективность и простота метода делает его привлекательным для мониторинга качества среды.

В данной работе использовался метод биоиндикации по флуктуирующей асимметрии (ФА), характеризующий состояние морфогенетического гомеостаза и поэтому позволяющий судить об общем состоянии организма. Метод ФА основан на измерении нарушения строгой билатеральной симметрии в период развития организма. Метод позволяет выявлять даже небольшие онтогенетические изменения в ответ на изменения условий, что дает возможность использовать его в ранней диагностике состояния экосистем [8].

Использование растений в качестве индикаторов имеет ряд своих преимуществ: прикрепленный образ жизни позволяет оценить состояние среды на локальном участке, они испытывают на себе одновременное влияние двух сред – воздуха и почвы, являются наиболее чувствительными к загрязнителю. Также к преимуществам можно отнести простоту и доступность сбора материала.

Растения-фитоиндикаторы можно использовать для индикации всех природных сред, хотя чаще всего их используют для оценки состояния воздушной среды в связи с особенностями их метаболизма [6]. Отмечается большая чувствительность деревьев в качестве детекторов, что связано с более длительным онтогенезом [8]. Важнейшим диагностическим признаком, отражающим степень повреждения экосистемы, является нарушение эле-

ментного состава ассимиляционных органов деревьев при различных типах и уровнях нагрузок [9]. Наиболее чувствительным к воздействию стрессовых факторов является лист растения, изменения морфометрических показателей которого находятся в прямой зависимости от качества состояния экосистемы.

Объектом данного исследования была выбрана береза повислая (*Betula pendula* Roth.) по причине широкого распространения и чувствительности к воздействию антропогенных факторов. Для оценки показателя ФА использовался лист березы повислой, в норме имеющий билатеральную симметрию. В основу исследования положена методология оценки качества среды, разработанная под руководством В. М. Захарова, утвержденная Распоряжением Росэкологии от 16.10.2003 № 460-р.

Сбор материала проводился в конце августа 2019 г. В 7 парках различных административных районов г. Казани были заложены 2 точки площадки: внутри парка и в его придорожной части – на расстоянии до 30 м от дороги. На урбанизированной территории Раифского участка Волжско-Камского природного биосферного заповедника (ВКГПБЗ) сбор материала велся на 10 площадках, расположенных вблизи автодорог. В каждой точке собирали по 10 листьев с 10 деревьев генеративного возраста. Листья брали с укороченных побегов нижней части кроны. При этом важно, чтобы листья были цельными, небольшими, примерно одинакового размера, с клиновидным основанием.

Для вычисления морфометрических показателей собранного материала использовалась программа Bioindication tool kit Setup. На базе программы Microsoft Office Excel была проведена математическая обработка данных и рассчитан интегральный показатель ФА. Для оценки степени выявленных отклонений от нормы использовали балльную шкалу оценки, характеризующую уровень загрязнения территории на основе показателя ФА [10]. Шкала представляет собой 5 балльную систему, где: 1 – условная норма (показатель ФА менее 0,04); 2 – незначительные (начальные) отклонения от нормы (0,04–0,044); 3 – средний уровень отклонений (0,045–0,049); 4 – существенные отклонения (0,05–0,054); 5 – критическое состояние (более 0,055). Итоговые данные исследования за 2019 г. на территориях парков г. Казани представлены в таблице 1, на площадках урбанизированной территории Раифского заповедника представлены в таблице 2.

Полученные нами значения показателя ФА в условиях парковых территорий варьируют в пределах 0,043–0,057, превышая величину условной нормы. Средним значением ФА исследуемой территории за 2019 г. составило 0,05, что оценивается как существенное отклонение от нормы состояния среды. Стрессовыми факторами, в первую очередь, являются близость крупных транспортных дорог (особенно на придорожных территориях) и предприятий; также стоит отметить шумовое загрязнение, связанное с масштабными мероприятиями и большим числом посетителей.

Таблица 1

**Стабильность качества среды парковых территории г. Казань**

Место сбора		Значения показателя асимметричности	Балл	Качество среды (отклонения от нормы)
«Крылья Советов»	внутри	0,043±0,016	2	незначительные
	дорога	0,052±0,024	4	существенные
Парк им. Урицкого	внутри	0,051±0,023	4	существенные
	дорога	0,046±0,02	3	средний уровень
«Сосновая роща»	внутри	0,047±0,018	3	средний уровень
	дорога	0,049±0,019	3	средний уровень
«Кырлай»	внутри	0,055±0,022	5	критическое состояние
	дорога	0,049±0,019	3	средний уровень
«Континент»	внутри	0,05±0,021	4	существенные
	дорога	0,05±0,019	4	существенные
ЦПКиО им. Горького	внутри	0,053±0,023	4	существенные
	дорога	0,046±0,017	3	средний уровень
«Березовая роща»	внутри	0,052±0,026	4	существенные
	дорога	0,057±0,024	5	критическое состояние

Таблица 2

**Стабильность качества среды урбанизированной территории  
Раифского заповедника**

Место сбора	Значение показателя асимметричности	Балл	Качество среды (отклонения от нормы)
Пос. Новополюский	0,060±0,013	5	критическое состояние
Пос. Урняк	0,062±0,016	5	критическое состояние
Дубровка в сторону Казани	0,064±0,014	5	критическое состояние
Дубровка в сторону Зеленодольска	0,058±0,013	5	критическое состояние
Вдоль дороги справа	0,063±0,016	5	критическое состояние
Садовый участок (рядом с пос. Садовый)	0,053±0,012	4	существенные (значительные) отклонения от нормы
Садовый справа (Раифская дорога у поселка)	0,062±0,019	5	критическое состояние
Монастырь	0,048±0,012	3	средний уровень отклонения от нормы
Ул. Малиновая (пос. Садовый)	0,053±0,012	4	существенные (значительные) отклонения от нормы
Север Раифы (начало населенного пункта Раифа)	0,059±0,016	5	критическое состояние

Установлено, что на урбанизированной территории ВКГПБЗ значения ФА в 2019 г. изменялись в пределах 0,048–0,064, что превышает условную норму. Среднее значение показателя ФА составило 0,058, что соответствует критическому состоянию среды по шкале оценки. Основное влияние на состояние среды оказывают выбросы автотранспорта.

Таким образом, в ходе исследования было установлено, что на исследуемых территориях качество среды отклоняется от условной нормы.

Анализ полученных результатов свидетельствует о том, что показатели стабильности развития у выборок, взятых в парках г. Казани и урбанизированных территории вблизи ВКГПБЗ на расстоянии до 30 м от автодорог указывает на высокий уровень антропогенного воздействия, а именно – автотранспортного загрязнения окружающей среды. Это доказывает, что неблагоприятное состояние окружающей среды находит отражение в показателях асимметрии листьев березы повислой (*Betula pendula* Roth.) [11]. Несмотря на значительную удаленность от г. Казани и наличие зеленых массивов, способствующих рассеиванию загрязнителей на территории Раифского участка ООПТ «ВКГПБЗ» автотранспорт на расстоянии до 30 м от дорожного полотна оказывает влияние на формирование качества окружающей среды прилегающих территорий.

### Библиографический список

1. Минакова Е. А., Нуруллина Г. З. Биомониторинг качества окружающей среды в зоне жилой застройки г. Казани (по *Betula pendula* Roth.) // Региональная экология и безопасность жизнедеятельности : Сб. докладов межрегиональной науч.-практ. конф. 15–16 июня, г. Липецк. Липецк : Изд-во ООО «Типография Респект», 2017. С. 49–53.
2. Минакова Е. А., Шлычков А. П., Ивашкина И. В. Применение фитомониторинга для оценки качества окружающей среды крупных урбосистем Республики Татарстан // Проблемы региональной экологии. 2016. № 1. С. 5–11.
3. Скрининг состояния урбоэкосистем с использованием метода биоиндикации (на примере г. Казань) / Е. А. Минакова, А. П. Шлычков, А. З. Галеева, С. Ф. Батрова // Окружающая среда и устойчивое развитие регионов: экологические вызовы XXI века : Труды III Междунар. конф. Казань : Изд-во АН РТ, С. 419–422.
4. Бухарина И. Л., Поварницина Т. М., Ведерников К. Е. Эколого-биологические особенности древесных растений в урбанизированной среде. Ижевск : ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2007. 216 с.
5. Минакова Е. А., Шлычков А. П. Оценка качества окружающей среды рекреационных территорий г. Казани // Вестник НЦБЖД. 2015. № 2. С. 126–130.
6. Неверова О. А. Применение фитоиндикации в оценке загрязнения окружающей среды // Биосфера. 2009. № 1. С. 82–92.
7. Мелехова О. П., Егорова Е. И., Евсеева Т. И. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование: учеб пособие для студ. высш. учеб. заведений. М. : Издательский центр «Академия», 2007. 288 с.
8. Application of fluctuating asymmetry indexes of silver birch leaves for diagnostics of plant communities under technogenic pollution / V. P. Ivanov, Y. V. Ivanov, S. I. Marchenko, V. V. Kuznetsov // Russian Journal of Plant Physiology. 2015. Vol. 62. P. 340–348.
9. Popkova M. A., Ivanova D. V., Kashukova A. V. The study of an asymmetric birch's leaf as the bioindicator of ecological condition of natural areas // Ecological education and ecological culture of the population : materials of the V international scientific conference on February 25–26. Prague, 2017. P. 154–161.
10. Солдатова В. Ю., Шадрин Е. Г. Оценка качества среды территории г. Якутска по показателю нарушения стабильности развития березы плосколистной (*Betula platyphylla* Sukacz.). Якутск : Издательский дом СВФУ, 2016. 112 с.
11. Минакова Е. А., Хуснуллин Р. Р. Фитоиндикация качества среды придорожных территорий особо-охраняемых природных территорий (на примере Раифского участка Волжского-Камского природного биосферного заповедника) // Вестник НЦ БЖД. 2018. № 2 (36). Казань : ГБУ Научный центр безопасности жизнедеятельности, С. 76–84.

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ФЛУКТУИРУЮЩЕЙ АСИММЕТРИИ *BETULA PENDULA* ROTH И *PYRRHOCORIS APTERUS* L. В ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА СРЕДЫ ОБИТАНИЯ

*Н. В. Турмухаметова*<sup>1</sup>, *А. А. Филиппова*<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> *Марийский государственный университет, bonid@mail.ru*

<sup>2</sup> *Вятский государственный университет, anastasiya\_filipova\_98@bk.ru*

В статье на примере двух городов (Йошкар-Ола и Уржум) показано, что с помощью показателя флуктуирующей асимметрии листовой пластинки *Betula pendula* и трех морф элемента П меланизированного рисунка покрова *Pyrrhocoris apterus* можно быстро провести оценку качества среды обитания. Выявлено 7 новых морф рисунка покрова клопа-солдатика.

Ключевые слова: биоиндикация, флуктуирующая асимметрия, *Betula pendula*, *Pyrrhocoris apterus*, полиморфизм окраски.

Усиливающийся антропогенный пресс приводит к нарушению стабильности развития живых организмов. Некоторые морфологические показатели уровня нарушения гомеостаза организма нашли применение в биоиндикации. Один из них – флуктуирующая асимметрия (ФА) – ненаправленные отклонения различных морфологических признаков от симметричного состояния у билатеральных организмов [1, 2].

Целью работы является изучение проявлений ФА листовой пластинки березы повислой (*Betula pendula* Roth) и элементов меланизированного рисунка покрова клопа-солдатика (*Pyrrhocoris apterus* Linnaeus) для оценки качества среды обитания. Работу проводили в 2019 г. на территории г. Йошкар-Олы Республики Марий Эл и г. Уржум Кировской области. Материал собирали в различных по антропогенной нагрузке местообитаниях г. Йошкар-Олы: участок № 1 – селитебная территория (зона слабого загрязнения среды промышленно-транспортными выбросами), участок № 2 – рекреационная зона – парк, № 3 – окрестности фармацевтического завода (зона умеренного загрязнения) [3]; г. Уржума: № 4 – селитебная территория, № 5 – окрестности ЗАО «Пищекombинат».

Листья березы повислой собирали по 10 штук с укороченных побегов 10 деревьев *B. pendula* средневозрастного онтогенетического состояния в каждом экотопе [1]. Флуктуирующую асимметрию листовой пластинки *B. pendula* оценивали по 5 признакам с левой и правой половинок. Флуктуирующую асимметрию определенного признака листа вычисляли как модуль разности значений признака слева и справа, отнесенный к сумме этих значений. Рассчитывали интегральный показатель стабильности развития – относительное различие между сторонами листа, осредненного по совокупности

признаков, индекс ФА (ИФА) всех листьев дерева как среднее арифметическое значений асимметрии всех измеренных листьев с этого дерева [1].

Для исследования ФА элементов меланизированного рисунка покрова *P. apterus* отбирали половозрелых особей [4]. В каждом экотопе было собрано по 100 особей клопа-солдатика, обитающих в разрывах корки стволов липы сердцевидной (*Tilia cordata* Mill.) и являющихся ее консортами-пантофагами [5]. Полиморфизм окраски оценивали, используя рисунок переднеспинки – элемент П и рисунок надкрылий – элементы С, А, В, D (рис.) [4]. По каждой популяции вычисляли частоты встречаемости различных морф, среднюю частоту встречаемости асимметричного проявления (ЧА) элементов меланизированного рисунка покрова *P. apterus* [6, 7].

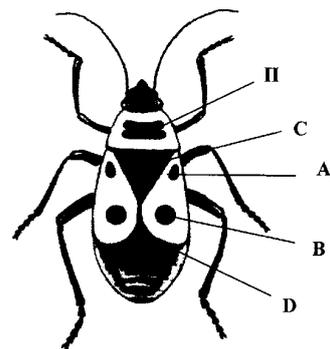


Рис. Элементы меланизированного рисунка покрова *Pyrrhocoris apterus* [4]

Однофакторный дисперсионный анализ выявил достоверное увеличение ИФА с возрастанием степени антропогенного стресса ( $p < 0,01$ ). В изученном экотопе № 1 г. Йошкар-Олы ИФА составил 0,041, что соответствует незначительным нарушениям в развитии (балл П) по пятибалльной шкале стабильности развития [1]. ИФА листьев березы двух экотопов зоны умеренного загрязнения среды Йошкар-Олы (0,045, 0,049, соответственно) и двух изученных экотопов г. Уржум (по 0,048) относятся к баллу III – средние нарушения в развитии. Характеристика качества среды обитания по ИФА листа березы повислой в экотопах Йошкар-Олы согласуется с данными химического анализа атмосферного воздуха [3].

В описанной методике [4] указаны 12 морф рисунка переднеспинки. В ходе исследования было обнаружено 8 из них: П1 – П3, П5 – П7, П11, П12. У особей *P. apterus* популяций экотопов № 2 и 3 умеренного загрязнения среды зафиксированы 3 новые морфы – П13 – П15. Эти морфы ранее не были встречены в условиях Белгородской области [4]. У изученных особей клопа-солдатика наиболее часто встречаются морфы П1, П5, П7, П11. Морфа С проявилась только в одном варианте – С1. Из 9 возможных морф пятна D у особей в 5 изученных популяциях зафиксированы 5 морф: D1, D2, D4–D6 с обладанием D1 и D6.

Наиболее разнообразными оказались пятна А и В рисунка покровов клопа-солдатика. Из 18 морф элемента А было обнаружено 9: А1 – А5, А9, А11, А12, А15, а также 1 новая морфа – А19 (в популяциях № 1, 4). В разнообразных условиях обитания у *P. apterus* описаны 15 из 20 морф элемента рисунка В: В1 – В4, В6, В7, В10 – В13, В15 – В19. У особей клопа-солдатика, обитающих в условиях экотопов г. Уржум описаны 3 новые морфы рисунка надкрылий – В21 – В23.

Частоты встречаемости морф элементов рисунка П, А, В, D у *P. apterus* в трех экотопах различаются (метод хи-квадрат,  $p < 0,01–0,001$ ). Выявлено

уменьшение частот встречаемости особей с морфами П1 и П5 и увеличение частот встречаемости особей с морфой П7 с возрастанием степени антропогенной нагрузки ( $p < 0,01-0,001$ ).

Флуктуирующая асимметрия *P. apterus*, по которым рассчитывается показатель ЧА, отмечена по морфам А и В. Соотношение полученных результатов со шкалами благоприятности среды обитания по морфе П1 и ЧА [6, 7] показало сходную характеристику всех изученных экотопов двух городов – слабое антропогенное влияние или условная норма. Однако данная характеристика экотопов не согласуется с данными, полученными по ИФА березы повислой, в том числе, нашими многолетними исследованиями [8]. ИФА выявил незначительную и среднюю антропогенные нагрузки в этих экотопах, соответственно. Следовательно, необходим дополнительный сбор материала по ФА и ЧА *P. apterus*.

Таким образом, показатель флуктуирующей асимметрии листовой пластинки *Betula pendula* дал достаточно информативную оценку качества среды обитания различных экотопов изученных городов. На рекогносцировочном этапе исследования выяснили, что из многочисленных морф меланизированного рисунка покрова *P. apterus* в изученных условиях биоиндикационное значение имеют 3 морфы элемента П.

#### Библиографический список

1. Здоровье среды: методика оценки / В. М. Захаров, А. С. Баранов, В. И. Борисов, А. В. Валецкий, Н. Г. Кряжева, Е. К. Чистякова, А. Т. Чубинишвили. М. : ЦЭПР, 2000. 66 с.
2. Оценка состояния растений по стабильности развития в естественных и антропогенных условиях (флуктуирующая асимметрия признаков листа березы повислой *Betula pendula* Roth) / В. М. Захаров, Е. Г. Шадрина, Н. В. Турмухаметова, Е. Н. Иванцова, Е. А. Шикалова, В. Ю. Солдатова, Н. А. Шарова, И. Е. Трофимов // Известия Российской академии наук. Серия биологическая. 2020. № 2 С. 191–196. doi: 10.1134/S1062359020020119.
3. Доклад об экологической ситуации в Республике Марий Эл за 2018 г. Ижевск : ООО «Принт», 2019. 190 с.
4. Батлуцкая И. В. Изменчивость меланизированного рисунка насекомых в условиях антропогенного воздействия. Белгород : Белгород. гос. ун-т, 2003. 165 с.
5. Турмухаметова Н. В., Яцык Я. В., Муртазина В. Р. Характеристика членистоногих дендрофагов в условиях городской среды // Современные проблемы медицины и естественных наук : Сб. статей Всерос. науч. конф. Вып. 7. Йошкар-Ола : Мар. гос. ун-т, 2018. С. 179–182.
6. Патент 2304771 Российская Федерация, МПК G 01 N 33/24. Способ биоиндикации среды / И. В. Батлуцкая; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО «Белгородский государственный университет». № 2005124084/13, заявл. опубл. 10.02.2007.
7. Патент 2329501 Российская Федерация, МПК G 01 N 33/24. Способ биоиндикации среды / И. В. Батлуцкая, Е. Н. Хорольская, В. А. Глотов; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО «Белгородский государственный университет». № 2006140295/13; заявл. 16.11.2006; опубл. 20.07.2008.
8. Турмухаметова Н. В. Оценка состояния среды Йошкар-Олы по морфометрическим показателям *Betula pendula* Roth. // Известия Российской академии наук. Серия биологическая. 2020. № 2. С. 197–204. doi: 10.1134/S1062359020020090.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ НАДЗЕМНОЙ ФИТОМАССЫ ПИХТЫ СИБИРСКОЙ ОТ ДИАМЕТРА

*С. И. Тарасов, Н. В. Герлинг*  
*Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,*  
*tarasov@ib.komisc.ru, gerling@ib.komisc.ru*

В статье представлена обобщенная (универсальная) аллометрическая модель, описывающая зависимость надземной фитомассы деревьев пихты сибирской от его диаметра на высоте 1,3 м. Модель основана на натуральных данных, полученных в разных климатогеографических районах Республики Коми. Проведена оценка точности обобщенной модели статистическими методами. Модель может быть использована для практической оценки надземной фитомассы деревьев пихты сибирской на территории Республики Коми.

Ключевые слова: пихта сибирская, надземная фитомасса, аллометрическая модель.

В 2017–2019 гг. нами были проведены исследования в лесных насаждениях с преобладанием пихты сибирской, расположенных в средней и южной подзонах тайги Республики Коми (РК) (Прилузский, Княжпогостский, Троицко-Печорский районы). Основные результаты исследований: 1) показано, что надземная фитомасса пихты сибирской для указанных районов описывается единой аллометрической моделью:

$$y = 0,021D_{1,3}^{2,878}, \quad (1)$$

где  $y$  – надземная фитомасса дерева (абсолютно сухое вещество (а.с.в.)),  $D_{1,3}$  – диаметр на высоте 1,3 м; 2) установлено, что уравнение (1) можно использовать для оценки надземной фитомассы пихты на территориях, по крайней мере, средней и южной подзон тайги РК без проведения рубок модельных деревьев [1].

В 2020 г. аналогичные исследования были проведены в северной подзоне тайги РК (Вуктыльский район): отобраны 12 модельных деревьев пихты [2], и определена надземная фитомасса (а.с.в.) каждого дерева и фитомасса (а.с.в.) его фракций.

Полученные данные были использованы для анализа взаимосвязи морфологических признаков деревьев пихты: диаметра на высоте 1,3 м и его надземной фитомассы (а.с.в.). Также, как и для южной и средней подзон тайги, адекватным уравнением, описывающим изучаемую зависимость, оказалось уравнение степенной функции с соответствующими параметрами:

$$y = 0,03D_{1,3}^{2,79}. \quad (2)$$

Принимая во внимание близость параметров регрессионных уравнений (1) и (2), было проведено статистическое сравнение общей и частной регрес-

сионных моделей, по результатам которого сравниваемые регрессии были признаны статистически неразличимыми [3].

Это позволило объединить все имеющиеся данные по надземной фитомассе пихты в одну выборочную совокупность с целью создания обобщенной модели, пригодной для использования во всех климатогеографических подзонах РК, где произрастает пихта сибирская. Новая модель, полученная с использованием расширенной выборки, статистически значима и имеет вид:

$$y = 0,022 D_{1,3}^{2,866}. \quad (3)$$

Отличие параметров модели (1) от параметров новой модели незначительно. Данная модель применима для оценки надземной фитомассы пихты сибирской во южной, средней и северной климатических подзонах тайги РК за исключением горных районов.

Точность данной модель можно оценить, рассчитав среднюю ошибку аппроксимации  $\bar{A}$  и стандартную (среднеквадратическую) ошибку уравнения регрессии  $S$ .

Значения  $\bar{A} < 10\%$  свидетельствуют о высокой точности подбора модели, при хорошей точности подбора модели  $10\% < \bar{A} < 20\%$ . Средняя ошибка аппроксимации модели (3) составила 19%.

Средняя квадратическая ошибка  $S$  сравнивается со средним квадратическим отклонением наблюдаемого значения  $y$ . Если  $S < \sigma_y$ , то использование уравнения регрессии признается целесообразным. Для модели (3) получены следующие значения:  $S = 33,2$ ,  $\sigma_y = 124,5$ .

Полученные результаты свидетельствуют о хорошем качестве универсальной аллометрической модели (3) и позволяют рекомендовать ее для практического использования. Таким образом, оценка надземной фитомассы деревьев пихты сибирской на территории южной, средней и северной таежных зон Республики Коми может осуществляться с использованием предлагаемой модели без проведения рубок деревьев.

#### Библиографический список

1. Герлинг Н. В., Тарасов С. И. Оценка фитомассы пихты сибирской, произрастающих в разных климатогеографических районах Республики Коми с использованием универсальной модели : материалы XVII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Киров, 2019. Кн. 2. С. 70–72.
2. Родин Л. Е., Базилевич Н. И. Динамика органического вещества и биологический круговорот в основных типах растительности земного шара. М.; Л. : Наука, 1965. С. 40–147.
3. Кобзарь А. И. Прикладная математическая статистика : для инженеров и научных работников. М. : ФИЗМАТЛИТ, 2006. 816 с.

# ЗАКОНОМЕРНОСТИ АССИМИЛЯЦИИ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА ХВОЕЙ ПИХТЫ СИБИРСКОЙ В ОБЛАСТИ ВЫСОКИХ ИНТЕНСИВНОСТЕЙ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИ АКТИВНОЙ РАДИАЦИИ

*Н. В. Герлинг, С. И. Тарасов*  
*Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,*  
*gerling@ib.komisc.ru, tarasov@ib.komisc.ru*

В статье рассматриваются особенности ассимиляции диоксида углерода хвоей пихты сибирской в зависимости от ее возраста, интенсивности фотосинтетически активной радиации (ФАР) и температуры окружающей среды. Предлагается новая феноменологическая модель, описывающая фотосинтез листьев, и дается ее сравнение с классической моделью прямоугольной гиперболы. Показано, что наиболее вероятным механизмом, влияющим на фотосинтез листьев пихты в области высоких значений ФАР, является фотоингибирование.

Ключевые слова: пихта сибирская, фотосинтез, моделирование, фотоингибирование.

Эксперимент по оценке интенсивности ассимиляции  $\text{CO}_2$  хвои 1 и 2-го годов жизни проводился на неотрезанных побегах пихты сибирской в средней части кроны (высота 15 м). Наблюдения проводились в 2018–2020 гг. на территории Ляльского лесоэкологического стационара Института биологии Коми НЦ УрО РАН. Интенсивность ассимиляции побегов оценивали методом световых кривых фотосинтеза с использованием инфракрасного газоанализатора LI-6400 (Li-Cor, США) и непрозрачной камеры для хвойных 6400-22 (Li-Cor, США). Всего было получено 32 световые кривые, из них 11 – для побегов 1-го года жизни и 21 – для побегов 2-го жизни. Световые кривые фотосинтеза получены для температур 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30 °С.

Скорость нетто-фотосинтеза  $A_{net}$  с учетом «темного» дыхания может быть записана в виде:

$$A_{net} = A_g - R_d \quad (1)$$

где  $A_g$  – истинная (видимая) интенсивность ассимиляции  $\text{CO}_2$  в процессе,  $R_d$  – компонента, обусловленная «темным» дыханием.

Широко используемой феноменологической моделью, описывающей фотосинтез листьев, является прямоугольная гипербола [1, 2]:

$$A_g = \frac{A_m I_{PAR}}{I_{PAR} + k}, \quad (2)$$

где  $A_m$  – максимальная интенсивность ассимиляции  $\text{CO}_2$  в процессе фотосинтеза (значение асимптоты  $A_g$  при  $I_{PAR} \rightarrow \infty$ ),  $I_{PAR}$  – интенсивность ФАР,  $k$  – константа, численно равна ФАР, при которой интенсивность ассимиляции  $\text{CO}_2$  составляет половину от максимальной.

С учетом (2) уравнение (1) запишется как:

$$A_g = \frac{A_m I_{PAR}}{I_{PAR} + k} - R_d. \quad (3)$$

Как правило, в качестве параметра моделей величина  $R_d$  рассматривается как константа.

Аппроксимация экспериментальных значений интенсивности фотосинтеза, полученных для побегов пихты, моделью (3), показала ее неадекватность. Во-первых, наличие члена  $R_d$  должно проявляться в смещении световой кривой относительно оси абсцисс. Однако у пихты такое смещение отсутствует, что, вероятно, указывает на малую величину  $R_d$ . Во-вторых, для побегов пихты сибирской в области высоких значений ФАР характерно уменьшение интенсивности фотосинтеза, а не асимптотическое приближение к значению насыщения.

С учетом наблюдаемых отклонений от модели (3) было принято, что  $R_d \approx 0$ , и в качестве основной была выбрана модель (далее модель I) вида:

$$A_{net} = \frac{A_m I_{PAR}}{I_{PAR} + k}. \quad (4)$$

Альтернативной моделью была выбрана модель (далее модель II), имеющая вид:

$$A_{net} = \frac{A_m I_{PAR}}{I_{PAR} + k} - a \cdot I_{PAR}^2. \quad (5)$$

где  $a$  – параметр уравнения.

Для верификации моделей использовали световые кривые, полученные в эксперименте при различных температуре и влажности окружающей среды. В качестве примера на рисунках 1 А, Б показано соотношение моделей и натуральных данных для побегов 1-го и 2-го года жизни.

Нелинейная оптимизация натуральных данных выбранными моделями осуществлялась методом наименьших квадратов. Анализ показал лучшее согласие модели II с экспериментальными данными: модель имеет меньшую остаточную сумму квадратов и больший коэффициент детерминации. Параметры нелинейного регрессионного оценивания моделей для световых кривых, представленных на рисунках 1 А, Б, даны в таблице 1. Во всех рассмотренных случаях модель II имеет больший коэффициент детерминации и меньшую остаточную сумму квадратов.

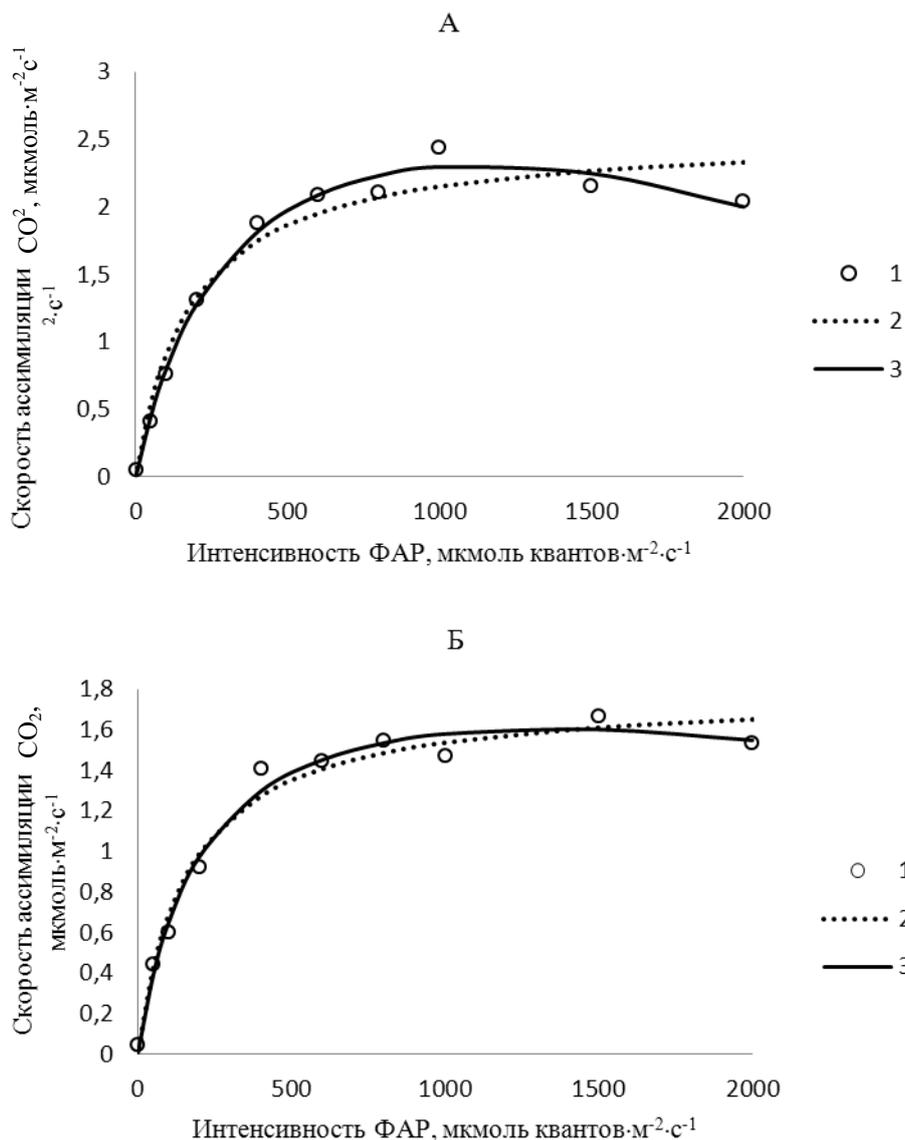


Рис. 1. Аппроксимация световых кривых модельными функциями.  
 1 – экспериментальные данные; 2 – модель I; 3 – модель II.  
 А – побег 1-го года жизни, температура воздуха 22 °С, относительная влажность воздуха 67%; Б – побег 2-го года жизни, температура воздуха 28 °С, относительная влажность воздуха 45%

Таблица 1

**Параметры нелинейного регрессионного оценивания моделей**

Световая кривая	Параметры оценивания	Модель I	Модель II
А	остаточная сумма квадратов (SSQ/df)	0,033	0,008
	коэффициент детерминации (R <sup>2</sup> )	0,958	0,990
Б	остаточная сумма квадратов (SSQ/df)	0,007	0,005
	коэффициент детерминации (R <sup>2</sup> )	0,980	0,987

Полученные выводы согласуются с оценками качества моделей, полученными с использованием критерия Вильямса-Клута [3]: во всех случаях модель II оказалась предпочтительнее модели I.

Таким образом, адекватной моделью, описывающей зависимость интенсивности фотосинтеза хвои пихты сибирской от ФАР и согласующейся с натурными данными, следует признать модель II.

Уравнение (5) можно представить в виде

$$A_{net} = f_1(I_{PAR}) - f_2(I_{PAR}), \quad (6)$$

где  $f_1(I_{PAR}) = \frac{A_m I_{PAR}}{I_{PAR} + k}$ ;  $f_2(I_{PAR}) = a \cdot I_{PAR}^2$  описывается уравнением парабо-

лы.

Вид функций  $f_1(I_{PAR})$  и  $f_2(I_{PAR})$  показан на рисунке 2.

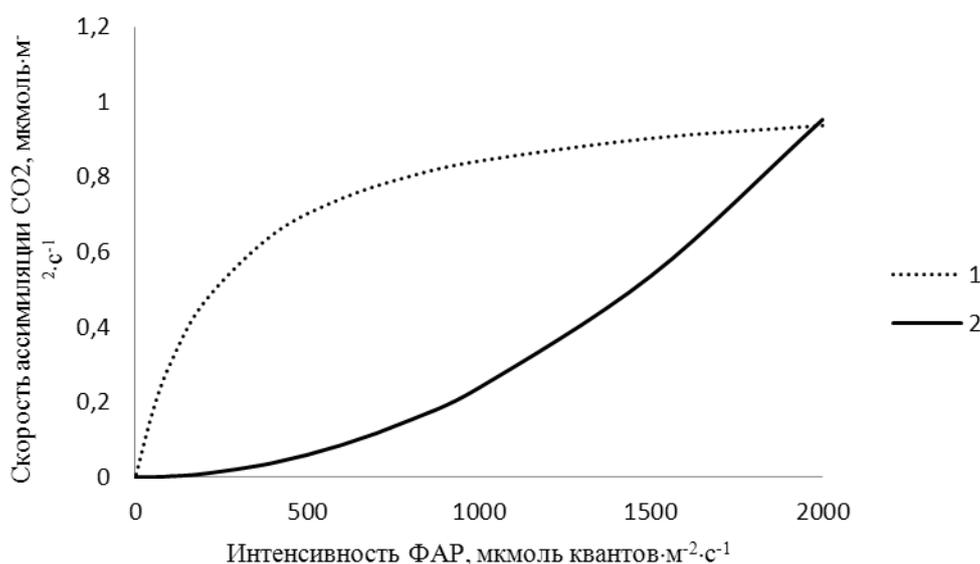


Рис. 2. Графическое представление модельных функций:

$$1 - f_1(I_{PAR}), 2 - f_2(I_{PAR})$$

Для интерпретации выявленных особенностей световых кривых хвои пихты было исследовано изменение других параметров процесса фотосинтеза, измеряемых ИГ, в частности, температуры листа. Анализ зависимости температуры листа от ФАР показал, что ее изменение имеет характер аналогичный поведению функции  $f_2(I_{PAR})$ , возрастающей с увеличением интенсивности ФАР (рис. 2). При больших значениях ФАР температура листа превышает температуру среды на 1–1,5 градуса и снижается практически до температуры среды при малых значениях ФАР. Графики, характеризующие зависимость температуры листа от ФАР, представлены на рисунках 3 А, Б.

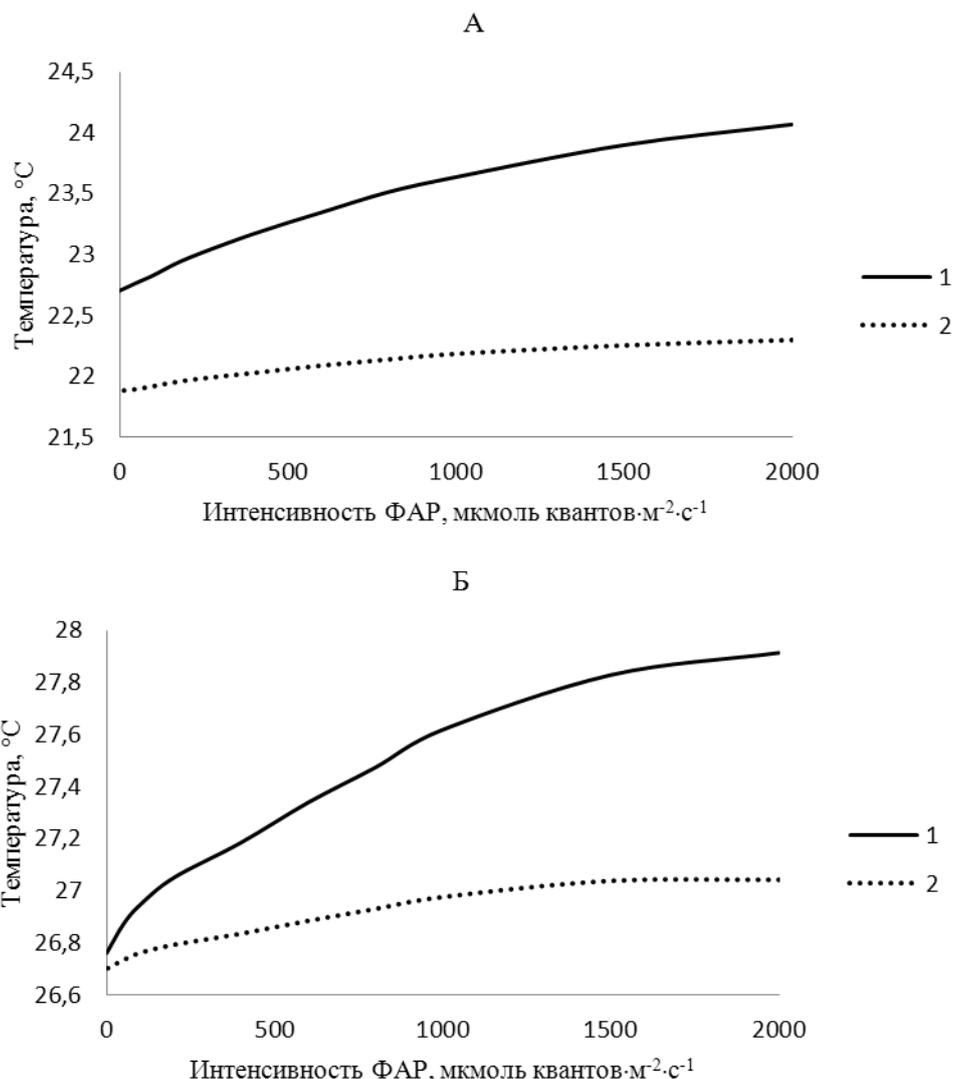


Рис. 3. Зависимость температуры воздуха в камере и температуры листа от интенсивности ФАР. 1 – температура листа; 2 – температура воздуха. А – побег 1-го года жизни, средняя относительная влажность воздуха 67%; Б – побег 2-го года жизни, средняя относительная влажность воздуха 45%

По нашему мнению, наблюдаемая корреляция между температурой листа и интенсивностью ФАР объясняется рассеиванием избыточной энергии поглощенной радиации в виде тепла, что хорошо согласуется с механизмом обратимого фотоингибирования. Излишек поглощенной радиации рассеивается каротиноидами в виде тепла, что приводит к повышению температуры фотосинтезирующего органа [4]. Таким образом, более высокая температура хвои пихты при избыточном освещении, наряду с уменьшением скорости ассимиляции  $\text{CO}_2$ , может рассматриваться как результат фотоингибирования. Тогда выражение  $f_2(I_{PAR})$  представляет зависимость от ФАР разности между скоростью ассимиляции  $\text{CO}_2$  в отсутствие ингибирования и скоростью ассимиляции  $\text{CO}_2$  при наличии ингибирования:

$$f_2(I_{PAR}) = a \cdot I_{PAR}^2. \quad (7)$$

Фактически функция (7) описывает интенсивность трансформации энергии ФАР, которую растение не смогло утилизировать, вследствие перегрузки фотосистемы II, в тепло в результате действия механизма фотоингибирования.

Таким образом, в ходе изучения фотосинтеза пихты сибирской было установлено, что в области высоких значений ФАР скорость ассимиляции CO<sub>2</sub> закономерно снижается. Депрессия фотосинтеза, вероятно, является проявлением процесса обратимого фотоингибирования, что косвенно подтверждается повышением температуры ассимиляционных органов при высоких значениях ФАР. Особенности изменения скорости ассимиляции в зависимости от ФАР адекватно описываются моделью, представленной уравнением (5).

#### Библиографический список

1. Торнли Дж. Г. М. Математическое моделирование в физиологии растений. Киев : Наукова думка, 1982. 312 с.
2. Thornley J. H. M. Dynamic Model of Leaf Photosynthesis with Acclimation to Light and Nitrogen // *Annals of Botany*. 1998. Vol. 81. P. 421–430.
3. Кобзарь А. И. Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников. М. : ФИЗМАТЛИТ, 2006. 816 с.
4. Hopkins W. G. Photosynthesis and respiration. New York : Chelsea House, 2006. 177 p.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ОТКЛИКА РАСТЕНИЙ НА СТРЕССОВЫЕ УСЛОВИЯ СРЕДЫ В УСЛОВИЯХ МОДЕЛЬНОГО ОПЫТА

*Г. Р. Валеева, М. А. Бельтюкова*

*Казанский федеральный университет, guzel.r.valeeva@mail.ru*

В работе исследованы изменения ряда морфофизиологических и биохимических параметров растений на примере тест-культур – репы *Brassica rapa* и овса посевного *Avena sativa*, наблюдаемые под действием модельных токсикантов. В качестве токсикантов выступали нитрат ртути и пестицид глифосат.

Ключевые слова: ртуть, фитотоксичность, биоиндикация, глифосат, стресс, хлорофилл, пестициды, тяжелые металлы.

В условиях нарастающего техногенного изменения биосферы растения все больше подвергаются действию различных факторов среды, оказывающих негативный эффект. Растения ведут прикрепленный образ жизни, в связи с чем не могут избежать негативного воздействия, поэтому различные показатели их состояния активно используются в биоиндикации для оценки качества окружающей среды [1]. Во многих случаях выявляется зависимость доза-эффект для параметров состояния организма, а в подавляющем большинстве случаев данная зависимость является монотонной [2], то есть при возрастании

неблагоприятного воздействия с высокой вероятностью будет выявлено только снижение исследуемых показателей растений, поэтому их значение отражает качество окружающей среды [3]. Способность растительных организмов сопротивляться неблагоприятным условиям жизнедеятельности, адаптироваться к ним и сохранять при этом свой запас жизненной энергии является одним из главных условий существования растений и зависит от адаптации к различным стресс-факторам. В связи с этим целью данного исследования стало выявление изменений в росте и развитии растений под действием модельных стресс-факторов.

В ходе эксперимента растения (репа *Brassica rapa* и овес посевной *Avena sativa*) культивировались на универсальном почвогрунте с добавлением модельных токсикантов – нитрата ртути и пестицида глифосата. В дополнение к дневному свету использовали специальные светодиодные лампы для выращивания растений. На 14-ый день выросшие растения удалялись из почвы, отделялась земля, проростки промывались, подсушивались, далее проводили измерение морфофизиологических признаков: длину всего растения, длину корней и стеблей, а также измеряли массу.

Нитрат ртути не оказал негативного влияния на энергию прорастания семян овса, скорее всего это связано с тем, что семенная кожура явилась первичным барьером. Для репы наблюдалась монотонная зависимость доза-эффект, при увеличении концентрации загрязнителя в почве, данный показатель снижался. Возможно, это связано с большей чувствительностью культуры по отношению к данному токсиканту.

Как видно из рисунков 1 и 2, средние значения длин стеблей растений, растущих 14 дней больше, чем значения после 7 дней роста, это значит, что токсикант не оказал острой токсичности на тест-объекты, проявилось первичное эластичное напряжение процессов жизнедеятельности растений, однако со временем, в нашем случае 7 дней, изменения оказались обратимыми и тест-культуры смогли восстановиться (пусть и за счет торможения роста). По обеим культурам наблюдается превышение контрольных значений при концентрации 0,1 ПДК. Данный факт можно объяснить тем, что в эксперименте был использован нитрат ртути(II), в состав которого входит азот, который стимулирует рост и развитие растений. При концентрации ПДК и выше наблюдается токсическое действие, снижение показателей длины побегов тест-объектов. Данные изменения являются неспецифической реакцией, связанной, в первую очередь, с прямым действием тяжелых металлов на деление и растяжение клеток. Известно, что наиболее интенсивно деление клеток происходит в апикальных меристемах корня и побега, и формирование всех органов растения связано в первую очередь с функционированием меристематических клеток. Было выявлено, что фитотоксическое действие на оба тест-объекта наблюдается при концентрации 10 ПДК. После 14 дней проращивания для репы оно составило 11%, а для овса – 15,8%. Также было выявлено состояние горьмезиса (стимулирующее действие) при концентрации 0,1 ПДК. Для репы оно составило 13,9%, а для овса – 12,4%.

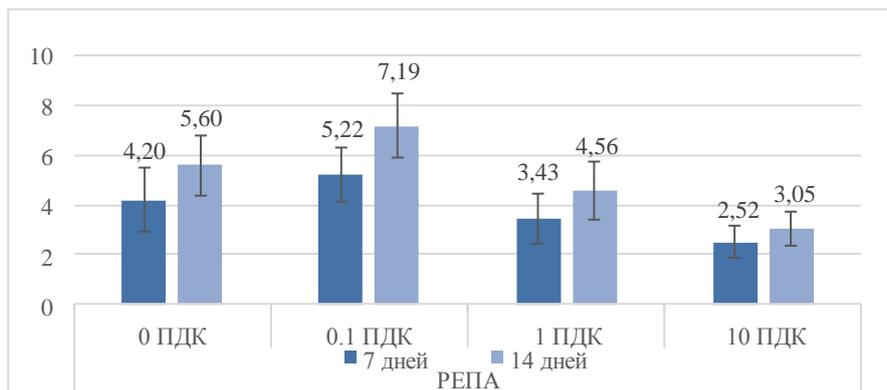


Рис. 1. Длина стеблей репы после 7 и 14 дней роста, см

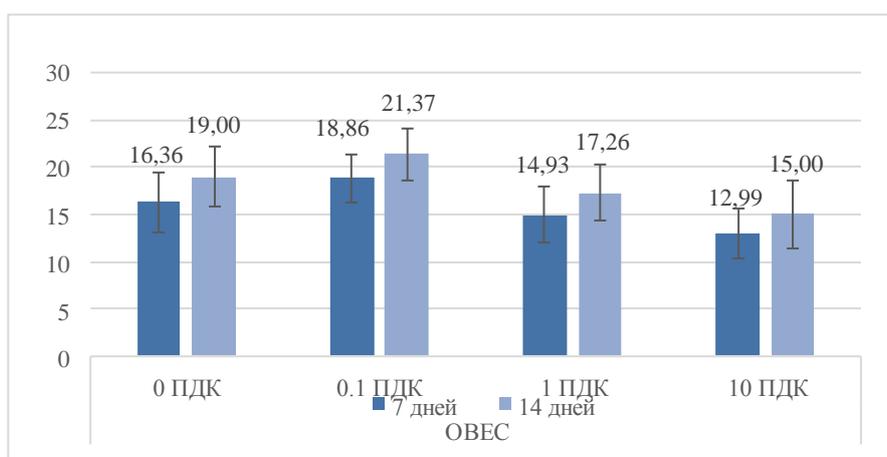


Рис. 2. Длина стеблей овса после 7 и 14 дней роста, см

\* – различия статистически недостоверны при  $p < 0,05$ ; обозначены различия с контрольной группой.

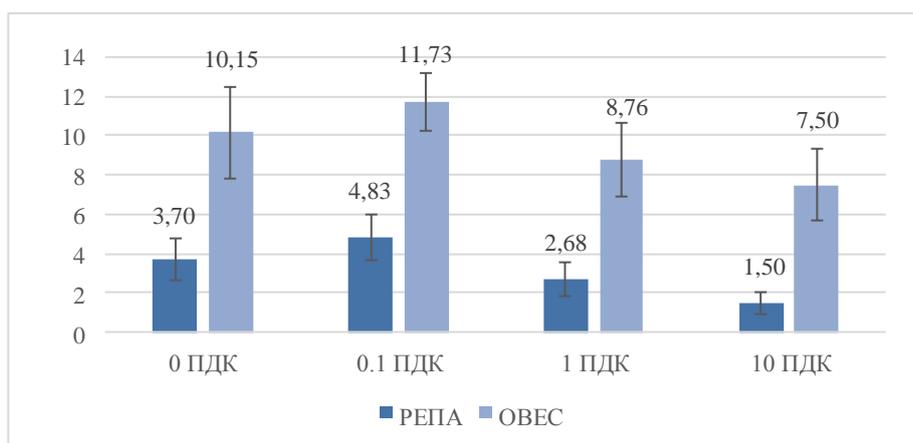


Рис. 3. Длина корней растений после 14 дней роста, см

Из рисунка 3 видно, что длина корней репы и овса значительно меньше, чем длина их стеблей, это связано с тем, что корни являются первым барьером на пути поступления металлов из почвы в растение, и именно корень бе-

рет на себя основную функцию по их аккумуляции. Достоверное токсическое действие наблюдалось при концентрациях 1 ПДК и 10 ПДК.

Фотосинтетический аппарат растений является одним из важнейших показателей состояния организма растений. В ходе эксперимента определялись содержание фотосинтезирующих пигментов и показатели замедленной флуоресценции хлорофилла тест-объектов. В ходе эксперимента наибольшее содержание каждого из пигментов наблюдалось при концентрации 0,1 ПДК. При концентрациях 1 ПДК, 10 ПДК содержание пигментов снижалось по сравнению с контролем. Содержание каротиноидов в разных вариантах опыта близки, это может быть связано с тем, что данные пигменты выполняют защитную роль при действии стрессоров, что подтверждается литературными данными.

Репа оказалась более чувствительной по сравнению с овсом тест-культурой по отношению к ртути.

Глифосат также сильно не повлиял на энергию прорастания культур. Четкой зависимости доза-эффект в ходе эксперимента не наблюдалось. Однако для репы отмечалось небольшое снижение энергии прорастания при увеличении концентрации токсиканта по сравнению с контролем.

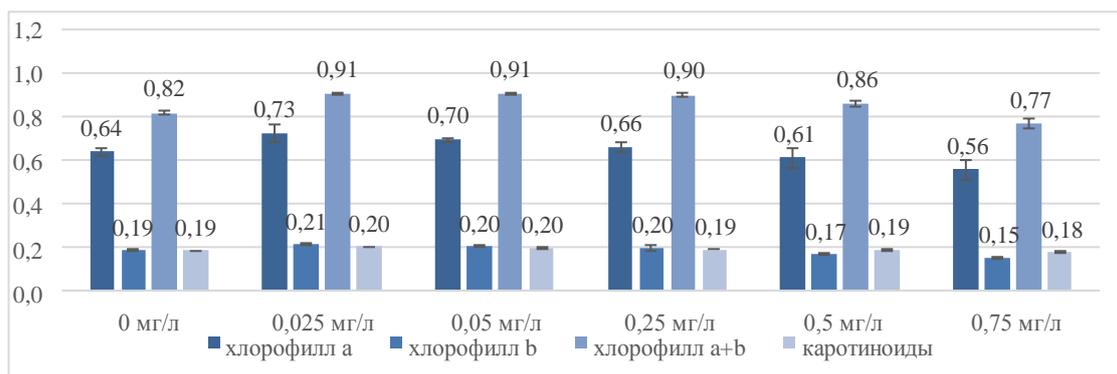


Рис. 4. Содержание пигментов в растениях репы, мг/г сырого веса

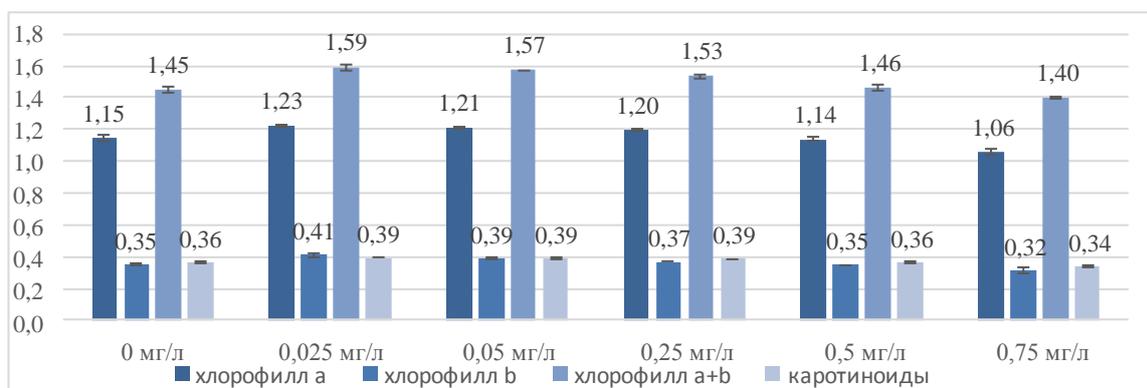


Рис. 5. Содержание пигментов в растениях овса, мг/г сырого веса

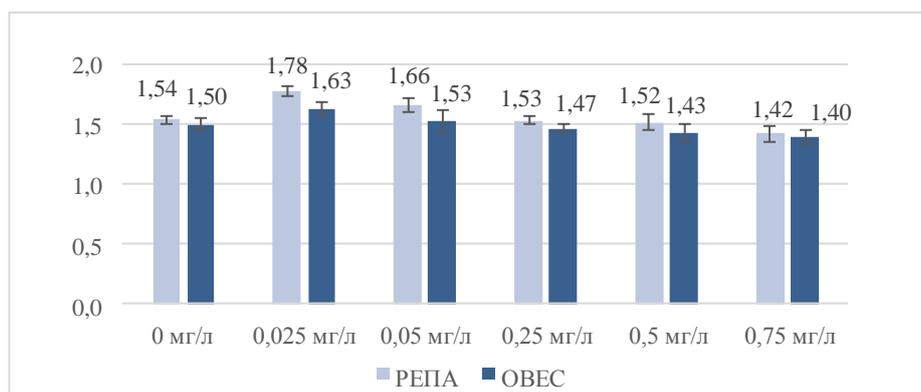


Рис. 6. ОПЗФ, условных единиц

\* – различия статистически недостоверны при  $p < 0,05$ ; обозначены различия с контрольной группой

В варианте с глифосатом значение содержания хлорофилла *a* больше, чем в контроле при концентрациях 0,025; 0,05 и 0,25 мг/л. Наблюдается стимулирующее действие за счет торможения ростовых показателей. Уровень каротиноидов примерно одинаков у всех проб (рис. 4). Уровень каротиноидов так же, как и в опыте с нитратом ртути, примерно одинаков, это связано с ролью каротиноидов в адаптации растений к стрессу. Значения содержания пигментов, равные контролю наблюдаются также при концентрации 0,5 мг/л (рис. 5). На рисунке 6 достоверное отличие относительного параметра замедленной флуоресценции (ОПЗФ) от контроля наблюдается при малой дозе 0,025 мг/л – гормезис, а также при более высокой дозе 0,75 мг/л – токсичность.

Наблюдаемое в обоих экспериментах стимулирующее действие (гормезис) малых доз токсикантов на растения, а также токсическое действие больших доз соотносятся с триадой Г. Селье о стрессе. Селье полагал, что умеренные действия стресс-фактора оказывают положительное действие на организм растения и вызывают эустресс, который характеризуется усилением устойчивости организмов без признаков повреждений. Высокая интенсивность стресс-фактора приводит к развитию дистресса, при котором усиление сопротивляемости организма осуществляется за счет нарушения работы органов, не участвующих в процессе адаптации.

Таким образом, по результатам проделанной работы можно сформулировать следующие выводы.

1. Изменения под действием токсикантов носили немонотонный характер, отклики на исследуемые концентрации выражались дугообразными кривыми. Изменения, наблюдаемые у тест-объектов, по отношению к контролю были как неспецифические, так и специфические. К неспецифическим относится уменьшение линейных размеров растений, снижение значений биохимических показателей по отношению к контролю вследствие проявления токсического эффекта модельных токсикантов. Специфической реакцией можно назвать выявленное стимулирующее действие (гормезис) малых доз токси-

кантов на растения. В ходе визуального осмотра были также выявлены искривления стеблей, флуктуирующая асимметрия некоторых растений.

2. Наиболее чувствительными параметрами являются: длина корня, количественное содержание пигментов. Наименее чувствительным параметром оказалась энергия прорастания семян, так как не было выявлено четкой зависимости значений параметра от различных концентраций токсикантов по сравнению с другими исследуемыми параметрами.

3. Наиболее чувствительным тест-организмом стала растения репы, возможно это связано с тем, что они имеет большую скорость прорастания, более короткий вегетационный период, более высокий транспирационный коэффициент, по сравнению с растениями овса.

#### **Библиографический список**

1. Куценко С. А. Основы токсикологии. М. : Фолиант, 2002. 570 с.
2. Батын А. Н., Фрумин Г. Т., Базылев В. Н. Основы общей и экологической токсикологии. СПб. : СпецЛит., 2009. 352 с.
3. Опекунова М. Г. Биоиндикация загрязнений. СПб. : Изд-во С.-Петербургского университета, 2004. 266 с.

### ***HELIANTHUS TUBEROSUS* L. И *CYNARA SCOLYMUS* L. В УСЛОВИЯХ ИНТРОДУКЦИИ В УЗБЕКИСТАНЕ**

***И. В. Белолопов*<sup>1</sup>, *П. Ю. Хужаев*<sup>1</sup>, *А. М. Исламов*<sup>1</sup>, *Б. Х. Усманов*<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Ташкентский государственный аграрный университет, hojaev71@mail.ru*

<sup>2</sup> *Академический лицей Ташкентского педиатрического  
медицинского института*

Топинамбур (*Helianthus tuberosus* L.) и артишок (*Cynara scolymus* L.) вызывают большой интерес в мировом сельском хозяйстве благодаря своему уникальному биохимическому составу. Поэтому фермеры стали участвовать в их биотехнологической переработке для получения многих питательных веществ, технических, диетических и медицинских продуктов. Низкая распространенность и незначительное использование *H. tuberosus* и *C. scolymus* в Узбекистане объясняется отсутствием информации о разнообразии сортов и их агротехнике, связанных с различными почвенно-климатическими условиями региона.

Ключевые слова: Узбекистан, интродукция, топинамбур, артишок, зеленая масса, клубни, семенная продуктивность.

В настоящее время топинамбур (*Helianthus tuberosus* L.) и артишок (*Cynara scolymus* L.) все более и более завоевывают интерес земледельцев благодаря их уникальному биохимическому составу. Они эффективно включаются в биотехнологическую обработку с получением широкого спектра кормовых, технических, диетических и лечебных продуктов [1].

Малая распространённость и незначительное использование топинамбура и артишока в Узбекистане объясняется отсутствием исчерпывающих сведений по сортам и их агротехнике, применительно к различным почвенно-климатическим условиям региона.

Впервые проведены комплексные исследования *C. scolymus* и *H. tuberosus* в условиях полива и без полива в Самаркандской области [2].

В районе исследования трубчатые цветки *H. tuberosus* сорта «Интерес» распускаются ночью, ранним утром и вечером. Максимальное количество цветков раскрывается утром (с 2 до 6 ч) при температуре воздуха +16 – +18 °С и относительной влажности 75–85%. Днём отмечается полная депрессия в распускании трубчатых цветков, что по-видимому, связано с повышением температуры и снижением влажности воздуха. Одно растение цветет в течение 25–30 дней, а вся плантация топинамбура – 60–70 дней [3–4].

Опыление происходит, главным образом, с помощью насекомых. За весь период наших исследований ни у одного сорта биологически полноценных семян не обнаружено. Исследование жизнеспособности пыльцы топинамбура показало, что она характеризуется высокой стерильностью по сравнению с другими представителями рода. В связи с этим, в условиях Узбекистана размножение сорта «Интерес» с помощью семян невозможно.

Изучение продуктивности надземных и подземных органов этого сорта на лугово-болотных почвах показало, что посадка 4–5 клубней более эффективна по сравнению с другими вариантами.

В сентябре наблюдается максимальное накопление кормовой массы растений – 3,4 кг/м<sup>2</sup> зеленой массы и 3,9 кг/м<sup>2</sup> клубней. При раннем (июнь) и среднем (август) сроках укоса урожай надземной массы составляет 2,1–2,5 кг/м<sup>2</sup> и 3,2–3,4 кг/м<sup>2</sup> соответственно. Высокие урожаи клубней (до 4 кг/м<sup>2</sup>) удается получать при более поздних (сентябрь) укосах. Повторные укосы приводят к снижению урожая клубней. Без поливов на лугово-болотных почвах можно получать более 5 кг/м<sup>2</sup> кормовой продукции.

При частых поливах на типичных сероземах урожай зеленой массы достигает 7,5 кг/м<sup>2</sup> у сорта «Интерес». С уменьшением числа поливов продуктивность зеленой массы снижалась более резко, чем на лугово-болотных почвах. У сорта «Интерес» при поливе через 20 дней урожай зеленой массы составил 5,7 кг/м<sup>2</sup>, а через 30 дней – 2,4 кг/м<sup>2</sup>.

У *C. scolymus* крупные соцветия – корзинки – формируются на неспециализированных генеративных побегах. Дифференциация тканей и закладка элементов цветка на расширенном конусе нарастания побега происходят в третьей декаде февраля.

Наступление фазы бутонизации при оптимальной влажности на поливных землях наблюдается в конце апреля, а без полива – во второй декаде мая. Наибольшее число корзинок формируется у 4–5-летних растений. Число цветков в соцветиях зависит от возраста растений и условий культивирования.

Цветки протерандричные. Пыльники вскрываются еще внутри бутона, затем тычиночные нити сильно удлиняются и выносят их из венчика. Рыльце в это время еще незрелое. Затем интенсивно растет столбик пестика, и рыльце выступает наружу, при этом оно уже обсыпано пылью из собственных пыльников. Раскрытие цветков идет от периферии к центру корзинки. Процесс цветения начинается с 6 ч утра. Массовое цветение (50% цветков) наблюдается с 8 до 10 ч при температуре +23 – +25 °С. и относительной влажности воздуха 50–55%. После 18 ч цветение прекращается.

Массовое раскрытие цветков приходится на период с 5 по 15 июля, когда температура воздуха составляет +27 °С, а относительная влажность 38–40%. Цветение одного цветка длится 3–4, корзинки – 9–12, растения – 20–25 дней. По способу опыления *C. scolymus* – энтомофильное растение, опыляется при помощи *Apis mellifera* L., *Xylocopa violaceae* L. из сем. Пчелиновые (Apidae), *Hedechridium turanicum* из сем. Ос-блестянок (Chrysidae) [5].

Изучение семенной продуктивности проводили на 2-, 4- и 6-летних растениях. Наибольшее количество образовавшихся соцветий при поливе и без него отмечено у 4-летних растений. Наибольшая потенциальная семенная продуктивность (ПСП) наблюдается также у растений 4-го года вегетации: при поливе она составила 26000±24,4, без полива 11610±46,6 семязачатков на одно растение; наименьшая ПСП – у растений 2-го года вегетации: при поливе 7800±44,2, без полива – 3600±2,28 семязачатков. Реальная семенная продуктивность у всех 2-, 4-, 6-летних растений была высокая. Коэффициент продуктивности варьировал: при поливе от 60% у 2-летних растений до 75% – у 4-летних, без полива – от 55% – у 2-летних до 70% – у 4-летних растений.

Таким образом, растения в условиях интродукции характеризуются высокими показателями зеленой массы и клубней у топинамбура, реальной семенной продуктивности у артишока, как при поливе, так и на безполивных участках.

#### Библиографический список

1. Лавренов В. К., Лавренова Г. В. Современная энциклопедия лекарственных растений. СПб. – М. : Изд-во «Нева», 2006. С. 33.
2. Белолипов И. В., Курмуков А. Г. Дикорастущие лекарственные растения Узбекистана (ботаника, химия, фармакогнозия, медицина). Ташкент : Extremum press, 2012. 288 с.
3. Артюшенко З. Т., Федоров А. А. Атлас по описательной морфологии высших растений : Цветок. Л. : Наука, 1986. 392 с.
4. Диакон И. П. Определение жизнеспособности пыльцы полевых культур с применением трифенилтетразоля хлорида // Селекция и семеноводство. 1962. № 3. С. 68–69.
5. Белолипов И. В., Курмуков А. Г., Зокиров С. Виды *Rhodiola* L. флоры Узбекистана и изучение возможности интродукции их в условиях г. Ташкента // Фармацевтический журнал. 2011. № 2. С. 12–16.

## **БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КРОВИ ЛАБОРАТОРНЫХ МЫШЕЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ИОНОВ ЦИНКА В ВОДЕ**

*О. М. Плотникова, А. Е. Подберезных*

*Курганский государственный университет, plotnikom@yandex.ru*

В статье представлены данные по изменению биохимических показателей крови лабораторных мышей для оценки качества поверхностных водных Курганской области как опыт применения биологических методов биодиагностики. Определены наиболее чувствительные к химическому загрязнению солями цинка показатели – это показатели перекисного окисления липидов и окислительной модификации белков, характеризующие антиоксидантную систему в виде.

Ключевые слова: качество воды, биохимические показатели крови.

Согласно данным ежегодных государственных докладов «Природные ресурсы и охрана окружающей среды Курганской области», поверхностные воды, как рек, так и озер, Курганской области по комплексному показателю – удельному комбинаторному индексу загрязненности воды (УКИВЗ) – в большинстве своем характеризуются как «грязные». Среди солей металлов наиболее распространенными загрязнителями водных объектов области являются соединения марганца, цинка, меди, железа [1]. Медь, железо и марганец являются поливалентными металлами, наше предыдущее исследование было посвящено изучению хронического влияния марганца [2]. В данной работе проведено исследование влияния ионов цинка на биохимические показатели крови лабораторных мышей. Среднее содержание ионов цинка в реках и озерах составляет 2 ПДК<sub>р.-х.</sub> (ПДК цинка для рыбо-хозяйственных водоемов составляет 0,01 мг/л, ПДК для воды культурно-бытового назначения – 1 мг/л).

Цинк является эссенциальным элементом и вторым после железа по распространенности в организме теплокровных, он участвует в синтезе нуклеиновых кислот, белков и липидов [3]. Было показано, что даже при неравномерном поступлении цинка общее его содержание в организме может оставаться на постоянном уровне [4]. Однако может ли наступить дисбаланс при длительном хроническом поступлении ионов цинка?

В связи с этим нами было проведено исследование по изучению биохимических показателей крови лабораторных мышей при длительном поступлении ионов цинка в организм.

Для эксперимента были отобраны опытная и контрольная группы мышей (по 9 особей в каждой). Мышей опытной группы в течение двух месяцев поили раствором ацетата цинка с концентрацией ионов цинка 20 мг/л, мышей контрольной группы поили водой. По окончании эксперимента животных декапитировали, для исследования отбирали кровь и центрифугиро-

вали. Все работы с лабораторными мышами проводили согласно принципам гуманного отношения к животным и правилами лабораторной практики [5].

В полученной плазме крови определяли: содержание общего белка, альбумина, мочевины, глюкозы, холестерина, триглицеридов, активность ферментов, характеризующих функциональное состояние печени – аланин- (АЛТ) и аспартат- (АСТ) аминотрансфераз, сывороточной холинэстеразы (ХЭ), лактатдегидрогеназы (ЛДГ), амилазы, а также показатели перекисного окисления липидов (ПОЛ) и окислительной модификации белков (ОМБ) – содержание малонового диальдегида (МДА), альдегидо- (АФГ) и кето- (КФГ) фенилгидразонов [6].

Статистическую обработку данных экспериментов проводили методом вариационной статистики для малых выборок с принятием уровня значимости ( $p$ ), менее 0,05, на основании средних рассчитывали различия в процентах (%) опытных и контрольных групп; достоверность различий между выборками оценивали с использованием критерия Стьюдента для независимых выборок. При статистической обработке результатов исследования был использован модуль «Анализ данных» для программы Microsoft Excel.

Полученные экспериментальные данные приведены в таблице.

*Таблица*

**Показатели крови после поения мышей раствором ацетата цинка**

Показатели крови	Группы	Среднее	Стандартное отклонение	Интервал	Критерий Стьюдента	% от контроля
1	2	3	4	5	6	7
Общий белок (ОБ), г/л	опыт	46,9	2,64	46,9±2,64	0,120	96
	контроль	49,0	4,35	49,0±4,35		
Альбумин, г/л	опыт	26,7	1,62	26,7±1,62	0,057	96
	контроль	27,9	1,22	27,9±1,22		
АЛТ, Е/л	опыт	22,0	3,05	22,0±3,05	0,044	<b>86*</b>
	контроль	25,5	4,72	25,5±4,72		
АСТ, Е/л	опыт	125	22,9	125±22,9	0,292	96
	контроль	130	15,1	130±15,1		
ХЭ, Е/л	опыт	2706	829	2706±829	0,061	80
	контроль	3372	908	3372±908		
ЛДГ, Е/л	опыт	953	361	953±361	0,003	<b>67*</b>
	контроль	1413	218	1413±218		
Амилаза, Е/л	опыт	225	18,1	225±18,1	0,111	94
	контроль	239	28,7	239±28,7		
Холестерин, ммоль/л	опыт	3,99	0,47	3,99±0,47	0,054	108
	контроль	3,7	0,21	3,7±0,21		
Глюкоза, ммоль/л	опыт	11,5	0,85	11,5±0,85	0,030	<b>109*</b>
	контроль	10,5	1,11	10,5±1,11		
Триглицериды, ммоль/л	опыт	1,21	0,13	1,21±0,13	0,00008	<b>128*</b>
	контроль	0,9	0,09	0,9±0,09		
Мочевина, ммоль/л	опыт	8,53	0,65	8,53±0,65	0,029	<b>108*</b>
	контроль	7,9	0,72	7,9±0,72		

1	2	3	4	5	6	7
МДА, мкмоль/л	опыт	7,1	0,82	7,1±0,82	0,002	<b>118*</b>
	контроль	6,0	0,55	6,0±0,55		
АФГ, е.о.п./г ОБ	опыт	75,7	29,0	75,7±29,0	0,004	<b>184*</b>
	контроль	41,1	16,6	41,1±16,6		
КФГ, е.о.п./г ОБ	опыт	8,3	4,03	8,3±4,03	0,096	139
	контроль	6,0	3,12	6,0±3,12		

Примечание: \* – достоверные изменения в опытной группе относительно контроля.

Повышенное поступление ионов цинка не привело к какому-либо значимому изменению уровня белковых показателей – протеинов и альбумина при одновременном достоверном снижении активности АЛТ на 14% и тенденции к снижению холинэстеразы. При этом процессы ОМБ были активированы, на что указывало рост продуктов окисления белков (фиксируемых в виде АФГ и КФГ) как первичного в виде альдегидов (достоверно в 1,84 раза), так и глубокого окисления в виде кетонов (тенденция в 1,4 раза). Для продукта ПОЛ в виде МДА также отмечен достоверный рост в 1,18 раза. Такое одновременное увеличение продуктов окисления, как липидов (ПОЛ), так и белков (ОМБ), указывало на снижение ресурсов антиоксидантной системы (АОС). Надо отметить, что рост продуктов ПОЛ не является критичным, что, скорее всего, не будет приводить к значительным сбоям в работе клеточных мембран.

Незначительное снижение уровня белковых фракций при росте ОМБ объясняется, видимо, превращением глюкозы через глюкозо-аланиновый цикл в аланин, что косвенно подтверждали следующие данные: достоверное увеличение концентрации глюкозы и мочевины (на 8–9%) при снижении активности НАД-зависимой ЛДГ на 33%.

Увеличение концентрации ионов цинка в воде не приводило к гипоксии, на что указывало не только снижение активности ЛДГ, но и рост уровня триглицеридов (1,28 раза), распад которых тормозится параллельным процессом образованием пирувата с дальнейшим его превращением в аланин.

Таким образом, в условиях проведенного эксперимента показано, что длительное, в течение жизни, поступление повышенного количества ионов цинка с питьевой водой не вызывает гипоксии, однако может приводить к срыву в работе, прежде всего, антиоксидантной системы. Это указывает на необходимость постоянного контроля содержания цинка в воде для бытовых нужд в регионах, а также медикаментозного использования препаратов цинка.

#### Библиографический список

1. Доклад о состоянии и охране окружающей среды Курганской области в 2018 году. Курган, 2019. 244 с.
2. Плотникова О. М., Кириллов Н. С. Изменение биохимических показателей крови лабораторных мышей при хроническом влиянии хлорида марганца(II) // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем : материалы XVI Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Книга 1. Киров : ВятГУ, 2018. С. 148–151.

3. Шейбак В. М. Биологическое значение и регуляция гомеостаза цинка у млекопитающих // Проблемы здоровья и экологии. 2016. № 4 (50). С. 11–16.
4. Шейбак В. М., Шейбак Л. Н. Биологическая роль цинка и перспективы медицинского применения цинксодержащих препаратов. Гродно, 2003. 82 с.
5. Правила лабораторной практики в Российской Федерации: приложение к приказу МЗ РФ № 267 от 19.06.2003.
6. Справочник по лабораторным методам исследования / Под ред. Л. А. Даниловой. СПб. : Питер, 2003. С. 218–277.

## **МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ СПЕРМАТОЗОИДОВ У ПОЛЕВОК-ЭКОНОМОК, ОБИТАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ ПОВЫШЕННОГО РАДИАЦИОННОГО ФОНА**

*Н. Н. Старобор, О. В. Раскоша*

*Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, starobor@ib.komisc.ru*

В статье представлены данные морфометрического анализа зрелых половых клеток самцов полевок-экономок (*Alexandromys oeconomus* Pall.), отловленных на участках с различным уровнем радиационного фона. У облученных самцов по сравнению с контрольными особями выявлено уменьшение длины головки сперматозоида, увеличение числа сперматозоидов с более длинной средней частью хвоста и общей длины половых клеток.

Ключевые слова: малые дозы радиации, полевка-экономка, сперматозоиды, морфометрия.

Сохранение численности популяции в антропогенно нарушенной среде обитания зависит от репродуктивных возможностей особей. Половые железы обладают высокой чувствительностью к воздействию повреждающих факторов различной природы, в том числе и радиационной. Особенно актуальным является изучение воздействия малых доз радиации на половые клетки животных, обитающих в условиях техногенного загрязнения. По данным литературы, ионизирующее излучение вызывает снижение качества половых клеток, что приводит к нарушению процессов воспроизводства и плодовитости [1, 2]. В некоторых работах авторы отмечают появление большого числа различных морфологических аномалий головок сперматозоидов после радиационного воздействия [3–8]. Данные по изучению изменчивости размерных показателей сперматозоидов (определение длины составляющих элементов половой клетки) у животных, обитающих на радиоактивно загрязненных территориях, немногочисленны [1, 2]. В связи с этим цель работы состояла в оценке морфометрических показателей сперматозоидов у полевок-экономок, длительное время обитающих в условиях повышенного радиационного фона.

Полевок-экономок отлавливали в пос. Водный Ухтинского района Республики Коми на территории с повышенным (мощность внешнего  $\gamma$ -фона – 0,5–2,0 мкР/ч) и нормальным радиационным фоном (0,1–0,15 мкР/ч).

Морфометрические показатели оценивали у 9 самцов с радиоактивно загрязненного участка и у 7 самцов с контрольного участка. Забор биоматериала проводили в день отлова животных. Манипуляции с полевками осуществляли с соблюдением требований международных принципов Хельсинской декларации о гуманном отношении к животным для экстирпации органов [9].

Морфология сперматозоидов видоспецифична [10], поэтому для корректного морфометрического анализа используют только зрелые эпидидимальные сперматозоиды [11]. Мазки забуференной суспензии половых клеток делали по методике [12]. Размерные значения рассчитывали на основании измерений 50 сперматозоидов от каждого самца. Анализ мужских половых клеток проводили по схеме Аксеновой [13] (рис.) с применением программы ImageJ, измеряя (мкм):

- длину головки сперматозоида (HL) – наибольшую длину головки от переднего края акросомы до края заднего выступа;
- ширину головки сперматозоида (HW) – ширина головки от дорсальной до вентральной стороны;
- площадь головки сперматозоида, включая апикальный крючок ( $\text{мкм}^2$ );
- длину средней части сперматозоида (MPL) – длина хвоста от места крепления к головке до границы темнокрашенной утолщенной части хвоста;
- ширину средней части сперматозоида;
- общую длину хвоста (TFL);
- общую длину сперматозоида.

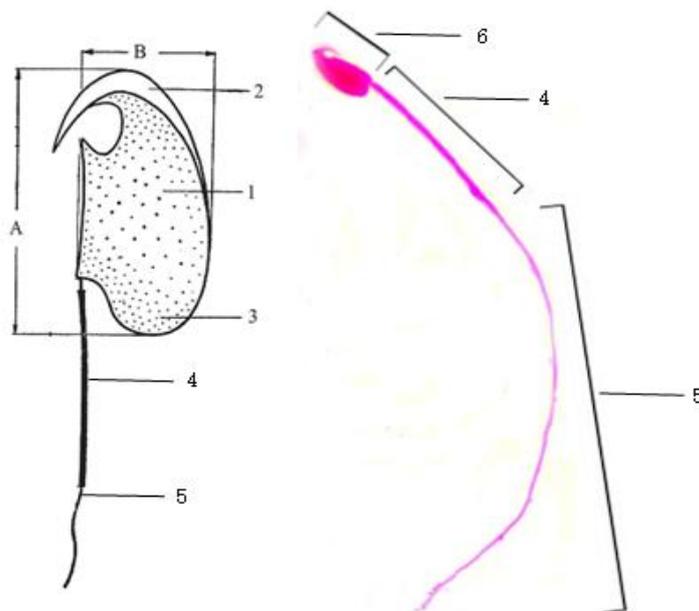


Рис. Схема строения и измерений сперматозоида полевки-экономки. Слева по Аксеновой, 1978 (1 – ядро, 2 – акросома, 3 – выступ задней части головки, 4 – средняя часть хвоста, 5 – жгутик, А – длина головки, В – ширина головки). Справа сперматозоид самца полевки-экономки, отловленного на радиоактивно загрязненном участке (4 – средняя часть хвоста, 5 – основная часть хвоста – жгутик, 6 – головка; окраска эозином)

На основании этих измерений были вычислены индексы: HL/HW (индекс удлинения головки), MPL/HL (отношение длины средней части хвоста сперматозоида к длине головки) и TFL/HL (отношение длины хвоста к длине головки). Чем выше данные индексы, тем меньше сопротивление головки сперматозоида и выше скорость его передвижения [14]. Статистическую обработку морфометрических показателей проводили с применением t-критерия Стьюдента [15].

Измерение длины головок сперматозоидов показало, что у самцов, отловленных на участке с повышенным радиационным фоном этот показатель составлял  $6,89 \pm 0,04$  мкм, а ширина –  $3,18 \pm 0,03$  мкм, что было меньше, чем у самцов с контрольного участка (соответственно  $7,07 \pm 0,06$  мкм и  $3,23 \pm 0,05$  мкм), причем различия в длине головок были статистически значимы ( $p \leq 0,05$ ). Площадь головок сперматозоидов у облученных самцов тоже была несколько меньше –  $18,08$  мкм<sup>2</sup> ( $18,5$  мкм<sup>2</sup> – в контроле). Отношение длины головки к ее ширине (HL/HW) у полевок с радиоактивно загрязненного участка составляло 2,16, у полевок с контрольного участка – 2,19. Обнаружено, что у самцов полевок, обитающих в условиях повышенного радиационного фона, длина всего сперматозоида была  $87,05 \pm 0,07$  мкм, из которых длина хвоста занимала  $80,24 \pm 0,06$  мкм, а длина средней части хвоста –  $18,92 \pm 0,03$  мкм (варьируя от 20,28% до 27,82% от общей длины хвоста). У самцов с контрольной территории размер зрелой половой клетки был  $86,69 \pm 0,08$  мкм, длина хвоста –  $79,53 \pm 0,07$  мкм, средняя часть хвоста составляла  $18,54 \pm 0,03$  мкм, варьируя от 20,85% до 27,22% от общей длины хвоста. Имеются сведения о том, что сперматозоиды с более длинным хвостом обладают большей скоростью движения [16, 17]. Расчеты показали, что число сперматозоидов, у которых длина хвоста превышала 82,0 мкм, было больше у облученных самцов (16,78%, у контрольных особей – 1,85%). Также у самцов, отловленных с радиоактивно загрязненного участка доля сперматозоидов с более длинной средней частью хвоста ( $MPL \geq 20,0$  мкм) была выше контрольных значений (11,15% и 4,59%, соответственно). Эта часть хвоста считается наиболее функциональной и принципиально важной зоной мужских половых клеток, обеспечивающей выработку энергии, необходимую для движения сперматозоида [18]. Индекс MPL/HL у облученных самцов тоже был несколько выше – 2,75, по сравнению с контрольными животными 2,66. Уменьшение длины головки сперматозоида у облученных полевок по сравнению с необлученными животными привело к увеличению индекса TFL/HL до 11,68 (в контроле он составляет – 11,36). Более длинный хвост по отношению к размеру головке способствует лучшему преодолению сопротивления головки при движении сперматозоида.

Таким образом, длительное обитание полевок-экономок в условиях повышенного радиационного фона привело к изменениям морфометрических параметров сперматозоидов (увеличение длины хвоста сперматозоида, уменьшение длины его головки, а также увеличение числа сперматозоидов с

более длинной средней частью хвоста), направленных на поддержание функциональной фертильности самцов.

*Исследования выполнены в рамках ГЗ ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН № АААА-А18-118011190102-7.*

#### **Библиографический список**

1. Impaired swimming behaviour and morphology of sperm from barn swallows *Hirundo rustica* in Chernobyl / A. P. Møller, T. A. Mousseau, C. Lynn, S. Ostermiller, G. Rudolfson // *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*. 2008. Vol. 650. P. 210–216. doi: 10.1016/j.mrgentox.2007.12.006
2. Kivisaari K. The Effects of Ionizing radiation on bank vole in Chernobyl Exclusion Zone [Электронный ресурс] [https://jyx.jyu.fi/bitstream/handle/123456789/66389/1/978-951-39-7959-1\\_vaitos\\_2019\\_11\\_30\\_jyx.pdf](https://jyx.jyu.fi/bitstream/handle/123456789/66389/1/978-951-39-7959-1_vaitos_2019_11_30_jyx.pdf) (Дата обращения: 05.11.2020).
3. Burruel V. R., Yanagimachi R., Whitten W. K. Normal mice develop from oocytes injected with spermatozoa with grossly misshapen heads // *Biology of Reproduction*. 1996. Vol. 55. P. 709–714.
4. Влияние радиационного облучения на витаминный статус и сперматогенез крыс / В. В. Евдокимов, В. М. Коденцова, О. Я. Вржесинская и др. // *Бюллетень экспериментальной биологии и медицины*. 1997. Т. 123, № 5. С. 524–527.
5. Semen abnormalities, sperm DNA damage and global hypermethylation in health workers occupationally exposed to ionizing radiation / D. Kumar, S. R. Salián, G. Kalthur, S. Uppangala, S. Kumari et al. // *PLoS ONE* 8(7): e69927. P. 1–8. doi: 10.1371/journal.pone.0069927
6. Ryabokon N. I. Multigenerational effects of chronic ionizing radiation in natural populations of model mouse-like rodents living in accidentally radiocontaminated areas. *NATO Science for Peace and Security Series. Human and Societal Dynamics*. 2010. IOS Press. 73. P. 277–289. doi: 10.3233/978-1-60750-645-4-277
7. Møller A. P., Surai P. F., Mousseau T. A. Antioxidants, radiation and mutation in barn swallows from Chernobyl // *Proc Biol Sci*. 2005. Vol. 272. P. 247–253. Published online. doi: 10.1098/rspb.2004.2914
8. Bashlykova L., Raskosha O., Starobor N. Induction of abnormal sperm heads in small mammals under chronic ionizing radiation // *Turkish Journal of Zoology*. 2019. Vol. 43. P. 540–544. <http://journals.tubitak.gov.tr/zoology/issues/zoo-19-43-5/zoo-43-5-13-1903-6.pdf>
9. World Health Organization. WHO laboratory manual for the examination and processing of human semen, 5th ed. Geneva: World Health Organization. 2010. 272 p. [https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/44261/9789241547789\\_eng.pdf](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/44261/9789241547789_eng.pdf)
10. Sebek Z. Neuere Artkriterien bei den Mauseartigen (Fam. Muridae) // *In Simposium theriologicum*, Brno. 1962. p. 318–323.
11. Lehmann E., Schaefer H. E. Über die Morphologie und den taxonomischen Wert von Kleinsäugetierspermien // *Bonner Zoologische Beiträge*. 1974. Vol. 25. P. 23–27.
12. Soares E. R., Sheridan W., Segall M. Increased frequencies of aberrant sperm as indicators of mutagenic damage in mice // *Mutation Research*. 1979. Vol. 64. P. 27–35.
13. Аксенова Т. Г. Особенности строения сперматозоидов и их значение в систематике серых полевок (*Rodentia, Microtus*) // *Труды Зоологического института АН СССР*. 1978. Т. 79. С. 91–101.
14. Sperm design and sperm function / A. F. Malo, M. Gomendio, J. Garde, B. Lang-Lenton, A. J. Soler, E. R. S. Roldan // *Biology Letters*. 2006. Vol. 2. P. 246–249. doi:10.1098/rsbl.2006.0449
15. Лакин Г. Ф. Биометрия. М. : Высшая школа. 1990. 352 с.

16. Gomendio M., Roldan E. R. S. Implications of diversity in sperm size and function for sperm competition and fertility // *International Journal of Developmental Biology*. 2008. Vol. 52. P. 439–447. doi: 10.1387/ijdb.082595mg

17. Sperm competition differentially affects swimming velocity and size of spermatozoa from closely related murid rodents: head first / L. G. Montoto, M. V. Sanchez, M. Tourmente, J. Marturi-Coello, J. J. Luque-Larena, M. Gomendio, E. R. S. Roldan // *Society for Reproduction and Fertility*. 2011. Vol. 142. P. 819–830. doi: 10.1530/REP-11-0232

18. Turner R. M. Review Tales From the Tail: What Do We Really Know About Sperm Motility? // *Journal Andrology*. 2003. Vol. 24. P. 790–803. doi: 10.1002/j.1939-4640.2003.tb03123.x

## **ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ КАЧЕСТВА ВОД НИЖНЕКАМСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ ЗООБЕНТОСА**

*А. В. Мельникова*

*Татарский филиал ФГБНУ «ВНИРО», d.bugensis@mail.ru*

В статье представлены результаты изучения экологического состояния Нижнекамского водохранилища методом биоиндикации по данным зообентоса за 2017–2018 гг. В результате проведения исследований было выявлено, что по большинству индексов степень загрязненности исследуемого участка акватории водохранилища в рассматриваемый период соответствовала «умеренно загрязненным» и 3 классу качества вод.

Ключевые слова: биоиндикация, зообентос, Нижнекамское водохранилище, качество воды.

Нижнекамское водохранилище является одним из крупнейших искусственных водохранилищ Республики Татарстан, а также третьим и самым нижним среди Камских водохранилищ. Водоем был создан в 1979 г. для получения электроэнергии, водоснабжения городов и населенных пунктов, а также промышленных предприятий, для развития судоходства и рыбного хозяйства [1]. По литературным данным в основном качество вод в водохранилище характеризовалось превышением по содержаниям загрязняющих веществ для водного объекта, имеющих рыбохозяйственное значение, по таким элементам, как марганец, общее железо и органическим соединениям [2]. Основными загрязняющими веществами в водоеме являются соединения меди и марганца, нефтепродукты, фенолы, азот нитритный, азот аммонийный, а также сульфаты и фосфаты. Наиболее существенное влияние на состояние водоема оказывают такие предприятия как «Нижнекамскнефтехим», «Челныводоканал» и «Вода Прикамья» [3, 4].

Для оценки качества поверхностных вод в основном используются удельный комбинаторный индекс загрязненности вод (УКИЗВ) и класс качества вод. По литературным данным [2, 5] в период 2010–2017 гг. класс качества и характеристика загрязненности в целом по водохранилищу находилась

в пределах категории IIIа «загрязненная» и IIIб «очень загрязненная». Биоиндикационные методы оценки качества вод по показателям фитопланктона согласно индексу сапробности Пантле и Букка в модификации Сладечека показали, что в 2017 г. воды в целом соответствовали «умеренно загрязненным» (третий класс;  $\beta$ -мезосапробная зона), а по зоопланктону – «загрязненным» (четвертый класс;  $\alpha$ -мезосапробная зона). На тот период наиболее загрязненным участкам водохранилища по данному индексу относились Приплотинный (у г. Менделеевск) и Верхний (у нп Камбарка) плесы, а благоприятное состояние было отмечено для Центрального плеса в районе нп Красный Бор [6].

Донные беспозвоночные являются одним из наиболее часто используемых в биологическом мониторинге качества вод различных водоемов. Благодаря их довольно длительному жизненному циклу можно говорить о происходивших в водоеме процессах и изменениях за продолжительный период времени. Также представители донной фауны считаются одними из хороших индикаторов загрязнения токсическими и биогенными веществами, закисления, а также и эвтрофирования водоема. Существует много методов оценки состояния водоемов по зообентосу, однако основная часть основана на структурных характеристиках их сообществ или на индикаторных значениях отдельных видов [7–11].

Материалом послужили пробы зообентоса, отобранные в период 2017–2018 гг. на Нижнекамском водохранилище на пяти разрезах: 1) в районе г. Менделеевск, 2) у устья р. Иж, 3) у нп Красный Бор, 4) у нп Каракулино и 5) у нп Камбарка. Количественные пробы донных беспозвоночных на каждом из разрезов, по возможности, отбирали на правобережной и левобережной сторонах, а также в русловой части водоема. Материал был собран дночерпателем Петерсена (с площадью захвата 0,025 м<sup>2</sup>) по общепринятым стандартным методам в гидробиологии [12, 13]. Фиксировали пробы 96%-м спиртом. Таким образом, было отобрано и обработано 60 количественных проб донных беспозвоночных.

Для проведения оценки качества воды по показателям зообентоса предложено большое число методов и индексов, основанных на показательных значениях отдельных видов и разнообразии [7, 8, 14–16]. Для оценки качества воды в данной работе был использован комплекс индексов: индекс сапробности Пантле и Букка в модификации Сладечека ( $S$ ), хирономидный индекс Балушкиной ( $K$ ), индекс видового разнообразия Шеннона, рассчитанный по численности ( $H_N$ ) и биотический индекс Вудивисса ( $БИ$ ) [8, 15].

При расчете индекса сапробности были использованы не только индикаторные значения сапробности для аборигенных видов [17], но и учитывались инвазионные виды, так как они играли существенную роль в формировании зообентоса Нижнекамского водохранилища. В работе были использованы индикаторные значения вселенцев, которые были рассчитаны для инвазионных видов Куйбышевского водохранилища [18, 19]. Таким образом, из всех выявленных таксонов донных беспозвоночных только 33 имели сапробную валентность, что составляет лишь 44% от общего количества донных

беспозвоночных. Однако если учитывать и инвазионные виды, количество таксонов со значениями  $s_i$ , то их количество составило 65% выявленных таксонов на водохранилище. Без учета инвазионных видов наибольшее количество таксонов с сапробной валентностью относилось к  $\beta$ -мезосапробам (11) и  $\beta$ - $\alpha$ -мезосапробным (9) видам. Однако, при учете видов-вселенцев, которые в основном являлись  $\beta$ -мезосапробами, количество видов, характеризующие водоем как  $\beta$ -мезосапробная зона загрязнения, возрастало.

Таким образом, по полученным средним значениям индекса сапробности  $S$  воды без учета инвазионных видов соответствовали  $\alpha$ -мезосапробной зоне загрязнения и оценивались как «загрязненные», тогда как с учетом вселенцев воды уже относились к  $\beta$ -мезосапробной зоне и «умеренно загрязненным». Таким образом, качество вод в рассматриваемый период соответствовало 4 и 3 классу соответственно (табл.).

Таблица

**Средние величины ( $M \pm m$ ), минимальные (Min) и максимальные (Max) значения индексов сапробности ( $S$ ), Е. В. Балускиной ( $K$ ), Шеннона ( $H_N$ ) и Вудивисса ( $БИ$ ) по зообентосу в Нижнекамском водохранилище в 2017–2018 гг.**

Индекс	Значения	Min–Max
$S$ без учета вселенцев	2,70±0,07	1,90–3,80
$S$ с учетом вселенцев	2,48±0,04	2,18–3,65
$K$	7,67±0,38	1,24–11,50
$H_N$ , бит/экз.	1,5599±0,1140	0,000–3,1889
$БИ$	4,4±0,2	2–7

Согласно средним значениям индекса Балускиной воды в водохранилище характеризовались как «загрязненные» (4 класс), а индекса видового разнообразия Шеннона – «умеренно загрязненные» и соответствуют 3 классу качества вод. По показателям биотического индекса Вудивисса в целом водоем можно было отнести к «умеренно загрязненным» (3 класс качества вод).

Анализ пространственного распределения значений индексов, используемых для оценки качества вод, по разрезам Нижнекамского водохранилища показал, что по данным индексов сапробности и Шеннона лучшее качество воды было отмечено у нп Красный Бор, а по значениям индексов Балускиной и Вудивисса, – у нп Камбарка. Тогда как наиболее неблагоприятное состояние по большинству рассматриваемых индексов было выявлено у устья р. Иж, а по индексу Вудивисса – в районе г. Менделеевск (рис. 1).

Анализ межгодовой динамики показателей оценки качества вод водохранилища в целом выявил снижение значений индексов в 2018 г., по сравнению с 2017 г., за исключением индекса Балускиной, который существенно не изменился по годам (рис. 2).

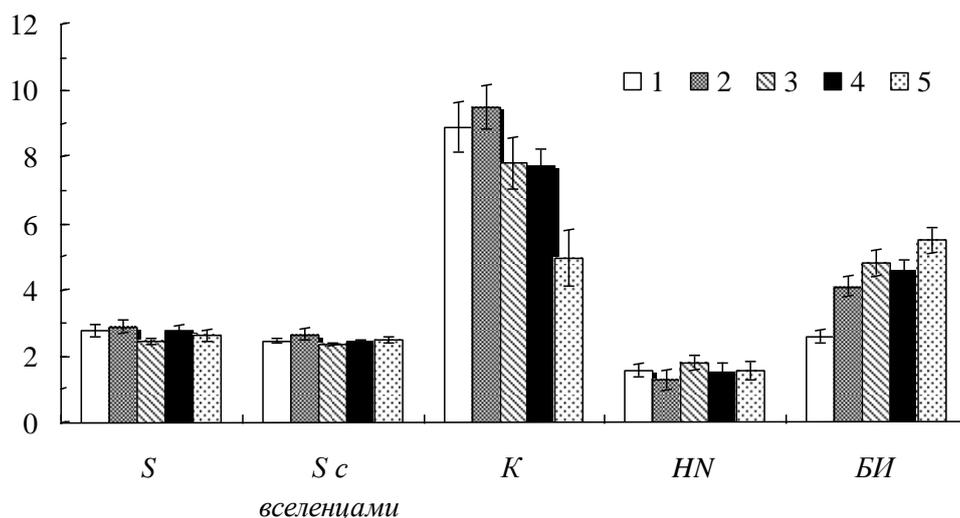


Рис. 1. Распределение средних величин ( $M\pm m$ ) индексов сапробности ( $S$ ), Е. В. Балускиной ( $K$ ), Шеннона ( $H_N$ ) и Вудивисса ( $БИ$ ) по разрезам: 1) в районе г. Менделеевск, 2) у устья р. Иж, 3) у нп Красный Бор, 4) у нп Каракулино и 5) у нп Камбарка

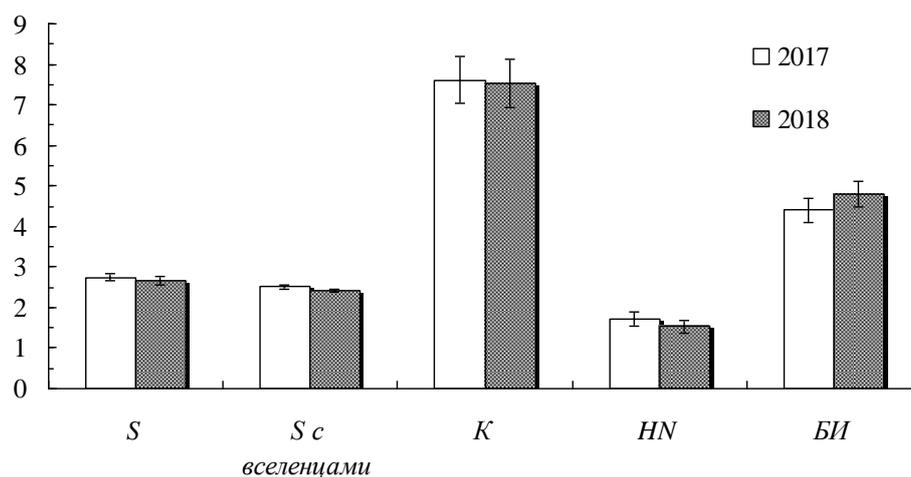


Рис. 2. Распределение средних величин ( $M\pm m$ ) индексов сапробности ( $S$ ), Е. В. Балускиной ( $K$ ), Шеннона ( $H_N$ ) и Вудивисса ( $БИ$ ) по годам

В 2017 г. по индексу сапробности  $S$  с учетом и без учета инвазионных видов воды соответствовали  $\alpha$ -мезосапробной зоне загрязнения и «загрязненным» (4 класс качества), тогда как в 2018 г. без вселенцев –  $\alpha$ -мезосапробными и «загрязненным», а с учетом –  $\beta$ -мезосапробной и «умеренно загрязненным» (3 класс качества). Таким образом, можно говорить, что в последний год наблюдалось небольшое улучшение качества вод в водохранилище. Согласно индексу Балускиной воды в водоеме в 2017 и 2018 гг. характеризовались как «загрязненные», по индексу Шеннона – как «умеренно загрязненные». Тогда как по биотическому индексу Вудивисса воды в водоеме соответствовали переходному состоянию между «умеренно загрязненными» и «чистыми».

Таким образом, согласно проведенным исследованиям по оценке экологического состояния Нижнекамского водохранилища на основе показателей

зообентоса, качество воды по усредненным значениям рассматриваемых индексов соответствовало «умеренно загрязненным» (3 класс качества вод). Наиболее неблагоприятное состояние было выявлено в Приплотинном (у г. Менделеевск) и Центральном (у устья р. Иж) плесах Нижнекамского водохранилища. Тогда как лучшие показатели качества были отмечены на разрезе у нп Красный Бор. Также в последний год проведения исследований наблюдалась тенденция улучшения экологического состояния по сравнению с 2017 г.

#### Библиографический список

1. Исаев А. И., Карпова Е. И. Рыбное хозяйство водохранилищ. Справочник. 2-е изд., перераб. и доп. М. : ВО «Агропромиздат», 1989. 255 с.
2. Гареев А. М., Малмыгин И. А., Максимова Е. И. Основные тенденции изменения гидрохимических показателей и экологических условий в Нижнекамском водохранилище // Доклады Башкирского университета. 2018. Т. 3, № 1. С. 53–60.
3. Шагидуллин Р. Р., Горшкова А. Т., Урбанова О. Н. Интегральная оценка водных ресурсов Куйбышевского и Нижнекамского водохранилищ в пределах Республики Татарстан // Георесурсы. 2011. № 2 (38). С. 34–40.
4. Государственный доклад «О состоянии природных ресурсов и об охране окружающей среды Республики Татарстан в 2017 году». Казань, 2018. 427 с.
5. Шакирова Ф. М., Говоркова Л. К., Анохина О. К. Современное состояние Нижнекамского водохранилища и возможности рационального освоения его рыбных ресурсов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2013. Т. 15, № 3 (1). С. 518–527.
6. Оценка качества воды Нижнекамского водохранилища по гидробиологическим показателям / А. В. Мельникова, О. С. Любина, М. А. Гвоздарева, Р. Р. Нуретдинов, М. А. Горшков // Вода: химия и экология. 2019. № 3–6. С. 67–72.
7. Макрушин А. В. Биоиндикация загрязнений внутренних водоемов // Биологические методы оценки природной среды / Под ред. Н. Н. Смирнова. М. : Наука, 1987. С. 123–137.
8. Балушкина Е. В. Функциональное значение личинок хирономид // Тр. Зоол. ин-та АН СССР. Т. 142. Л. : Наука, 1987. 179 с.
9. Berezina N. A. Water Quality Estimation in the Kotorosl' River Basin Based on Zoobenthos Composition // Water Resources. 2000. Vol. 27, No. 6. P. 654–662.
10. Безматерных Д. М. Зообентос как индикатор экологического состояния водных экосистем Западной Сибири : аналит. обзор. Гос. публич. науч.-техн. б-ка Сиб. отд-ния Рос. акад. наук, Ин-т вод. и экол. проблем. Новосибирск, 2007. 87 с.
11. Golovatyuk L. V., Zinchenko T. D., Shitikov V. K. An Indicative Assessment of Macrozoobenthos Organisms in Flowing Waters // Inland Water Biology. 2008. Vol. 1. No. 3. P. 260–273.
12. Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов / Под ред. Ф. Д. Мордухай-Болтовской. М. : Наука, 1975. 240 с.
13. Методические указания по принципам организации системы наблюдений и контроля за качеством воды водоемов и водотоков на сети Госкомгидромета в рамках ОГСНК. Л. : Гидрометеиздат, 1984. 40 с.
14. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений. Л. : Гидрометеиздат, 1983. 239 с.
15. Шитиков В. К., Розенберг Г. С., Зинченко Т. Д. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации. Тольятти : ИЭВБ РАН, 2003. 463 с.

16. Оценка экологического состояния водоемов по гидробиологическим и гидрохимическим показателям / Н. И. Ермолаева, Д. М. Безматерных, С. Я. Двуреченская, Е. Ю. Зарубина, С. С. Барина, Р. Е. Романов // Новые методы и результаты исследований ландшафтов в Европе, Центральной Азии и Сибири (в пяти томах). Т. 2. Изучение и мониторинг процессов в почвах и водных объектах / под ред. академика РАН В. Г. Сычева, Л. Мюллера. М. : Изд-во ФГБНУ «ВНИИ агрохимии», 2018. С. 378–382.

17. Wegl R. Index fur Limnosaprobitat // J. Wasser und Abwasser. 1983. Vol. 26. 175 p.

18. Яковлева А. В., Яковлев В. А., Сабиров Р. М. Бентосные вселенцы и их распределение в верхней части Куйбышевского водохранилища // Учен. зап. Казанск. ун-та. Сер. Естеств. науки. 2009. Т. 151. Кн. 2. С. 231–243.

19. Яковлев В. А., Латыпова В. З., Яковлева А. В. Оценка качества вод верхних плесов Куйбышевского водохранилища по зообентосу // Вода: химия и экология. 2012. № 7. С. 3–6.

### СЕКЦИЯ 3

## ЭКОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ И ИХ ЗНАЧЕНИЕ В ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

### БИОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ *ROSA CANINA* L., РАСПРОСТРАНЕННОГО НА ТЕРРИТОРИИ ТАШКЕНТСКОЙ ОБЛАСТИ (УЗБЕКИСТАН)

А. Х. Холбоев, О. С. Абдураимов

Национальный университет Узбекистана им. М. Улугбека,  
ozodbek.sultonovich@gmail.com

В статье представлены результаты изучения биоэкологических особенностей растений и семян *Rosa canina* L., распространенного в Ташкентской области. Масса 1000 семян составляет 7,2–9,5 гр. Растение эффективно размножается также черенками. *R. canina* встречается почти во всех районах Ташкентской области, хорошо приспособлена к произрастанию в неблагоприятных почвенных условиях, её можно посеять на неиспользуемых площадях региона.

Ключевые слова: *Rosa canina*, Ташкентская область, биоразнообразие, биоэкологические особенности, Узбекистан.

В Азии шиповник встречается везде, кроме пустынь и полупустынь северо-западного Китая и Монголии, Средней и Передней Азии, а также высокогорий Тибета, Гималаев, Памира, Тянь-Шаня, на север – до 68–70° северной широты [1, 2]. В юго-восточном треугольнике Евразии находится основной участок ареала вечнозелёных роз – лиан, в основном в китайских провинциях Юньнань, Гуандун, Гуанси, Фуцзянь, Гуйчжоу, а также в южных районах Гупе, Чан и других. Этот район является центром видового разнообразия субтропических роз – лиан, и они там обладают высоким полиморфизмом. В Китае насчитывается 79 видов *Rosa*, некоторые из них являются прародителями культурных сортов роз. Всего же в Азии насчитывается до 150 видов шиповника. К северу от Центральной и Восточной Азии, начиная с 40° северной широты, шиповники имеют большое видовое разнообразие, которое при дальнейшем продвижении на север возрастает. На 50–52° северной широты число видов значительно снижается, но их плотность в растительных ценозах остаётся высокой. На севере, в тайге встречается лишь шиповник иглистый (*Rosa acicularis*). В горах Средней Азии растёт 39 видов шиповника, 17 из которых эндемики [2]. В Казахстане встречается 25 видов, из них четыре – эндемики. В Узбекистане произрастают 13 видов рода.

Исследования проводились в 2019–2020 гг., в ходе которых изучены биоэкологические особенности *Rosa canina* L., распространенного в Ташкентской области. В ходе полевых исследований, начиная с ранней весны до поздней осени, собирали образцы растения.

*Rosa canina* – раскидистый кустарник высотой 1–3 м (однолетнее растение достигает высоты 20–30 см, двулетнее – 50–60 см, 15–20-летнее – 2,5–3 м), чаще с дугообразными побегами. Кора зеленая или красно-бурая, у старых побегов серая. Корневая система глубокая, сильно разветвленная. Растение образует многочисленные корневые отпрыски. Шипы редкие, длиной 5–6 мм, у основания расширенные, сжатые с боков, серповидные, очень редко – прямые, соломенного цвета, рассеяны по побегу; на главных побегах расположены нередко попарно или мутовчато. На побегах, идущих от основания куста, шипы более мелкие и обычно более обильные. Листья длиной 5–11 см, непарноперистые, с 5–7 листочками. Листочки чаще всего эллиптической формы, длиной 1,5–6 см, заостренные, иногда остропильчатые, с сердцевидным или округлым основанием, голые с обеих сторон. Прилистники длиной 1,5 см и шириной 2 мм. Цветки по 2–4 (до 10) в щитках, реже одиночные, бледно-розовые или белые, иногда ярко-розовые, немахровые, 4–8 см в диаметре. При отцветании хорошо заметно ярко-розовое пятно при основании лепестка. Чашелистики широколанцетные, длиной до 25 мм, рано опадающие, после цветения обращены вниз и прижаты к плоду. Цветоножки 1–1,5 см длиной. Плод – цинарродий – состоит из многочисленных (около 16) орешков, заключенных в мясистый гипантий, замыкающийся после оплодотворения. Плод длиной 1,5–2,6 см, голый, яйцевидный, яйцевидно-эллиптический, реже шаровидный, гладкий, при созревании яркий, оранжево-красный. Средний вес плода 1,7–3,2 г, выход мякоти – до 70,8%. Цветет в мае – июне, плодоносит в августе – сентябре.

*Rosa canina* хорошо растет на легких, плодородных, с достаточной аэрацией почвах. Не переносит тяжелых глинистых и каменистых почв; на засоленных почвах развивается плохо. Лучшая температура для развития +15–22 °С. Светолюбивое, морозостойкое растение. Плоды накапливают большое количество витамина С, каротин, органические кислоты. Препараты из них применяют в медицине как желчегонное средство. Растение используется как подвой для других культурных видов роз. Декоративное растение для создания зеленых насаждений. Медонос [3, 4].

На сегодняшний день в современной медицине особое внимание уделяется использованию растений местной флоры. Одним из таких растений является *Rosa canina*. Из литературных данных хорошо известно, что для повышения всхожести семян видов данного рода используется гиббереллиновая кислота. Данная кислота повышает всхожесть семян до 90–95% [5].

### Библиографический список

1. Атлас ареалов и ресурсов лекарственных растений СССР. М., 1976. 220 с.
2. Соколов С. Я., Стратонович А. И. *Rosa* L. – Роза, шиповник // Деревья и кустарники СССР. Дикорастущие, культивируемые и перспективные для интродукции. Т. III. Покрытосеменные. Семейства Троходендроновые – Розоцветные / Ред. тома С. Я. Соколов. М.-Л. : Изд-во АН СССР, 1954. С. 616–625.
3. Халматов Х., Хабибов З. Х. Фармакогнозия. Ташкент : Медицина, 1967. С. 297–298.
4. Encyclopedia of Rose Science, Three-Volume Set / Ed. by T. Debener, S. Gudín. Ed-in-Chief A. Roberts. Academic Press, 2003. 1200 p.
5. Bretzloff L. V. Effect of stratification and gibberellic acid on the germination of *Carpinus caroliniana* Walt // Bolgarska Akademiya na Naukite. Sofia (Bulgaria). 1979. P. 2–15.

## ПРИРОДНАЯ ФЛОРА – КАК ОДИН ИЗ ИСТОЧНИКОВ РОСТА ЭКСПОРТНОГО ПОТЕНЦИАЛА УЗБЕКИСТАНА

**И. В. Белолитов<sup>1</sup>, П. Ю. Хужаев<sup>1</sup>, Б. Х. Усманов<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Ташкентский государственный аграрный университет,  
hojajev71@mail.ru*

<sup>2</sup> *Академический лицей Ташкентского педиатрического медицинского института*

Виды растений Узбекистана в течение многих лет изучаются на предмет их применения в фармацевтике, медицине, пищевой промышленности и т. д. Однако потенциал естественной флоры Узбекистана используется не полностью и недостаточно рационально. Только совместными усилиями ученых разных стран можно добиться развития более глубокого изучения ботанических ресурсов естественной флоры Узбекистана.

Ключевые слова: природная флора, биологически активные вещества, растительные нутрицевтики.

Сегодня одной из актуальных задач развития Узбекистана является достижение устойчивого экономического развития сельского хозяйства.

Это требует создания и совершенствования соответствующих сельскохозяйственных предприятий в сельской местности, которые могут успешно использовать местные конкурентно-способные преимущества, преодолевая любые ресурсные и капитальные ограничения.

Благодаря своему геоэкологическому расположению Узбекистан имеет экстремальные климатические условия, при которых дикорастущие растения вырабатывают большое содержание биологически активных компонентов, аналогов которых невозможно найти больше нигде в мире. На территории Узбекистана произрастает более 4500 высших цветковых растений из 1012 родов, объединенных в 167 семейств. Из них около 500 видов – культурных растений. В Республике встречаются более чем 1300 видов водорослей (Algae), более 2000 видов грибов (Fungi).

Основное ядро флоры дикорастущих растений составляют такие крупные семейства как Asteraceae – более 600 видов, Fabaceae – более 450 видов, Poaceae – более 250 видов, а также Brassicaceae – 220 видов, Chenopodiaceae – 180 видов, Caryophyllaceae – 140 видов, Rosaceae – 150 видов [1].

Экологические системы Узбекистана также варьируют: от горячих песчаных, каменистых, солончаковых, глинистых пустынь, которые занимают большую часть территории Республики до горных экосистем. Это можжевеловые и орехоплодовые леса (грецкий орех, яблоня, груша, слива, боярышник и др.), а также луга высокогорий и речных долин.

В настоящее время учёные установили группы дикорастущих растений флоры Узбекистана по их применению в медицине и пищевой промышленности, в сельском и народном хозяйстве.

Это более 350 видов растений, используемых в пищевой промышленности: Rosaceae, Alliaceae, Juglandaceae, Liliaceae и др. Кормовые растения – 1700 видов из семейств Poaceae, Fabaceae, Chenopodiaceae, Asteraceae и др.

Более 1200 видов растений обладает лечебными свойствами. Это растения семейств Ranunculaceae, Brassicaceae, Fabaceae, Papaveraceae, Apiaceae, Lamiaceae, Asteraceae и др. [2–6].

Благодаря высокому содержанию биоактивных компонентов, некоторые из эндемичных дикорастущих лекарственных растений Узбекистана вполне могут конкурировать и конкурируют, даже превосходят по потенциалу и эффективности, некоторую популярную на западе фитотерапевтическую продукцию (*Ungernia*, *Ajuga*, *Inula*, *Ferula*, *Psoralea*) и др.

Однако, главная проблема состоит в том, что это ценное сырьё из дикорастущих лекарственных растений по сей день в значительной мере недоступно для современного производства и фармацевтической промышленности Узбекистана.

В научной медицине Узбекистана разрешено к использованию 112 видов лекарственных растений, из них 80 % – это дикорастущие виды флоры.

Потенциал природной флоры Узбекистана используется далеко неполно и недостаточно рационально. Многие дикорастущие виды уже с доказанными лекарственными свойствами до сих пор не приняты к производству фармакопеей Узбекистана (*Ajuga turkestanica*, *Inula caspica*, *Artemisia leucodes*, *Vinca erecta*, *Haplophyllum*, *Fumaria* и др.) На сегодня мировой рынок фармацевтических товаров общим объёмом 300 млрд. долларов США на 28% состоит из веществ, получаемых из растений, при этом рынок ботанических нутрицевтиков составляет 5 млрд. долларов США [7].

В настоящее время дехканские и фермерские хозяйства Узбекистана заготавливают более 45–50 наименований дикорастущих лекарственных растений [3].

Квоты на заготовку лекарственных, пищевых и технических растений выделены для более 80 видов, из них 71 вид – дикорастущие растения.

Это очень небольшие цифры с имеющегося потенциала лечебной флоры Узбекистана.

Природная флора Узбекистана представляет большой интерес для многих стран, для получения новых качественных компонентов и использования их при производстве фармацевтических продуктов, а для Узбекистана – новой отраслью экономики и источника повышения благосостояния сельского населения. Выявленные новые полезные свойства у растений природной флоры Узбекистана, необходимо использовать как можно быстрее для разработки и создания высокоэффективных препаратов растительного происхождения, а также новых диетически ценных пищевых добавок (нутрицевтиков) с полезными фармацевтическими свойствами [8–10].

Сегодня многие межнациональные фармацевтические компании проявляют большой интерес в выявлении и синтезировании биоактивных органических соединений для производства и использования их в качестве лекарств и биоактивных добавок [11, 12], следовательно, существует реальная возможность в оказании помощи сельскому населению Узбекистана в развитии лекарственного растениеводства и на его основе – агрофармацевтической промышленности, производить конкурентную продукцию из лекарственных растений, которые могут быть адаптированы к выращиванию в агрокультуре, что обеспечит сохранность уникальной растительности Республики. Примером подобных научных разработок могут быть исследования, проведенные учеными в Ташкентском государственном аграрном университете с дикорастущими растениями *Artemisia leucodes*, *Silibium marianum*, *Ajuga turkestanica*, *Rhodiola heterodonta*, *R. semeonovii*, *Cynara scolimus* и др. [13–18].

Современные постановления кабинета КМ Узбекистана указывают на необходимость выращивания перспективных лекарственных растений местной природной флоры в каждом фермерском хозяйстве Республики.

Для этого необходимо:

- проводить маркетинговые исследования международного фармацевтического рынка;
- разрабатывать и внедрять передовые технологии выращивания лекарственных растений, позволяющие местным фермерам и предпринимателям производить биотерапевтические средства для последующей, более глубокой переработки лекарственного сырья;
- консультирование и обучение фермеров современным методам и агротехнике выращивания дикорастущих растений;
- стимулирование партнерства с крупными межнациональными фармацевтическими, пищевыми и косметическими компаниями,
- консультирование фермеров и предпринимателей в выборе наилучших и апробированных технологий в сфере заготовки, экстракции, таблетирования и пакетирования готовой лекарственной продукции;
- рациональное использование дикорастущих растений природной флоры Узбекистана, обладающих целым спектром полезных свойств (биологически активных, гепатопротекторных, адаптогенов, антигипоксических и

имунно стимулирующими), с последующей переработкой – является идеальным условием для развития малых фермерских хозяйств. Так как выращивание их не требует больших затрат, по сравнению с другими сельскохозяйственными растениями, культивируемыми в Узбекистане, которые требуют применения сложной системы агротехнических мероприятий с большими денежными расходами.

Наша страна располагает огромными интеллектуальными и производственными ресурсами для развития агрофармацевтического сектора, который не должен оставаться без внимания. Уже сегодня ведутся совместные научно-исследовательские работы отечественных и иностранных учёных по развитию агрофармацевтического сектора и придания ему достойного места в масштабе мирового фармацевтического рынка.

### Библиографический список

1. Флора Узбекистана. Ташкент : Изд-во АН УзССР, 1941–1962. Т. 1–6.
2. Белолипов И. В. Интродукция травянистых растений Средней Азии (эколого-интродукционный анализ). Ташкент : Изд-во «ФАН», 1989. 150 с.
3. Ходжиматов К. Х., Ходжиматов О. К., Собиров У. А. Сборник правил пользования объектами лекарственных, пищевых и технических растений. Ташкент : Ёшлар матбуоти, 2000. 172 с.
4. Ходжиматов К. Эфирномасличные растения Узбекистана и пути их рационального использования : дис. ... д-ра биол. наук. Ташкент : Изд-во «ФАН», 1999. 110 с.
5. Medicinal Plants of Central Asia / D. Zaurov, Sh. Eisman, I. V. Belolipov, A. G. Kurmicov. Uzbekistan, Kurizstan: publ. Springer, New York, London, 2012. 340 p.
6. Белолипов И. В., Курмуков А. Г. Дикорастущие лекарственные растения Узбекистана (ботаника, химия, фармакогнозия, медицина). Ташкент : Extremum press, 2012. 288 с.
7. Raskin I., Ribinski D et al. Plants and human health in the twenty – first century. TRENDS in Biotechnology. 2002. Vol. 20. No. 12. P. 522–531.
8. Белолипов И. В., Исламов А. Новая культура для лекарственного растениеводства Узбекистана – *Silybum marianum* (L.) Gaerth // Узбекистан аграр фани хабарномаси ўсимликшунослик. 2001. № 4 (6). С. 18–19.
9. Рекомендации по технологии возделывания полыни беловойтой (*Artemisia leucodes* Schrenk), продуцирующей биологически активные терпеноиды, применяемые в медицинской практике / А. Абзалов, И. В. Белолипов, Т. Рахимова, С. Закиров, А. Исламов. Ташкент : ООО «KOLORIT GROUP», 2011. С. 1–22.
10. Comparative phytochemical characterization of three *Rhodiola* speecies / I. Raskin, M. A. Lila, I. V. Belolipov, D. M. Chceng, C. G. Yousef, M. H. Grace // Photochemistry. 2006. Vol. 67. P. 2380–2391.
11. Plant Extracts from Central Asia showing Antiinflammatory activites in Gene Expression Assasys / I. V. Belolipov, M. Dey, I. Raskin, A. Kurmukov, M. Eliseeva, A. Akimaliev // J. Phytotherapy Reserch. Phytother. Res. Published online in Wiley Interscience. 2008. (www interscience. Wiley. Com). 6 p.
12. Anti-inflammatory Botanicals A Case Study of Genetic Screens as Part of Pharmacogenomic Approach / M. Dey, I. V. Belolipov, S. Zakirov, A. Akimaliev, I. Sodobekov, I. Raskin // Phytochemicals. Aging and Health. Edited by Mark S, R.Keith Randolph. Pubichet: CRC Press. Taylor and Francis Group. Boca Raton. London, New York, 2008. Chapter 4. 77–87 p.
13. Абдурахмонов Т., Белолипов И. В., Носирова Г. В. Введение *Ajuga turkestanika* (Rgl) Briq в культуру in vitro // Вестник аграрной науки Узбекистана. 2015. № 4 (62).

14. Волкова Г. А., Скромная О. В. Интродукция травянистых и древесных декоративных растений в условиях средней подзоны тайги Республики Коми // Известия Самарского научного центра РАН. 2017. Т. 19, № 2 (3). С. 426–430. doi: 10.1016/j.jenvrad.2006.06.008
15. Ж. Узбекистан фани хабарномаси. 2006. № 3 (25). С. 102–106.
16. Курмуков А. Г., Белолипов И. В., Зокиров С. Живучка туркестанская – перспективное сырьё для отечественной фарминдустрии // Фармацевтический журнал. 2010. № 4. С. 19–22.
17. Изучения морфологических особенностей полыни беловой ( *Artemisia leucodes* Shrenk) при введении в культуру / И. В. Белолипов, А. Абзалов, Ё. Ахмедов, А. Исламов, А. Г. Курмуков // Фармацевтический журнал. 2011. № 1. С. 16–20.
18. Белолипов И. В., Курмуков А. Г., Зокиров С. Виды *Rhodiola* L. флоры Узбекистана и изучение возможности интродукции их в условиях г. Ташкента // Фармацевтический журнал. 2011. № 2. С. 12–16.

## РЕДКИЕ И ИСЧЕЗАЮЩИЕ ВИДЫ РАСТЕНИЙ ПРИНУРАТИНСКИХ ОСТАНЦОВЫХ ГОР (УЗБЕКИСТАН)

О. С. Абдураимов<sup>1</sup>, М. И. Тешаев<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Институт Ботаники Академии Наук Республики Узбекистан,

<sup>2</sup> Национальный университет Узбекистана им. М. Улугбека,  
ozodbek88@bk.ru

При исследовании Принуратинских останцовых гор выявлено 10 редких и исчезающих видов растений. Здесь единственным эндемичным видом является ферула Елены – *Ferula helenae*, описанная из окрестностей села Балыклы. В ходе полевых исследований изучено современное состояние ценопопуляций и наблюдается, что большинство из них находится в нормальном состоянии.

Ключевые слова: редкий вид, биоразнообразие, эндемик, останцовые горы, Узбекистан.

Глобальное потепление и усиление антропогенного прессинга на природные экосистемы негативно воздействуют на состояние популяций эндемичных и редких компонентов биоразнообразия [1]. На сегодняшний день охрана природных популяций редких и исчезающих видов является одним из приоритетных направлений сохранения биоразнообразия. В этом контексте оценка их состояния и разработка мер предотвращения угрожающих им факторов имеют важное научно-практическое значение [2].

Исследования проводили в 2019–2020 гг. в пределах Принуратинских останцовых хребтов (Писталитау, Ханбандытаг, Эгарбелистаг и Балыклитау). Они расположены в южной части Кызылкума и административно относятся к Фаришском району Джизакской области Республики Узбекистан. Все они простираются в направлении с юго-востока на северо-запад, параллельно Нурагинским горам. Наиболее крупным из них является Писталитау.

Его протяженность около 40 км, ширина до 4 км, высота 557 м н.у.м. Северные склоны Писталитау спускаются к берегам озера Тузкан. Это солоноватое озеро естественного происхождения, которое в настоящее время слилось с антропогенным озером Айдаркуль в один крупный бессточный водоем протяженностью около 180 км и шириной до 40–45 км. Между хребтом Писталитау и Нуратинскими горами среди плоской глинистой предгорной равнины расположены короткие и невысокие гряды Ханбандытаг (474 м н.у.м.), Балыклитау (581 м н.у.м.), Эгарбелистаг (618 м н.у.м.), имеющие протяженность 10–15 км. Для Принуратинских останцовых хребтов характерны довольно резкие неровные очертания водораздельного гребня, крутые каменистые северные склоны и более пологие южные [3].

Первым и наиболее крупным исследователем этого района является М. В. Культиасов [4]. В работе по флоре Писталитау М. В. Культиасов приводит лишь 148 видов. Состав видов им был установлен по итогам маршрутных поездок через Писталитау, поэтому его в списке преобладают эфемеры и эфемероиды – обычные компоненты весенней флоры.

В ходе исследований выявлены ценопопуляции следующих редких видов (табл.). Все найденные виды занесены в Красную книгу Республики Узбекистана.

Таблица

**Список видов растений Принуратинских останцовых хребтов, занесенных в Красную книгу Республики Узбекистан**

№	Название вида		Семейство	Статус охраны	Локальные популяции
	латинское	русское			
1	<i>Astragalus knorringianus</i> Boriss.	астрагал Кнорринг	Fabaceae	2	Писталитау, Эгарбелистаг
2	<i>Astragalus kelleri</i> Popov	астрагал Келлера	Fabaceae	2	Писталитау
3	<i>Tulipa micheliana</i> Th. Hoog	тюльпан Михели	Liliaceae	2	Писталитау, Балыклитау, Эгарбелистаг
4	<i>Tulipa lehmanniana</i> Mercklin	тюльпан Лемана	Liliaceae	3	Кокчатау, Писталитау
5	<i>Tulipa korolkowii</i> Regel	тюльпан Королькова	Liliaceae	2	Писталитау, Балыклитау, Эгарбелистаг
6	<i>Tulipa affinis</i> Botschantz.	тюльпан родственный	Liliaceae	2	Писталитау
7	<i>Colchicum kesselringii</i> Regel	безвременник Кессельринга	Colchicaceae	3	Писталитау
8	<i>Lagochilus inebrians</i> Bunge	зайцегуб опьяняющий	Lamiaceae	2	Писталитау
9	<i>Cousinia dshizakensis</i> Kult.	кузиния джизакская	Lamiaceae	2	Писталитау
10	<i>Ferula helenae</i> Rakhm. et Melibaev	ферула Елены	Apiaceae	1	Балыклитау

*Astragalus knorringianus*, *A. kelleri*, *Tulipa lehmanniana*, *Lagochilus inebrians* распространены в понижениях останцовых гор. *Tulipa micheliana*, *T. korolkowii*, *T. affinis*, *Colchicum kesselringii*, *Cousinia dshizakensis*, *Ferula helenae* встречаются в верхних частях останцовых гор.

В Принуратинских останцах единственным эндемичным видом является ферула Елены – *Ferula helenae*, описанный из окрестностей села Балыклы, родственен *F. dshizakensis* и *F. dissecta* [5]. Этот эндемик отличается жизненной формой (*Ferula helenae* – монокарпическое растение), размером и количеством зонтиков, морфологией и строением плодов и другими параметрами. Во флоре Нуратинского ботанико-географического округа род *Ferula* L. еще имеет два эндемичных таксона – *F. nuratavica* и *F. dshizakensis* var. *teniuloba*. От этих таксонов эндем Принуратинских останцов отличаются комплексом признаков анатомического и морфологического строения и особенностями экологии.

В ходе полевых исследований изучено современное состояние ценопопуляций и наблюдается, что большинство из них находится в нормальном состоянии. Полученные результаты используются в проведении долгосрочных мониторинговых работ.

#### Библиографический список

1. Абдураимов О. С. Биологические особенности и состояние ценопопуляций видов рода *Tulipa* L. в Кызылкуме : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Ташкент, 2017. 47 с.
2. Ахмедов А. К. Онтогенетическая структура и состояние ценопопуляций редких и эндемичных видов рода *Lagochilus* Bunge (Lamiaceae Lindl.) флоры Узбекистана : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Ташкент, 2018. 20 с.
3. Баташов А. Р. Флора останцов юго-восточного Кызылкума : автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Ташкент, 2016. 35 с.
4. Культиасов М. В. Очерк растительности гор Писталитау. Ташкент : Турк. госуд. изд-во, 1923. С. 89–107.
5. Рахманкулов У., Мелибаев С. Новый вид рода *Ferula* L. с гор Нуратау // Доклады АНРУз. Ташкент : Фан, 1981. № 8. С. 58–59.

### НЕККЕРА ПЕРИСТАЯ (*NECKERA PENNATA* HEDW.) В ЗАПОВЕДНИКЕ «НУРГУШ»

Л. Г. Целищева

Государственный природный заповедник «Нургуш»,  
tselishchevalg@mail.ru

В статье представлены данные о распространении и некоторых эколого-биологических особенностях неккеры перистой (*Neckera pennata* Hedw.) на территории государственного природного заповедника «Нургуш», расположенного в Котельничском и Нагорском районах Кировской области.

Ключевые слова: *Neckera pennata* Hedw., листостебельный мох, Красная книга, заповедник «Нургуш».

Мониторинг состояния популяций и изучение экологии редких видов – приоритетное направление научных исследований особо охраняемых природных территориях федерального значения [1]. В заповеднике «Нургуш» на стволах деревьев часто можно встретить листостебельный мох – неккеру перистую (*Neckera pennata* Hedw., Neckeraceae, Bryophyta). Этот вид считается индикатором сохранности участков старовозрастных лесов [2, 3], служит маркерным таксоном при охране лесных экосистем лесопользователями [4]. Данный медленно растущий мох является редким для многих регионов нашей страны, он занесен в Красные книги 23 субъектов Российской Федерации [5], в том числе и Кировской области, где охраняется в статусе III категории как редкий малочисленный вид [6]. Неккера перистая включена в Красную книгу Европы, т. к. со второй половины XX века наблюдается резкое сокращение ее численности, прежде всего в зоне широколиственных и хвойно-широколиственных лесов [7].

Известно, что вид растет в старовозрастных лесах на стволах старых деревьев, преимущественно лиственных пород. Тяготеет к смешанным или мелколиственным лесам, реже встречается на опушках, лугах; при отсутствии подходящего субстрата может поселяться на валежнике и камнях [8].

Изучение особенностей распространения и экологии неккеры перистой в заповеднике «Нургуш» необходимо для подтверждения ценности его территории для сохранения данного вида, а также для разработки и проведения защитных мероприятий в охранной зоне, сбора сведений для следующего издания региональной Красной книги.

В настоящее время заповедник состоит из двух кластерных участков: «Нургуш» в Котельничском районе и «Тулашор» в Нагорском районе Кировской области. На первом участке, расположенном в подзоне южной тайги, охраняются старовозрастные хвойно-широколиственные леса и система пойменных озер реки Вятки, на северном участке – среднетаежные высоковозрастные елово-пихтовые и осиновые леса.

Первые данные о нахождении *N. pennata* на заповедной части участка «Нургуш» опубликованы в 2002 г. на основе сборов, выполненных в 1996 г. к. б. н. Г. Я. Украинской (научным сотрудником Ботанического института им. В. Л. Комарова РАН), которой было отмечено, что вид встречается в широколиственном лесу на коре деревьев [9], без уточнения места встречи, форофитов и др. В 2013 году научными сотрудниками этого же института, бриологом к. б. н. А. Д. Потемкиным и микологом к. б. н. В. М. Котковой указаны встречи неккеры перистой на старых осинах на участке «Тулашор» (в 23, 24, 33 кварталах заповедника и 38, 39, 48, 49 кв. охранной зоны), а также на участке «Нургуш» (в 86, 101–102 кв.) [10]. Сведения о местах находок неккеры на северном участке были дополнены бриологом к. б. н. А. А. Шестаковой (НГГУ им. Н. И. Лобачевского, Н. Новгород) и ведущим научным сотрудником заповедника, канд. биол. наук С. В. Бакка [11].

Большим достоинством неккеры перистой является хорошая узнаваемость в природе и относительно крупные размеры, поэтому ее поиски и мо-

мониторинг популяций могут проводиться не только силами профессиональных бримологов; кроме того, большая часть куртин растет выше уровня снега и может наблюдаться в течение всего года, в том числе и зимой [4].

В течение 2014–2020 гг. научными сотрудниками заповедника были зафиксированы новые места произрастания *N. pennata* (рис. 1 и 2). Правильность определения ряда образцов была подтверждена по гербарным сборам и фотоматериалам В. М. Котковой и А. А. Шестаковой.

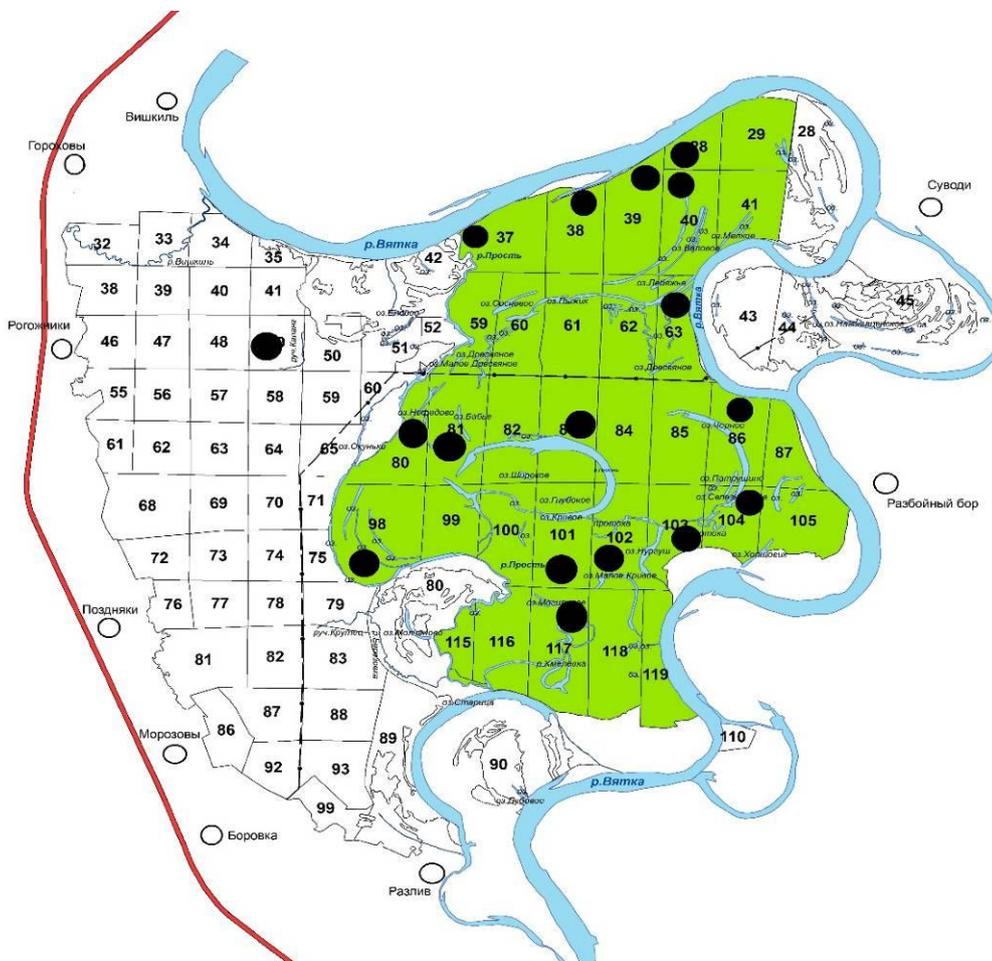


Рис. 1. Места встреч нескеры перистой на участке «Нургуш» заповедника «Нургуш» в 2014–2020 гг.

Отмечено, что нескера перистая на участке «Нургуш» предпочитает стволы старых осин (49% от всех встреч) и лип (42%), реже встречается на вязе шершавом (5%), единично на дубе черешчатом и березе повислой. На участке «Тулашор» основным форофитом для мха является осина, по данным к. б. н. Е. В. Рябовой один раз *N. pennata* была найдена на рябине обыкновенной [12].

В 2020 г. выполнен мониторинг популяции нескеры перистой на территории участка «Нургуш» в 28 и 37–40 кв. заповедника. В ходе работы собирали информацию по следующим показателям: координаты местонахождения мха, порода форофита и его диаметр на высоте 1,3 м; число куртин на дереве, их площадь и форма; ориентация дерновинок на стволах относительно сторон

света; высота произрастания мха, оценивали природно-климатические особенности окружающей местности, выполняли фотофиксацию мха и форофита.

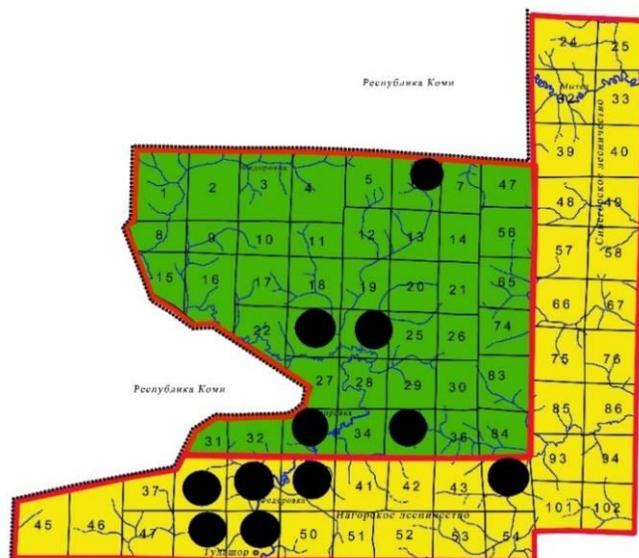


Рис. 2. Места встреч некереры перистой на участке «Гулашор» заповедника «Нургуш» в 2014–2020 гг.

Обследованы 30 деревьев с некерерой перистой в осиново-липовых лесах с небольшим участием ели, березы повислой и вяза шершавого (сомкнутость крон 0,6). Форофиты произрастали на грибах, расположенных по берегам озер и заболоченных низин. В большинстве случаев (73% от всех изученных деревьев) *N. pennata* отмечена на стволах липы с диаметром от 16 до 65 см; реже встречалась на осине с диаметром от 38 до 59 см (20%); крайне редко – на вязе шершавом с диаметром 26 и 28 см (7%). Одно дерево осины с некерерой было сухостойным. Экспозиция произрастания дерновинок на всех породах преимущественно северная и северо-восточная, реже северо-западная и западная. В большинстве случаев на форофите встречалось по одной куртине, реже – по 2–3. Нижняя граница их поднятия над землей – 50 см, верхняя – 235 см. Большинство дерновинок некереры (76%) располагалось в нижней части стволов на высоте 70–110 см, только в двух случаях ниже (50 и 60 см). На участке «Нургуш» средняя максимальная высота снежного покрова за 26 лет наблюдений составляла 64 см (уровень снега по годам варьировал от 41 см до 96 см). Следовательно, некерера предпочитает поселяться выше уровня снежного покрова. Ее дерновинки различны по размерам: от самых маленьких (25 см<sup>2</sup>), до значительных по площади (2380 см<sup>2</sup>), в среднем – 345 см<sup>2</sup>; и по форме: преобладали линейно-продолговатые, овальные, реже встречались округлые, обратно треугольные, подкововидные.

На шести форофитах отмечено усыхание мха либо с нижней стороны, либо в центре куртины, что могло быть обусловлено климатическими особенностями июля 2020 г., когда в течение нескольких дней наблюдались высокие температуры (до 35 °С) и низкая влажность воздуха.

Лимитирующими факторами для *N. pennata* являются узкая экологическая приуроченность вида, требовательность к высокой влажности и чистоте воздуха, нарушение местообитаний в результате антропогенных воздействий [6]. Одним из возможных техногенных факторов, влияющим на существование вида, может служить атмосферный перенос и локальные источники загрязнения, например, действие кислотных дождей [13]. Фрагментация старовозрастных насаждений ведёт к осветлению лесов и снижению влажности воздуха в них, следовательно, к угнетению или гибели некерры. Ограничение распространения связано также с биологией и экологией самого вида: низкая конкурентная способность как следствие подавленного спороношения (спороношение наступает на 10–20-й год) и отсутствие специфических органов вегетативного размножения [14].

В настоящее время на участке «Нургуш» состояние популяции некерры перистой стабильное, т. к. на заповедной территории произрастают старовозрастные леса, благодаря многочисленным пойменным водоемам в них поддерживаются благоприятные для мха микроклиматические условия. Охранная зона передана в постоянное (бессрочное) пользование заповеднику для осуществления научно-исследовательской и образовательной деятельности, поэтому выведена из рубок, тем самым препятствуя фрагментации лесных участков.

На участке «Тулашор» заповедника популяции *N. pennata* также ничего не угрожает. Территория охранной зоны находится в аренде у ООО «Вятский фанерный комбинат» и в настоящее время выведена из лесохозяйственной деятельности в качестве лесов высокой природоохранной ценности. Примыкающие к охранной зоне лесные участки этим же арендатором осваиваются с проведением сплошных рубок. Согласно рекомендациям [4] для сохранения некерры перистой в лесах ООПТ, контактирующих с лесосеками, лесозаготовителям рекомендовано от крайних экземпляров мха оставлять полосы нерубленного леса шириной 50 м, а в примыкающей к ним буферной зоне (шириной 100 м по периметру) допустимы выборочные виды рубок главного и промежуточного пользования интенсивностью не более 30% при условии исключения распада древостоя. Природоохранные мероприятия, направленные на исключение из рубок лишь отдельных стволов, на которых обнаружена *N. pennata*, являются фиктивными формами охраны и не приводят к сохранению, как общего видового разнообразия лесных экосистем, так и собственно данного редкого вида, поэтому самым действенным способом охраны является запрет любых видов рубок [16].

Мониторинг некерры перистой в заповеднике «Нургуш» рекомендуется проводить ежегодно в связи с возможным влиянием на ее популяции природно-климатических, а также техногенных факторов, таких как атмосферный перенос кислотных осадков или рубки леса на территориях, примыкающих к охранной зоне ООПТ.

### Библиографический список

1. Научные исследования редких видов растений и животных в заповедниках и национальных парках Российской Федерации за 2005–2014 гг. / Отв. ред. Д. М. Очагов. М. : ВНИИ Экология, 2015. Вып. 4. 566 с.
2. Андерссон Л., Алексеева Н. М., Кузнецова Е. С. Выявление и обследование биологически ценных лесов на Северо-Западе Европейской части России. Т. 2. Пособие по определению видов, используемых при обследовании на уровне выделов. СПб., 2009. 258 с.
3. Баишева Э. З. Мохообразные – индикаторы биологически ценных лесов Республики Башкортостан // Изв. Уфимск. науч. центра РАН. 2015. № 4 (1). С. 8–11.
4. Левашов А. Н., Романовский А. Ю., Филиппов Д. А. *Neckera pennata* (Bryophyta, Neckerales) в Вологодской области // Фиторазнообразие Восточной Европы. 2019. Т. XIII, № 2. С. 197–214.
5. Неккера перистая – *Neckera pennata* Hedw. // Плантариум: открытый онлайн атлас-определитель растений и лишайников России и сопредельных стран. 2007–2020. <https://www.plantarium.ru/page/view/item/66908.html> (дата обращения 01.10.2020)
6. Рубцова А. В. Неккера перистая. *Neckera pennata* Hedw. // Красная книга Кировской области: животные, растения, грибы. Изд. 2-е. Киров: ООО «Кировская областная типография», 2014. С. 261.
7. Red Data Book of European Bryophytes. Trondheim: European Committee for the Conservation of Bryophytes (ECCB), 1995. 291 pp.
8. Игнатов М. С., Игнатова Е. А. Флора мхов средней части европейской России. М. : КМК, 2003. Т. 1. 608 с.
9. Дорошина-Украинская Г. Я. Материалы к бриофлоре заповедника «Нургуш» (Кировская область) // Новости сист. низш. раст. 2002. Т. 36. С. 230–236.
10. Летопись природы заповедника «Нургуш» за 2013 г. Кн. XVIII (в 2 частях). Киров, 2014. 447 с. Рукопись. Хранится в заповеднике «Нургуш».
11. Шестакова А. А., Бакка С. В. Охраняемые виды мохообразных на территории участка «Тулашор» заповедника «Нургуш» // Тр. гос. природ. заповед. «Нургуш». Киров : ООО «Типография «Старая Вятка», 2017. Т. 4. С. 146–147.
12. Летопись природы заповедника «Нургуш» за 2014 г. Кн. XIX (в 2 частях). Киров, 2015. 462 с. Рукопись. Хранится в заповеднике «Нургуш».
13. Игнатов М. С., Игнатова Е. А. Материалы к познанию бриофлоры Московской области // Флористические исследования в Московской области. М., 1990. С. 121–179.
14. Мульдьяров Е. Я., Лапшина Е. Д., Борисенко А. Л. Неккера перистая – *Neckera pennata* Hedw. // Красная книга Томской области. Томск : Изд-во Томск. ун-та, 2002. С. 192.
15. Игнатов М. С. Неккера перистая. *Neckera pennata* Hedw. // Красная книга Московской области. 2-е изд., доп. и перераб. М. : Т-во науч. изд. КМК, 2008. С. 719.
16. Ключевые биотопы лесных экосистем Архангельской области и рекомендации по их охране / Е. А. Рай, С. В. Торхов, Н. В. Бурова, С. Ю. Рыкова, П. Н. Амосов, В. И. Корепанов, А. М. Рыков, Л. В. Пучнина, Е. Ю. Чуракова. Архангельск : Всемирный фонд дикой природы (WWF), 2008. 30 с.

## НАХОДКА *MUTINUS RAVENELII* (BERK. ET M. A. CURTIS) E. FISCH. НА ТЕРРИТОРИИ КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

С. В. Кондрухова

ФГБУ «Государственный природный заповедник «Нургуш»,  
parus1970@mail.ru

В статье приведена информация о находке в Кировской области мутинуса Равенеля (*Mutinus ravenelii*) – синантропного инвазионного вида, занесённого в Красную книгу Кировской области. Указаны сведения о распространении вида, места находок в Кировской области, особенности экологии.

Ключевые слова: Кировская область, *Mutinus ravenelii*, Красная книга, сапротроф, инвазионный вид.

Представители рода *Mutinus* населяют в основном тропические и субтропические экосистемы [1]. На территории России встречаются два вида – *Mutinus caninus* (Huds.) Fr. (мутинус собачий) и *M. ravenelii* (Berk. et M. A. Curtis) E. Fisch. (мутинус Равенеля) [1, 2]. *M. caninus* обычен в умеренной зоне северного полушария, а *M. ravenelii* встречается реже [1].

*M. ravenelii* – североамериканский вид. Он широко распространён в лесной зоне Северной Америки. В Европе известны редкие единичные находки [3]. Сюда этот гриб был завезён в конце XIX в. вместе с интродуцированными растениями [1].

В России, как заносный вид, отмечен в европейской части, Западной Сибири и на Дальнем Востоке [2, 3]. Занесён в Красную книгу РСФСР [2] и ряд региональных Красных книг [1], в том числе Красную книгу Кировской области [3, 4], как вид, статус редкости которого не установлен в силу малой изученности. Кроме того, этот макромицет внесен в Красные списки (Red List) Германии, Дании и Украины [1].

В Кировской области плодовые тела *M. ravenelii* впервые были найдены в августе 1998 года в пос. Мирный Оричевского района [4]. Гриб обнаружили в тополевой аллее на почве насыпной дамбы под кустом жимолости лесной.

Вторая находка *M. ravenelii* произошла 10 августа 2019 г. в пгт Мурыгино Юрьянского района (N 58°44.205', E 49°28.307'). Рецептакулы (ножки) гриба (рис. 1) были обнаружены нами в огороде рядом с сараем под старым деревянным настилом в 40 м от оживлённой автодороги. На следующий год, 22 августа 2020 г., в этом же месте были найдены плодовые тела *M. ravenelii* (рис. 2). В обоих случаях систематическая принадлежность вида подтверждена микологом БИН РАН (г. Санкт-Петербург) к. б. н. В. М. Котковой.

Мутинус Равенеля – гумусный сапротроф, встречается с июля по октябрь в синантропных местообитаниях: парках, оранжереях, теплицах, на огородах [1]. Реже его находят в лесах искусственного и естественного происхождения. Произрастает в увлажнённых местах на богатых перегноем

почвах, лиственном опаде и гниющей древесине. Распространение спор происходит при помощи насекомых, которых привлекает специфический запах глебы [1, 3, 4].

Поскольку *M. ravenelii* является синантропным инвазионным видом с непредсказуемой стратегией поведения, необходим контроль за состоянием его популяций [1].



Рис. 1. Рецептакулы мутинуса Равенеля. Фото автора



Рис. 2. Плодовые тела мутинуса Равенеля. Фото автора

### Библиографический список

1. Ивойлов А. В. Первая находка *Mutinus ravenelii* (Berk. & M. A. Curtis) E. Fisch. (Phallaceae) в Республике Мордовия // Вестник Мордовского университета. 2016. Т. 27, № 1. С. 131–140.
2. Красная книга РСФСР (растения). М. : Росагропромиздат, 1988. С. 552–553.
3. Красная книга Кировской области: Животные, растения, грибы. 2-е изд. / Под ред. О. Г. Барановой (и др.). Киров : ООО «Кировская областная типография», 2014. 336 с.
4. Красная книга Кировской области: Животные, растения, грибы / Под ред. Л. Н. Добринского, Н. С. Корытина. Екатеринбург : Изд-во Уральск. ун-та, 2001. С. 267.

## О СЧЕТНЫХ ЕДИНИЦАХ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ЦЕНОПОПУЛЯЦИЙ *CONVALLARIA MAJALIS* L. В СОСНЯКАХ МЕДВЕДСКОГО БОРА

Е. Э. Душина, Н. П. Савиных  
Вятский государственный университет,  
lenochkadushina@mail.ru, savva\_09@mail.ru

На основании известных фактов об этапах онтогенеза *Convallaria majalis* L. и собственных данных о структурной организации особей и их элементов представлены подходы к описанию счетных единиц и их характеристики при изучении ценопопуляций этого вида в сосняках.

Ключевые слова: *Convallaria majalis*, особо охраняемая природная территория, сосновый лес, неморальный элемент, онтогенез.

Изучение растений с позиций популяционно-онтогенетического и биоморфологического подходов позволяют по-новому осознать особенности структурной организации и биологии растений при оценке их поведения в природе, адаптаций к условиям среды и разработке мер по охране редких и исчезающих видов.

Объект данного исследования – ландыш майский – *Convallaria majalis* L. С его участием сформированы в южных районах Кировской области особые растительные сообщества, не характерные для таежной зоны – ландышевые боры, а также сосняки зеленомошные с ландышем. *C. majalis* – ценное лекарственное и охраняемое растение. Этот вид включен в Приложение Красной книги Кировской области – список редких и уязвимых видов растений, нуждающихся в постоянном контроле и наблюдении [1]. Об изменении морфометрических параметров особей ландыша в зависимости от типа сообщества и условий сосняков Медведского бора изложено ранее [2].

Целью данного исследования стало выявление признаков счетных единиц для изучения ценопопуляций *C. majalis* в этих сообществах. Для этого мы проанализировали данные о характеристиках онтогенетических состояний *C. majalis* согласно известным данным [3–5] и провели собственные исследования в сосняках особо охраняемой природной территории «Медведский бор»

(Нолинский район Кировской области). Территория включается в южную агроклиматическую зону региона. Здесь более теплое, даже жаркое лето, много солнечных дней. Средняя температура июля в среднем составляет +19–20 °С. Вегетационный период 170–175 дней. Количество дней с среднесуточной температурой воздуха выше 15 °С – 75–90, выше 20 °С – 35–40. Осадков выпадает в среднем за год 380–500 мм, из них за май – июль 110–120 мм. В течение мая – июля количество выпадаемых осадков не превышает испаряемости. Почвы на территории лесного массива разнообразны: подзолистые слабо развитые, слабо-, средне-, сильно подзолистые песчаные и супесчаные [6].

*C. majalis* – летне-зелёный явнополицентрический вегетативно-подвижный поликарпик, геофит, многолетнее длинно-короткорневищное травянистое растение со сложной системой гипо-эпигеогенных корневищ. Модель побегообразования – симподиальная полурозеточная, вариант верхнерозеточная [7].

Для изучения возрастного спектра и численности ценопопуляций вегетативно-подвижных видов используют понятие «счетная единица». Счетная единица – пространственно ограниченная на поверхности субстрата часть сложного индивида, ограниченная коммуникационными структурами (геофильные участки побегов у ландыша, корни – у корнеотпрысковых растений, столоны и т.п.) от таких же других. Эти побеговые системы развиваются из почек, но их формирование подобно развитию первичного побега особи. Поэтому при описании этапов формирования побеговых систем счетных единиц у таких видов принято использовать характеристики онтогенетических состояний, а при оценке ценопопуляций и определять их как онтогенетические состояния, памятуя о том, что в данном случае речь идет исключительно об этапах развития части сложного индивида. Согласно представлениям Л. Б. Заугольной с соавторами, у растений с вегетативным размножением в качестве счетных единиц при оценке численности и возрастного спектра ценопопуляции принимаются отдельные самостоятельные (на субстрате) парциальные кусты, парциальные побеги [8].

У *C. majalis* такой структурой сложного индивида является парциальный побег: верхнерозеточный поликарпический побег с гипо-эпигеогенным корневищем (рис.). Структурно-функциональные зоны этой оси описаны А. В. Блиновой и Н. П. Савиных: 1) вегетативная зона, выполняющая функции расселения и возобновления; 2) вегетативно-генеративная зона; 3) зона вторичного вегетативного нарастания, из вегетативных годовых приростов на верхушке [9]. При детальном анализе нами установлены подробные характеристики этих зон. Вегетативная зона – плагиотропный, геофильный, укореняющийся участок с длинными междоузлиями, чешуевидными листьями и почками в узлах. Он обеспечивает особи расселение, запас питательных веществ в стебле и резерв почек для воспроизведения особи. Почки, как правило, спящие. Вегетативно-генеративная зона – длиной 1–2 см, почти вертикальная с короткими междоузлиями, ежегодно образующая надземные годичные приросты. Они формируются в почке с осени полностью, образова-

ны несколькими типами метамеров с короткими междуузлиями и разными боковыми структурами: чешуевидный лист и почка; ланцетный чешуевидный лист с заложенным соцветием в пазухе; зачатки листьев (от одного до трех). Варьируют эти структуры по наличию соцветия и числу метамеров с листовыми зачатками. Поэтому можно признать, что на формирование побега будущего года влияют в основном эндогенные факторы, а именно – биологический возраст парциального образования. По мере развёртывания побега из почки наибольшее влияние на особенности формирующейся структуры оказывают экзогенные факторы: особенности условий среды.

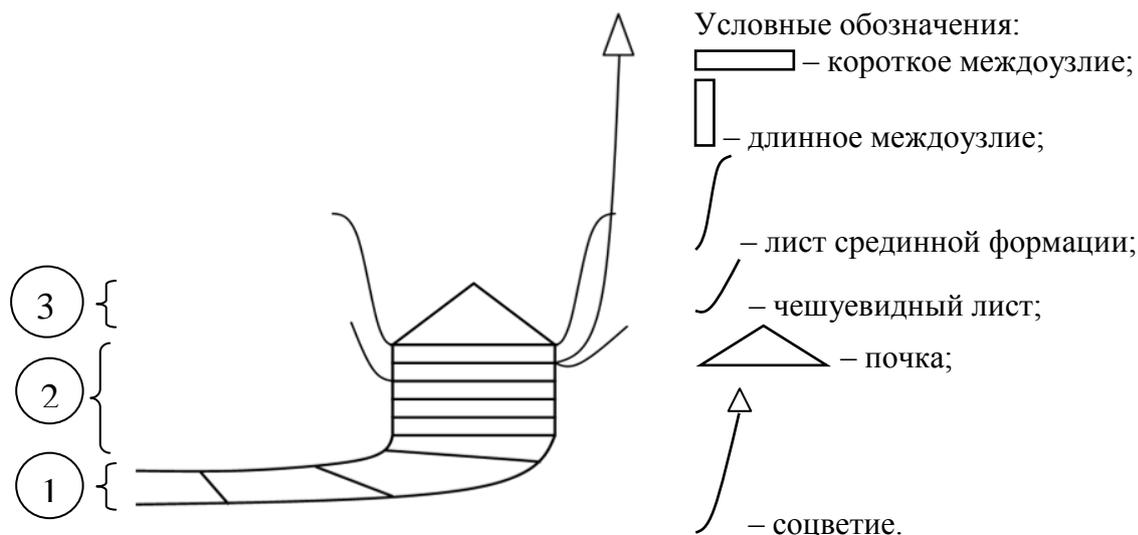


Рис. Схема строения парциального побега *Convallaria majalis*:  
 1 – вегетативная зона; 2 – вегетативно-генеративная зона;  
 3 – зона вторичного вегетативного нарастания

Влагалища удлинённые, замкнутые, трубчатые, охватывающие друг друга, разной длины. Этот участок часто некорректно называют «ложным стеблем». Он обеспечивает вынос ассимилирующей поверхности на поверхность субстрата, защищает апикальную меристему. Формирование листовой пластинки (ее длина и ширина) определяются условиями среды. А ее размеры, в свою очередь – площадь ассимилирующей поверхности – фотосинтетическую активность и способность апекса к заложению метамеров побега будущего года и формирование соцветий. Из совокупности таких годовых приростов формируется розеточный участок парциального побега. В развитии этой моноподиально нарастающей оси случаются перерывы в цветении, формируется разное число метамеров с ассимилирующими листьями. Завершается развитие оси формированием вегетативных годовых приростов (зона вторичного вегетативного нарастания) и отмиранием апикальной меристемы.

В работах Е. В. Кацовец [5], И. Л. Крыловой [3], U. Perttula [4] охарактеризованы онтогенетические состояния *C. majalis*. Ювенильные растения высотой 13,5–16 см с пластинкой ассимилирующего листа 5–7 см в длину и 5–8 мм в ширину. В имматурном онтогенетическом состоянии побеги дости-

гают высоты 16–20 см, длина листовой пластинки 8–12 см, ширина – от 2 до 3 см. Виргинильные – высотой 20–30 см, длина листовой пластинки 12–20 см, ширина – от 3 до 9 см. Высота генеративных растений может быть от 28 до 35 см, длина листовой пластинки 12–20 см и ширина от 4 до 10 см. Признаком перехода в сенильное состояние авторы считают образование однолистных вегетативных побегов.

В исследованных нами сообществах (сосняк бруснично-зеленомошный и сосняк лишайниковый) *C. majalis* отмечен только в местах с хорошо развитым моховым покровом. Он обеспечивает необходимую влажность субстрата для существования особей, затрудняя при этом прорастание семян. Поэтому вряд ли возможно здесь семенное возобновление. В ходе наших исследований семенные особи ландыша в этих условиях не выявлены. Самоподдержание ценопопуляции, по-видимому, вегетативное.

При первичном изучении парциальных побегов установлены отличия их по следующим показателям: 1) высота растения (от поверхности субстрата до верхушки листовой пластинки); 2) длина «ложного стебля»; 3) длина и ширина листовой пластинки; 4) наличие/отсутствие соцветий; 5) число цветков и плодов и их число. Кроме того, определена необходимость анализа следующих параметров парциальных побегов: 1) число листьев; 2) соотношение длины и ширины листовой пластинки; 3) длина оси соцветия; 3). В ходе исследования установлены средние значения этих параметров для парциальных побегов разного строения (табл.).

Таблица

**Морфометрические показатели парциальных побегов *C. majalis***

Период онтогенеза	Онтогенетическое состояние	Высота растения, см	Длина «ложного стебля», см	Длина листовой пластинки, см (l), см	Ширина листовой пластинки (s), см	l/s	Длина оси соцветия, см
Прегенеративный	V <sub>1</sub>	13–16	8–9	5–7	0,5–0,8	от 4	–
	V <sub>2</sub>	16–20	8	8–12	0,8–3	3–4	–
	V <sub>3</sub>	20–30	8–10	12–20	3–9	3,3–2,7	–
Генеративный	G	28–35	15–16	12–20	4–10	2,7 и ниже	17–30

Среди вегетативных парциальных побегов отчетливо выделяются 3 группы структур по вышеуказанным признакам: 1) V<sub>1</sub> – высота 13–16 см, длина «ложного стебля» – 8–9 см, длина и ширина листовой пластинки 5–7 и 0,5–0,8 см соответственно, отношение длины и ширины листовой пластинки 4 и выше; 2) V<sub>2</sub> – высота – 16–20 см, длина «ложного стебля» – 8 см, длина и ширина листовой пластинки – 8–12 и 0,8–3 см соответственно, отношение длины к ширине листовой пластинки – 3–4; 3) V<sub>3</sub> – высота 20–30 см, длина «ложного стебля» – 8–10 см, длина и ширина листовой пластинки 12–20 и 3–9 см соответственно, отношение длины к ширине листовой пластинки 3,3–2,7.

Поскольку мы не исключаем только вегетативного поддержания ценопопуляций *C. majalis*, группу В<sub>1</sub> отнесли к субсенильным. Морфометрические значения особей группы В<sub>2</sub> соответствуют характеристикам имматурных растений. Группа В<sub>3</sub> по результатам нашего исследования включает особи, находящиеся в состоянии перерыва в цветении. Большая часть значений у этих растений та же, что и у генеративных особей. Возможность нахождения растений в состоянии перерыва в цветении доказывает формирование у некоторых особей только одного плода или их полное отсутствие, что свойственно растениям позднегенеративного онтогенетического состояния.

Особо отметим растения из группы В<sub>1</sub>. Они имеют низкую жизненность. Описывая деревья с низкой жизненностью в составе подростка леса, М. Бигон и Дж. Харпер [10] предполагали, что они при отсутствии возможности семенного размножения могут выполнять роль семенных банков. По-видимому, роль однолистных парциальных побегов в составе ценопопуляции ландыша та же. В данных условиях они поддерживают существование сложного индивида и численность ценопопуляции в относительно стабильном состоянии за счет почек на геофильном участке побега.

Судьба парциальных побегов этой группы определяется условиями среды и поливариантностью темпов развития оси. При улучшении условий, главным образом – при повышении освещенности лесного участка, они способны перейти в группу В<sub>2</sub> и даже В<sub>3</sub>. Если освещенность снизится более, парциальные побеги прекратят моноподиальное нарастание и исчезнут с поверхности субстрата.

#### Библиографический список

1. Красная книга Кировской области: животные, растения, грибы / под ред. О. Г. Барановой, Е. П. Лачохи, В. М. Рябова [и др.]. Киров : Кировская областная типография, 2014. 336 с.
2. Душина Е. Э., Савиных Н. П. Особенности биоморфологии *Convallaria majalis* в сосняках особо охраняемой природной территории «Медведский бор» // Экология родного края : материалы XV Всерос. с междунар. участием науч.-практ. конф. Киров : ВятГУ, 2020. С. 152–156.
3. Крылова И. Л. Ландыш майский // Биологическая флора Московской области. 1974. № 1. С. 21–33.
4. Perttula U. Untersuchungen uber die generative und vegetative Vermehrung der Blütenpflanzen Ann. Acad. Sci. : Fenn, 1941. 387 s.
5. Кацовец Е. В. Эколого-фитоценологические особенности ландыша майского в степном Заволжье (на примере Красносамарского лесного массива) : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 25.10.2011. Тольятти, 2011. 20 с.
6. Природа Кировской области / ред. Е. А. Кардакова. Киров : Кировская областная типография, 1967. 400 с.
7. Актуальные проблемы современной биоморфологии / под ред. Н. П. Савиных. Киров : Радуга-ПРЕСС, 2012. 610 с.
8. Изучение структуры и взаимоотношения ценопопуляций. Методические разработки для студентов биологических специальностей / Л. Б. Заугольнова, Л. А. Жукова, И. М. Ермакова, О. П. Ведерникова, Н. М. Григорьева, В. Н. Егорова, А. Р. Матвеев, О. В. Смирнова, О. А. Шейпак. М. : МГПИ им. В. И. Ленина, 1986. 74 с.

9. Блинова А. В., Савиных Н. П. Побегообразование ландыша майского // Экология родного края: проблемы и пути решения : материалы Всерос. молодёжной науч.-практ. конф. с междунар. участием. Кн. 1. Киров : ООО «Лобань», 2012. С. 98–100.

10. Бигон М., Харпер Дж., Таунсенд К. Экология. Особи, популяции и сообщества. Т. 1. М. : Мир, 1989. 667 с.

## **ЛИПОВЫЕ СООБЩЕСТВА ПАМЯТНИКА ПРИРОДЫ «МЕДВЕДСКИЙ БОР»**

**О. В. Булышева, О. Н. Пересторонина**

*Вятский государственный университет, obulisheva@yandex.ru*

В статье представлена характеристика различных типов лесных сообществ с преобладанием липы в Медведском бору Нолинского района Кировской области, составленная при анализе таксационных описаний и натурного исследования.

Ключевые слова: Медведский бор, лесные сообщества, липовые леса, неморальный комплекс.

Памятник природы «Медведский бор» расположен в Нолинском районе Кировской области, на границе подзон южной тайги и хвойно-широколиственных лесов. Медведский бор раскинулся по надпойменным террасам левого берега нижнего течения реки Вятки, произрастает на древних материковых песчаных дюнах. Дюнный рельеф обусловил разнообразие растительных сообществ на территории памятника природы.

Медведский бор в течение длительного времени имеет охранный режим, с отменой хозяйственной деятельности. Это привело к естественным сукцессионным процессам растительности. Поэтому в настоящее время все сообщества в той или иной степени изменены, особенно по северной границе Медведского бора, где произошла смена сосновых лесов на сообщества с присутствием широколиственных пород.

В работе представлены результаты анализа таксационных описаний и натуральных исследований в 2019 г. Объектом исследования стали лесные сообщества с преобладанием липы (*Tilia cordata* Mill.).

Сообщества с широколиственными породами на территории Медведского бора встречаются на площади 87,8 га. Выявлены липовые (ЛП), осиново-липовые (ЛП ОС), березово-липовые (ЛП Б), ивово-липовые (ЛП ИВД) и елово-липовые (ЛП Е) леса.

Наибольшую площадь занимают березово-липовые (59,2 га) и осиново-липовые (24 га) леса. Наименьшая площадь принадлежит ивово-липовым (1 га) лесам. Чистые липовые насаждения (2,1 га) встречаются редко (рис. 1).

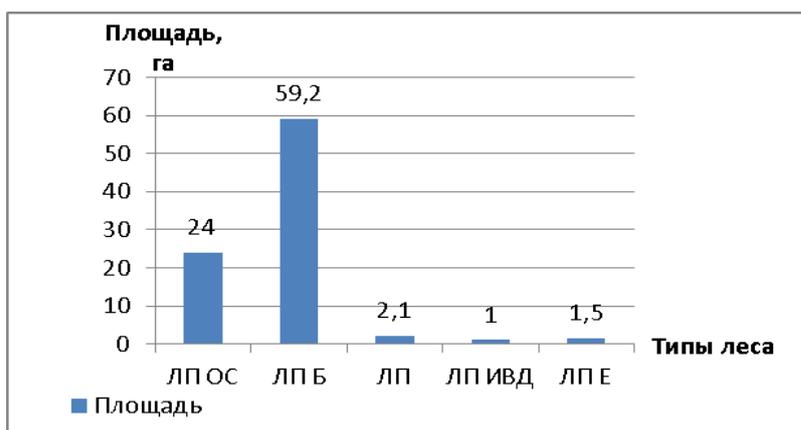


Рис. 1. Площадь лесных сообществ с присутствием липы

Во всех рассматриваемых сообществах наибольшая доля среди различных пород принадлежит липе, следовательно, под ее влиянием травяной покров практически полностью изменился и сформировался неморальный комплекс трав: *Aegopodium podagraria* L., *Stellaria holostea* L., *Asperula graveolens* Vieb. и др. Также, можно заметить, что во всех смешанных сообществах присутствует ель (*Picea × fennica* (Regel) Kom.), но ее доля мала. Реже в составе насаждений встречается пихта (*Abies sibirica* Ledeb.) (рис. 2).

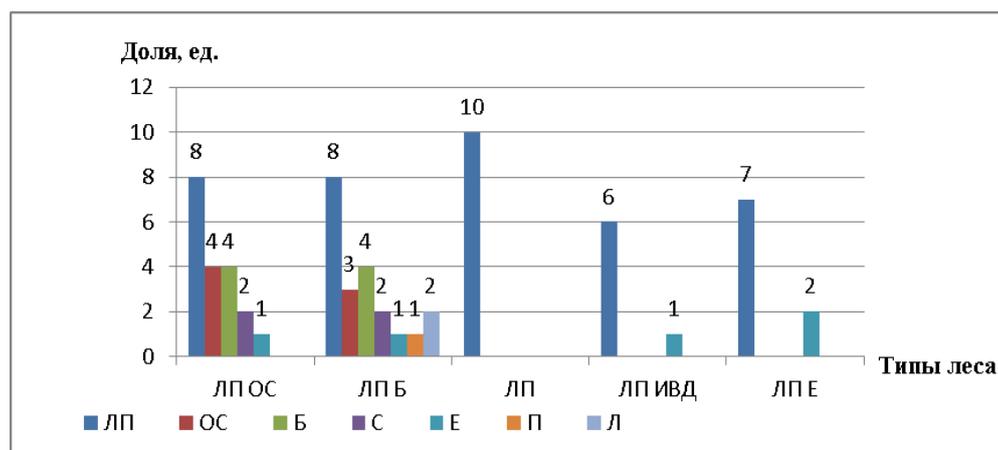


Рис. 2. Доля пород деревьев в составе

Самым возрастным, давно сформировавшимся типом леса является березово-липовый, так как некоторые деревья достигают 150 и 170 лет, это сосна (*Pinus sylvestris* L.) и лиственница (*Larix Mill.*) соответственно. Возраст липы в данных насаждениях не превышает 70 лет, поэтому можно сказать, что первоначально эти сообщества развивались как хвойные, а в дальнейшем, с изменением климата, с отсутствием хозяйственной деятельности стали появляться лиственные породы, в том числе широколиственные. Чистые насаждения липы встречаются редко, на небольших площадях, по возрасту достигают 55 лет (рис. 3).

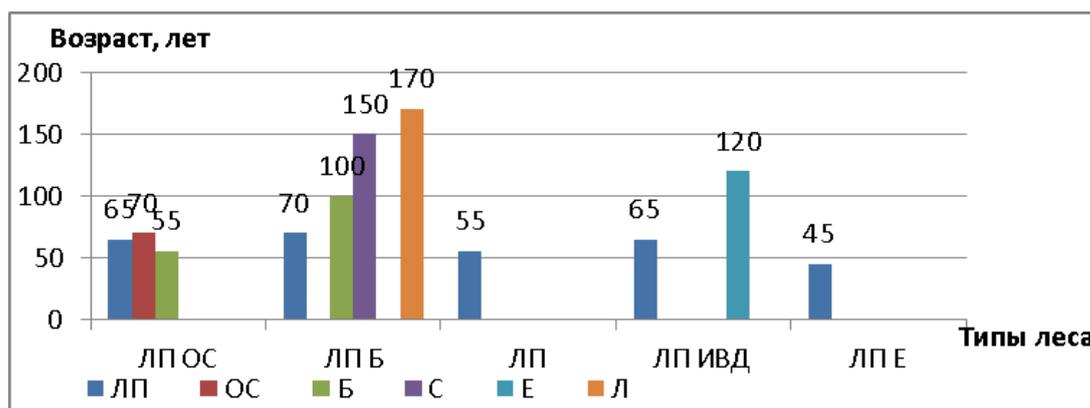


Рис. 3. Возраст древесных пород в липовых насаждениях

Для липы характерны хорошее порослевое возобновление, быстрый рост, устойчивость против заморозков и болезней, а также теневыносливость в благоприятных для нее почвенных условиях, благодаря чему она является серьезным конкурентом хвойных и лиственных пород.

Произрастая на северной границе ареала и имея порослевое происхождение, насаждения липы не отличаются высокими показателями. Наибольшая высота липы наблюдается в составе с березой (*Betula pubescens* Ehrh.), при этом она не превышает 23 м. Также, можем отметить, что чистые насаждения липы не отличаются наибольшей высотой деревьев. Если рассматривать высоту липы по отношению к другим породам, то можно заметить, что она не превышает их. Наибольший диаметр липы так же, как и высота, отмечается в составе с березой, но не более 26 см (рис. 4–5).

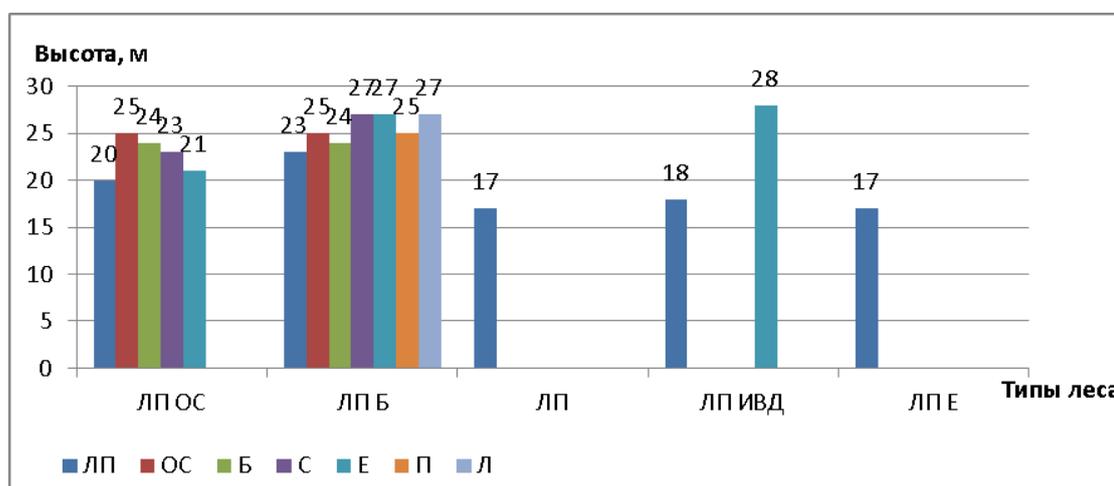


Рис. 4. Высота древесных пород в липовых насаждениях

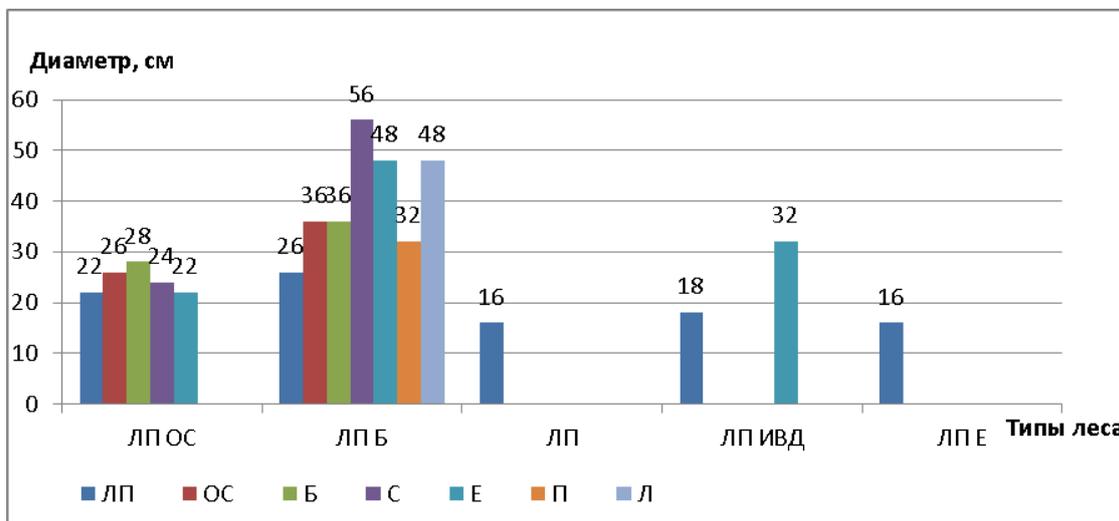


Рис. 5. Диаметр древесных пород в липовых насаждениях

Большинство лесных сообществ относится к третьему классу бонитета, но также, часто встречается и второй класс. В насаждениях липы с осинной (*Populus tremula* L.) и липы с березой отмечено, что они могут принадлежать к трем классам бонитета. Из этого можно сделать вывод о том, что древостои в изучаемых сообществах достаточно продуктивны.

Полнота большинства лесных сообществ достигает 0,7, а также 0,8, то есть, в основном насаждения среднеполнотные, реже встречаются высокополнотные. Насаждения с полнотой 1 встречаются реже всего, в типе леса с липой и ивой древовидной (*Salix* L.).

Из вышеизложенных данных можно сделать вывод о том, что липа является очень устойчивой породой и приспособленной к тем или иным условиям. Так как она является конкурентом других пород деревьев, то вероятнее всего в дальнейшем развитии сообществ, при становлении благоприятных для липы условий, может происходить смена пород. Со временем число подроста липы может превысить число подроста других пород, так как под действием липы происходит изменение видового состава травяно-кустарничкового яруса, а также опад листьев липы способен образовывать плотную подстилку, практически непреодолимую для слабых проростков темнохвойных. Следовательно, присутствие широколиственных пород не будет являться хорошим показателем для данных сообществ. Возможно, что в малых долях такие леса полезны для Медведского бора, так как будет повышаться плодородие почвы, но в то же время будет происходить угнетение хвойных и мелколиственных пород. Чтобы этого не допустить, необходимо проводить рубки переформирования.

## РАЗНООБРАЗИЕ СОСНОВЫХ ЛЕСОВ ПАМЯТНИКА ПРИРОДЫ «МЕДВЕДСКИЙ БОР»

*Е. И. Агафонова, О. Н. Пересторонина*  
*Вятский государственный университет,*  
*agafonova.evgenya2016@yandex.ru*

В статье представлена характеристика различных типов сосновых сообществ в Медведском бору Нолинского района Кировской области, составленная при анализе таксационных описаний и натурного исследования. Определены основные условия сохранения целевого назначения памятника природы «Медведский бор».

Ключевые слова: памятник природы «Медведский бор», лесные сообщества, сосновый лес, тип леса, сохранение целевого назначения.

Памятник природы «Медведский бор» – крупный лесной массив, уникальное реликтовое сообщество ксеротермической эпохи послеледникового времени, расположенный на материковых песчаных дюнах по левому берегу реки Вятки у пос. Медведок (Нолинский район Кировской области). Лес располагается на границе подзон южной тайги и хвойно-широколиственных лесов. В нем встречаются все типы сосновых лесов: от беломошниковых до сфагновых, в сочетании с лесами дубравного комплекса, а также еловыми и березовыми лесами.

Исследование по анализу сосновых лесов на территории памятника природы «Медведский бор» проведено в 2019–2020 гг. Методы работы: натурные обследования и анализ таксационных описаний.

Сосновые леса занимают площадь 1225,5 га, что составляет 18% от общей площади Медведского бора. В основном встречаются чистые сосняки, но имеются и сосновые сообщества с примесью березы, ели. В статье рассмотрим разнообразие чистых сосняков (10С).

Особенности рельефа данной местности обусловили произрастание разнообразных типов сосняков. Встречаются следующие типы сосновых лесов (рис. 1): сосняк лишайниковый (Л), сосняк брусничный (Б), сосняк майниково-брусничный (МБ), сосняк майниково-черничный (МЧ), сосняк липовый (ЛП), сосняк осоково-сфагновый (ОСФ), сосняк черничный (Ч), сосняк кисличный (К), сосняк сфагновый (СФ), сосняк разнотравный (РТ) и сосняк хвощово-долгомошный (ХДМ). Наиболее распространенными типами леса являются сосняк брусничный и сосняк майниково-брусничный, которые занимают площадь 455,5 га и 384,8 га соответственно. Сосняки лишайниковые, которые в прошлом были господствующими сообществами, в настоящее время занимают 48,3 га (рис. 1).

Высота деревьев по представленным типам леса варьируют от 11,5 м (сосняк сфагновый) до 25,6 м (сосняк майниково-черничный).

Насаждения в основном средневозрастные: от 60 лет (сосняк сфагновый) до 115 лет (сосняк липовый), но встречаются и старовозрастные: от 130 лет (сосняк разнотравный) до 170 лет (сосняк кисличный).

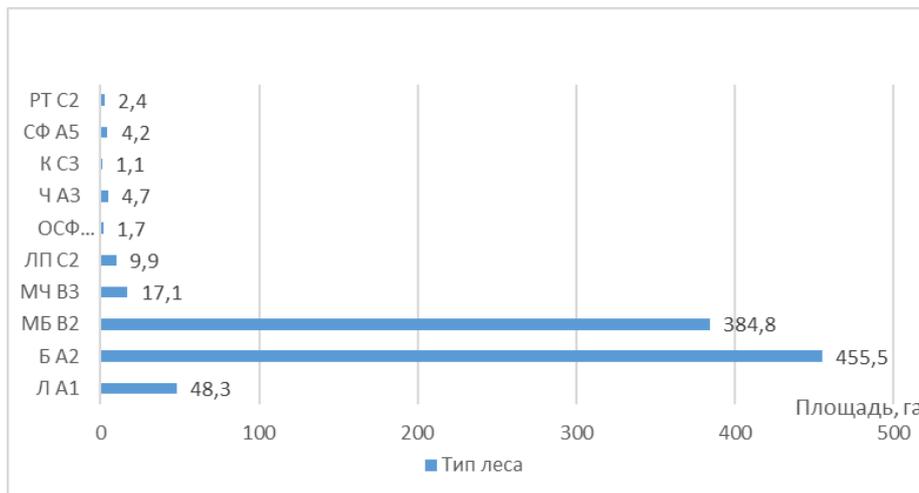


Рис. 1. Площадь чистых сосняков по типам леса

Насаждения, относящиеся к типам: сосняк майниково-брусничный, сосняк майниково-черничный, сосняк черничный, сосняк кисличный, являются высокобонитетными и относятся ко 2-му классу бонитета. Остальные же насаждения, за исключением сосняка осоково-сфагнового (низкобонитетный), являются среднебонитетными и относятся к 3-му и 4-му классам.

Насаждения: сосняк сфагновый, сосняк осоково-сфагновый и сосняк кисличный, являются среднеполнотными. Все остальные типы леса являются низкополнотными (рис. 2).

Диаметры стволов в каждом типе леса также сильно варьируют: от 13 см (сосняк сфагновый) до 48 см (сосняк кисличный).

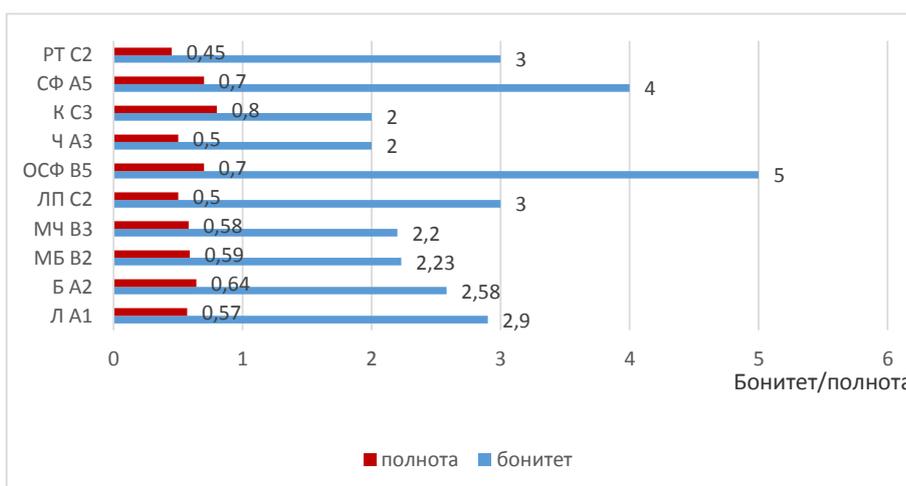


Рис. 2. Бонитет и полнота чистых сосняков по типам леса

Подрост присутствует в каждом типе леса. В сосняке лишайниковом имеется только сосновый подрост (10С) в количестве 2 тыс. шт./га, возрастом 23 года и высотой 3,5 м. В сосняке брусничном преобладает сосновый

подрост (10С) в количестве 1,9 тыс. шт./га, возрастом 18 лет и высотой 3,1 м; имеется сосново-еловый подрост в количестве 1,5 тыс. шт./га, возрастом 20 лет и высотой 3 м; малочислен еловый подрост (10Е) – в количестве 0,5 тыс. шт./га, возрастом 30 лет и высотой 5 м. В сосняке майниково-черничном подрост еловый (10Е) в количестве 1,8 тыс. шт./га, возрастом 34 года и высотой 4,8 м. В сосняке липовом еловый подрост (10Е) в количестве 1,5 тыс. шт./га, возрастом 40 лет и высотой 6 м. Сосняк осоково-сфагновый не имеет подроста. В сосняке черничном сосновый подрост (10С) в количестве 0,5 тыс. шт./га, возрастом 20 лет и высотой 3 м. В сосняке разнотравном преимущественно сосново-еловый подрост (9С1Е) в количестве 2 тыс. шт./га, возрастом 30 лет и высотой 6 м; также присутствует сосновый подрост (10С) в количестве 0,5 тыс. шт./га, возрастом 30 лет и высотой 6 м. В сосняке кисличном еловый подрост (10Е) в количестве 3 тыс. шт./га, возрастом 35 лет и высотой 5 м. В сосняке сфагновом сосновый подрост (10С) в количестве 1 тыс. шт./га, возрастом 40 лет и высотой 6 м.

Тип леса сосняк майниково-брусничный богат видами в подросте. Преобладает еловый подрост (10Е) в количестве 1,6 тыс. шт./га, возрастом 35 лет и высотой 5,32 м; многочислен елово-сосновый подрост в количестве 1,9 тыс. шт./га, возрастом 31 год и высотой 4,8 м; также многочислен сосново-еловый подрост в количестве 2,9 тыс. шт./га, возрастом 24 года и высотой 4,3 м. Достаточно малочислен сосновый подрост (10С) в количестве 1,5 тыс. шт./га, возрастом 18 лет и высотой 2,9 м. Очень мало березового подроста – в количестве 3 тыс. шт./га, возрастом 25 лет и высотой 7 м (рис. 3).

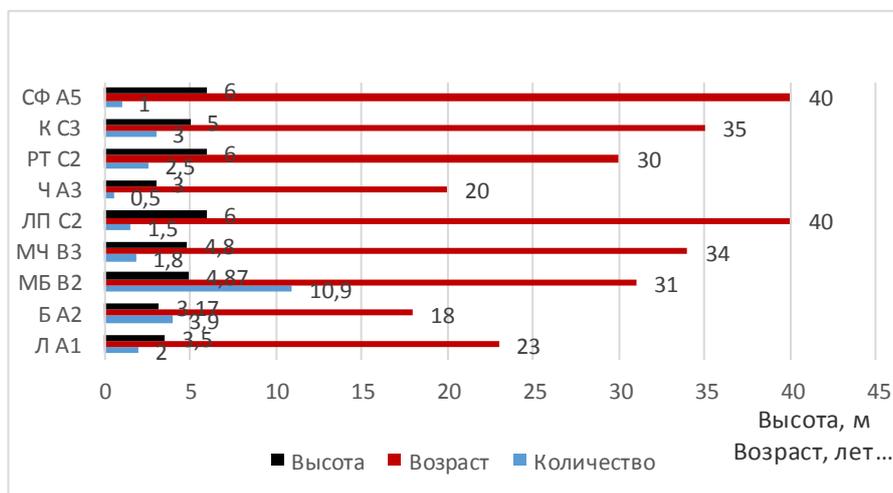


Рис. 3. Оценка подроста в чистых сосняках по типам леса

Во всех типах леса под пологом сосны в большом количестве имеется подрост ели, что в ближайшие годы может привести к смене сосны елью, к трансформации сосновых лесов в елово-сосновые и еловые. На основе ели сформируются низкопродуктивные древостои по причине несоответствия биологии вида песчаным слабоплодородным почвам экотопа. Примерно через

10–15 лет после выхода в первый ярус дерева ели начнут отмирать, и древесной полностью погибнет [1].

Согласно части 4 статьи 12 Лесного кодекса Российской Федерации защитные леса подлежат освоению в целях сохранения средообразующих, водоохраных, защитных, санитарно-гигиенических и иных полезных функций лесов с одновременным их использованием при условии, если это использование совместимо с целевым назначением защитных лесов и выполняемыми ими полезными функциями. В лесах категории защитности «лесопарковая зона» разрешается проведение рубок спелых и перестойных насаждений (за исключением сплошнолесосечных), а также рубок ухода и санитарных [2].

Основное целевое назначение лесов Медведского бора – создание оптимальных условий для обеспечения успешной жизнедеятельности существующих здесь организмов.

На основании изложенного можно констатировать, что основными условиями сохранения целевого назначения памятника природы «Медведский бор» являются:

- предотвращение естественной негативной смены пород и сохранение чистых по составу сосновых насаждений, под пологом которых создается благоприятная микроэкологическая среда для произрастания степных травянистых растений;

- обеспечение естественного возобновления сосны;

- постоянное улучшение санитарного состояния сосновых насаждений;

- создание в сосновых насаждениях оптимального светового режима для произрастания степных растений;

- оптимизация системы природоохранных и лесохозяйственных мероприятий;

- проведение постоянного мониторинга лесных биоценозов [3].

#### **Библиографический список**

1. Савиных Н. П., Пересторонина О. Н. Режим особой охраны территории памятника природы «Медведский бор» // Современные концепции экологии биосистем и их роль в решении проблем сохранения природы и природопользования : материалы Всерос. (с междунар. участием) науч. школы-конф., посвященной 115-летию со дня рождения А. А. Уранова. Пенза : Пензенский государственный университет, 2016. С. 415–418.

2. Лесной кодекс Российской Федерации от 04.12.2006 № 200-ФЗ.

3. Основы устойчивого сохранения остепненных боров в пределах особо охраняемых природных территорий / Н. П. Савиных, О. Н. Пересторонина, А. И. Видякин, А. Г. Гальвас // Вестник Костромского государственного ун-та им. Н. А. Некрасова. 2014. Т. 20, № 7. С. 62–65.

## ОЦЕНКА СОСТАВА ПОДРОСТА В ОДНОВОЗРАСТНЫХ И РАЗНОВОЗРАСТНЫХ СОСНЯКАХ МЕДВЕДСКОГО БОРА (КИРОВСКАЯ ОБЛАСТЬ)

С. В. Шабалкина, О. Н. Меркучева

Вятский государственный университет, Nasturtium2017@yandex.ru

Приводятся результаты анализа естественного возобновления в одно-возрастных и разновозрастных сосняках на территории памятника природы «Медведский бор». В них встречается как однородный по составу подрост из *Pinus sylvestris* L., так и разнопородный. Наибольшая доля участия чистого соснового подростка в естественном возобновлении отмечена в разновозрастных сосновых насаждениях с формулами 6С4С и 5С5С.

Ключевые слова: *Pinus sylvestris* L., подрост, сосновый лес, состав древостоя, состав подростка, Медведский бор.

Медведский бор – сосновый лес с присутствием во флоре и фауне степных и неморальных элементов. Известно, что сохранение сосняков без регулярных уходов, рубки и их последующего возобновления затруднительно, так как со временем под пологом древостоев возникает подрост из *Picea A. Dietr.* и *Betula* L. Последующая нежелательная сукцессия в Медведском бору может привести к потере биоразнообразия и уникального сочетания боровых, бореальных, неморальных и степных элементов [1–3]. В связи с вышесказанным большое внимание должно уделяться составу и состоянию подростка на его территории, прежде всего особенностям естественного возобновления *Pinus sylvestris* L. Отмечено, что в Медведском бору сосна обыкновенная хорошо возобновляется на участках с проведенными лесохозяйственными мероприятиями [4–6]. В этом сообщении приводится анализ состава подростка по таксационным описаниям на 1 января 2016 года, выполненными лесоустроительным предприятием ООО «Лесной проект» на арендной территории ООО «Нолинская лесопромышленная компания» в памятнике природы «Медведский бор».

Подрост сосны обыкновенной – чистый или разнопородный – отмечен в 36 кварталах (65,5%), в 215 выделах из 2059 в различных по составу древостоя сообществах. Одновозрастные чистые сосновые насаждения с наличием соснового подростка составили всего 67 выделов (3,3%), в трех выделах из них расположены лесные культуры (4,5% от числа чистых сосняков).

Возраст древостоев этих сообществ варьирует от 39 до 150 лет, чаще встречаются насаждения 135 лет (16,7%), 120 лет (13,6%), 125 лет (12,1%), 130 лет (9,09%) и 115 лет (9,09%), тогда как встречаемость сосняков, имеющих возраст выше 135 лет и ниже 100 лет, – низкая. Высота насаждений различается – от 8 м до 28 м, чаще имеют место древостои высотой 24 м (24,2%), 26 м (24,2%), 27 м (10,6%) и 25 м (9,09%) и достаточно редко – высотой менее

20 м. Диаметр стволов древостоев колеблется от 8 см до 56 см с преобладанием особей, имеющих диаметр 36 см (34,8%) и 32 см (30,3%). Полнота насаждений находится в диапазоне от 0,3 до 1, при этом наибольшую частоту имеют древостои с полнотой 0,6 (33,3%), 0,5 (25,7%) и 0,7 (22,7%), т.е. чистые сосняки в основном являются среднеполнотными и низкополнотными.

В чистых сосняках встречается подрост со следующими формулами (10): 10С, 9С1Е, 8С2Е, 7С3Е, 6С4Е, 5С5Е, 9Е1С, 8Е2С, 7Е3С, 6Е4С (табл.). Наиболее часто отмечен подрост с формулой 10С – 67,2 %. Для поддержания сосняков важны чистые сосновые подросты, поэтому далее более подробно рассмотрена их характеристика.

*Таблица*

**Соотношение состава древостоя и состава подростя**

№	Состав древостоя	Количество выделов	Состав подростя (встречаемость, %)
1	10С	67	10С (67,2 %), 5С5Е (6,1 %), 9С1Е (4,5 %), 8Е2С (4,5 %), 6С4Е (4,5 %), 8С2Е (3 %), 9Е1С (3 %), 7Е3С (3 %), 7С3Е (3 %), 6Е4С (1,5 %)
2	10С+Е	17	5С5Е (29,4 %), 10С (17,6 %), 8С2Е (11,8 %), 8Е2С (11,8 %), 6Е4С (11,8 %), 7С3Е (5,9 %), 6С4Е (5,9 %), 9С1Е (5,9 %)
3	10С+Б+Е	8	10С (12,5 %), 5Е5С (12,5 %), 6С4Е (12,5 %), 8С2Е (37,5 %), 8Е2С (12,5 %), 6Е2С2Л (12,5 %)
4	10С+Е+Б+Л	1	5Е5С (100 %)
5	10С+Е+Л	1	7С2Е1Л (100 %)
6	8С2С	17	10С (58,8 %), 9Е1С (17,6 %), 9С1Е (11,8 %), 8С2Е (5,9 %), 5С5Е (5,9 %)
7	7С3С	10	10С (50 %), 9С1Е (30 %), 7Е3С (10 %), 6Е4С (10 %)
8	6С4С	7	10С (85,7 %), 8С2Е (14,3 %)
9	9С1С	6	10С (66,7 %), 7Е3С (16,7 %), 6Е4С (16,7 %)
10	5С5С	2	10С (100 %)
11	8С2С+Б	2	10С (100 %)
12	8С2С+Е	1	9С1Е (100 %)
13	7С3С+Е+Б	1	9Е1С (100 %)

Возраст указанного подростя изменяется от 5 до 40 лет, при этом чаще встречается подрост 20 лет (27,3%) и 15 лет (22,7%), а реже – 40 лет (2,3%). Высота колеблется от 0,5 до 6 м, преобладает подрост высотой 6 м (25%) и 3 м (22,7%), реже всего – высотой 5 м (2,3%) и 1,5 м (2,3%). Численность варьирует от 0,5 до 5 тыс. шт. на га, чаще подрост редкий – 1 тыс. шт. на га (25%), в меньшей степени – с численностью 5 тыс. шт. на га (2,3%).

Подрост с формулой 5С5Е отмечен в четырёх чистых сосновых сообществах (6,1 %), с формулами 9С1Е, 8Е2С и 6С4Е имел равную встречаемость (в 3 чистых сосняках), с формулами 8С2Е, 7С3Е, 9Е1С, 7Е3С – каждый – в двух одновозрастных сосновых насаждениях, с формулой 6Е4С встречен единожды.

Как видим, несмотря на среднюю и низкую полноту одновозрастных сосняков, на благоприятные условия освещения для возобновления *P. sylvestris*, состав подроста разнородный, а в 40 % случаев в нём доминирует ель. Особенно это наблюдается при наличии в чистых сосновых насаждениях единичных ели, березы и лиственницы, когда доля однопородного соснового подроста значительно сокращается, или он отсутствует (табл.). По-видимому, это обусловлено влиянием напочвенного покрова и доминированием мхов.

Разновозрастные сосняки имеют формулы 8С2С, 7С3С, 6С4С, 9С1С и 5С5С; наиболее часто среди них отмечены сосновые леса с формулой 8С2С (табл.).

Возраст древостоя у 8С изменяется от 50 до 145 лет, у 2С – от 60 до 120 лет, причем среди 8С наиболее часто встречаются особи возрастом 130 лет (29,4%), а 2С – возрастом 75 и 60 лет (по 17,6% каждый). Высота растений *P. sylvestris* колеблется от 15 до 27 м для 8С, от 18 до 24 м для 2С, при этом у деревьев 8С преобладают высоты 25 и 26 м (по 23,5%), а у 2С – 23 м (23,5%). Диаметр ствола особей 8С варьирует от 16 до 40 см, с наибольшей частотой встречаются древостои диаметром 32 и 40 см (по 23,5%); у растений 2С – от 18 до 40 см при наибольшей частоте встречаемости диаметров 28 и 24 см (по 23,5%). Полнота насаждений колеблется от 0,4 до 0,9, наиболее часто отмечена величина 0,6 (41,2%).

Подрост в указанном сообществе присутствовал следующего состава: 10С, 9С1Е, 8С2Е, 5С5Е, 9Е1С (табл.). Преобладает по частоте встречаемости подрост с формулой 10С – 58,8 %. Его возраст варьирует от 5 до 35 лет, высота – от 0,5 до 6 м, численность – от 0,5 до 6 тыс. шт. на га.

Разновозрастные сосняки с формулой древостоя 7С3С отмечены в 10 выделах из 215 (4,7%). Его древостой характеризуется следующими параметрами: 7С – возраст изменяется от 70 до 140 лет, высота – от 19 до 26 м, диаметр – от 22 до 44 см; наиболее часто среди них встречаются растения возрастом 100 и 130 лет (по 20%), высотой 23 и 25 м (по 30%), диаметром 28 см (30%). У деревьев 3С отмечены следующие величины: возраст – от 60 до 150 лет, высота – от 18 до 26 м, диаметр – от 20 до 40 см, чаще имеются особи возрастом 70 лет (30%), высотой 21 м (30%), с диаметром ствола 26 см (30%). Полнота насаждений колеблется от 0,4 до 0,7, чаще встречается значение 0,7 (60%).

Подрост в этих сообществах присутствовал следующего состава: 10С, 9С1Е, 7Е3С, 6Е4С (табл.). В 50% случаев встречается подрост с формулой 10С. Его возраст варьирует от 15 до 30 лет, высота – от 3 до 6 м, численность – от 0,5 до 5 тыс. шт. на га.

Разновозрастные сосняки 9С1С отмечены в 6 выделах из 215 (2,8%). Возраст древостоя изменяется у 9С от 75 до 125 лет, у 1С – от 70 до 120, для 9С наибольший процент древостоев обладает возрастом 120 лет (50%). Высота варьирует у 9С от 19 до 27 м, а у 1С – от 19 до 25 м. Диаметр ствола у особей 9С составляет от 28 до 40 см, 1С – от 20 до 36 см; среди 9С преобладают

деревья с диаметром 36 см (50%), 1С – с диаметром 28 см (33,3%). Полнота насаждения равна 0,6 в 83,3 % случаев и 0,5 – в 16,7 % случаев.

Подрост в указанном сообществе представлен следующими формулами: 10С, 7Е3С, 6Е4С (табл.). Подрост с формулой 10С имеет наибольшую встречаемость – 66,7%. Его возраст варьирует от 8 до 35 лет, высота – от 1 до 6 м, причем преобладает по высоте средний подрост высотой 1 м (50%). Численность изменяется от 0,5 до 3 тыс. шт. на га.

Наиболее часто чистый сосновый подрост встречается в насаждениях со следующими составами древостоя – 6С4С и 5С5С (табл.). В сосняке с формулой 6С4С древостой имеет следующие параметры: 6С – возраст от 70 до 135 лет, диаметр ствола – от 22 до 40 см, высота – от 20 до 27 м при наибольшей частоте встречаемости высоты 21 м (28,6%). Растения 4С имеют возраст от 60 до 130 лет, диаметр – от 18 до 36 см, высоту – от 19 до 25 м при частой встречаемости высоты 25 м (28,6%). Полнота насаждений изменяется от 0,5 до 0,9, в 42,9% случаев отмечается величина 0,6.

Подрост в этих сообществах присутствует следующего состава – 10С и 8С2Е (табл.). Возраст подроста с формулой 10С варьирует от 20 до 40 лет, высота – от 3 до 7 м, численность – от 0,5 до 3 тыс. шт. на га.

Сосновое насаждение с формулой 5С5С встречается в двух выделах. Первое сообщество характеризуется следующими особенностями: возраст особей *P. sylvestris* 145 и 80 лет, высота – 23 и 22 м, диаметр – 44 и 24 см, полнота – 0,5. Для древостоя второго сообщества характерны следующие параметры – возраст – 50 и 120 лет, высота – 19 м, диаметр ствола – 20 см полнота – 0,6. Подрост имеет формулу 10С (табл.). В первом сообществе его возраст 30 лет, высота 6 м, численность 1,5 тыс. шт. на га; во втором – возраст 25 лет при той же высоте, численность составляет 3 тыс. шт. на га.

Таким образом, в одновозрастных чистых и разновозрастных сосняках преобладает однопородный подрост из *P. sylvestris*, доля которого составляет от 50 % в сообществах с составом древостоя 7С3С до 100 % в насаждениях 5С5С. Подрост из *P. sylvestris* в основном крупный и редкий. Это, а также значительное участие *Picea* в составе подроста демонстрируют неоптимальные условия для возобновления сосны в Медведском бору в настоящее время, что настораживает. Оценка жизненного состояния *P. sylvestris* в подросте различных сосняков – задача наших следующих исследований.

#### Библиографический список

1. Киселёва Т. М., Пересторонина О. Н., Савиных Н. П. Роль ООПТ «Медведский бор» в сохранении  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  разнообразия на территории Кировской области // Роль заповедников лесной зоны в сохранении и изучении биологического разнообразия Европейской части России : материалы науч.-практ. конф., посвящённой 70-летию Окского государственного природного биосферного заповедника. Сер. «Труды Окского государственного природного биосферного заповедника». 2005. С. 403–412.
2. Савиных Н. П., Пересторонина О. Н., Киселева Т. М. Состояние и возобновление сосновых лесов ООПТ «Медведский бор» // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2012. Т. 14, № 1(5). С. 1359–1362.

3. Динамика биоразнообразия лесов на охраняемых территориях (на примере памятника природы «Медведский бор») / О. Н. Пересторонина, Н. П. Савиных, А. Г. Гальвас, А. Е. Зыкин // Сохранение лесных экосистем: проблемы и пути их решения : материалы Всерос. науч.-практ. конф. Киров : ООО «Изд-во «Радуга-ПРЕСС», 2017. С. 81–87.

4. Естественное возобновление сосны обыкновенной в ООПТ «Медведский бор» / А. Е. Зыкин, Е. В. Князев, О. Н. Пересторонина, Н. П. Савиных // Экология родного края: проблемы и пути их решения : материалы Всерос. науч.-практ. конф.-выставки экологических проектов с междунар. участием. Киров : ООО «Веси», 2013. С. 39–41.

5. Сравнительный анализ естественного и искусственного возобновления *Pinus sylvestris* L. в ООПТ «Медведский бор» / А. В. Ершова, А. Е. Зыкин, О. Н. Пересторонина, Н. П. Савиных // Механизмы устойчивости и адаптации биологических систем к природным и техногенным факторам : сб. материалов Всерос. науч. конф. Киров : Изд-во «Веси», 2015. С. 158–159.

6. Зыкин А. Е., Лелекова Е. В., Коновалова И. А. Возобновление сосны обыкновенной при чересполосных рубках в ООПТ «Медведский бор» // Общество. Наука. Инновации (НПК–2018) : сб. статей XVIII Всерос. науч.-практ. конф.: в 3 т. Киров : Изд-во ВятГУ, 2018. Том 1. Биологические и химические науки. С. 60–67.

## **ФЛОРИСТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ПАМЯТНИКА ПРИРОДЫ «ПИЛИНСКИЙ ЛОГ» (КИРОВСКАЯ ОБЛАСТЬ)**

**В. С. Негодина, О. Н. Пересторонина**  
*Вятский государственный университет, very-3@mail.ru*

В статье представлен комплексный анализ флоры памятника природы «Пилинский лог», расположенного в Уржумском районе Кировской области. Определен видовой состав сосудистых растений, встречающихся в пределах изучаемой территории. Выявлены таксономические, эколого-ценотические, географические, биоморфологические особенности флоры.

Ключевые слова: памятник природы, Пилинский лог, флора, степные виды, редкие виды, анализ флоры.

Кировская область находится на северо-востоке России, в зоне таежных лесов. В пределах региона встретила природа соседнего Урала и Западной Европы, южных степей и заполярной тундры. В южной части области сохранились степные виды растений с предыдущих климатических периодов. Эти теплолюбивые растения произрастают в сухих сосновых лесах, на опушках, по высоким гривам и южным склонам долин крупных рек: Вятки, Кильмези, Лобани, Немды. Многие уникальные территории региона с присутствием степных и лесостепных видов являются охраняемыми. В 2010 г. на территории Уржумского района создан памятник природы «Пилинский лог». Здесь произрастают пять редких видов растений (*Delphinium cuneatum* Steven ex DC., *Filipendula vulgaris* Moench, *Geranium sanguineum* L., *Nepeta pannonica* L., *Stipa pennata* L.), включенных в Красную книгу Кировской области [1] и один из них – *S. pennata* – в Красную книгу РФ [2]. Отсутствие периодическо-

го мониторинга состояния охраняемой территории в условиях воздействия естественных и антропогенных факторов приводит к нарушению стабильности экосистемы, способствует внедрению в неё сорных видов растений. Дать оценку современному состоянию природного комплекса «Пилинский лог» является актуальным.

Целью исследования было изучить особенности современного состояния флоры памятника природы «Пилинский лог». Задачами – оценить флористическое разнообразие Пилинского лога, провести систематический, биоморфологический, географический и эколого-ценотический анализы флоры.

Пилинский лог расположен на юго-востоке Кировской области в окрестностях с. Лопьял Уржумского района, около д. Пиля по левому берегу р. Пилинка в подзоне подтаежных лесов. Пилинский лог простирается с востока на запад от с. Лопьял и включает 3 крупных оврага, пересекающих склон с севера на юг и выходящих на плато [3].

Постановлением Правительства Кировской области от 13 сентября 2010 г. природный комплекс «Пилинский лог» был объявлен памятником природы регионального значения [4] с площадью 59,4 га.

После расширения площади до 117, 5 га [5] в состав памятника природы дополнительно включены долина р. Пилинка, ее правый берег и заброшенная деревня Пиля (рис. 1).

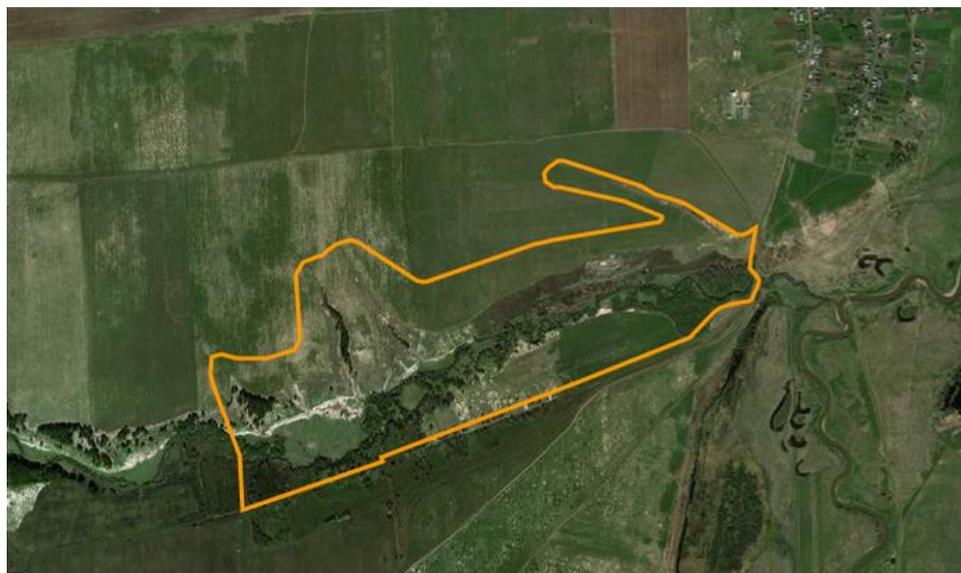


Рис. 1. Площадь памятника после расширения [6]

В создании и изучении особо охраняемой природной территории (ООПТ) принимали участие школьники Уржумской гимназии, студенты-биологи и профессор ВятГУ Н. П. Савиных.

Объектом исследования является растительный покров памятника природы «Пилинский лог», предметом исследования – флора Пилинского лога. Все работы были проведены в вегетационный сезон 2020 г. – с июня по сентябрь. Флору изучали маршрутно-рекогносцировочным методом в сочетании с более детальным исследованием состава растений в нескольких базовых

пунктах в различных частях природного комплекса. Выбирали маршруты и закладывали базовые участки с учётом полноты разнообразия растительных ассоциаций.

Составлен конспект флоры Пилинского лога. В конспекте приводится список таксонов сосудистых растений, наличие которых на территории памятника природы подтверждено личными наблюдениями. Конспект содержит 144 таксона. Выполнен анализ флоры: систематический [7], биоморфологический [8–10], географический [8] и эколого-ценотический [11].

В составе выявленной флоры отмечено 144 вида, относящихся к 110 родам и 37 семействам высших растений. Это составляет 9,8% от видового состава растений области (1470 видов) с учетом адвентивных видов и культурных растений (по данным о составе флоры Кировской области Е. М. Тарасовой [8]).

Основу флоры составляют покрытосеменные растения, насчитывающие 140 видов или 97,2% от общего числа видов. Среди них преобладают двудольные – 123 вида или 85,4% от общего числа видов. Однодольные составляют 17 видов (21,8%).

Сосудистые споровые растения представлены 1 видом, что составляет 0,7% от общего числа видов, голосеменные – 3 видами (2,1%).

Средний уровень богатства в одном семействе составляет 3,9 вида. По 2–3 вида содержат 14 семейств, и 14 семейств – по 1 виду. Последние составляют 9,7% от общего числа видов.

Ведущие 9 семейств включают 98 видов, что составляет 68,1% от общего числа видов выявленной флоры. Спектр ведущих семейств типичен для флоры Кировской области [Compositae – 25 видов (17,4%), Rosaceae – 15 видов (10,4%), Fabaceae – 14 видов (9,7%), Poaceae – 13 видов (9%), Labiatae – 8 видов (5,6%), Ranunculaceae – 7 видов (4,9%), Caryophyllaceae – 6 видов (4,2%), Plantaginaceae – 5 видов (3,5%), Umbelliferae – 5 видов (3,5%)].

Биоморфологический анализ выявил максимальное видовое богатство многолетних трав – 105 видов (72,9%) и гемикриптофитов – 100 видов (69,4%). Количественное соотношение видов различных жизненных форм приведено в таблице 1 и на рисунке 2.

Таблица 1

**Спектр жизненных форм по И. Г. Серебрякову**

Жизненная форма	Число видов	Доля видов, %
Деревья	9	6,3
Кустарники, полукустарники	10	6,9
Травы:	125	–
– многолетние	105	72,9
– двулетние	10	6,9
– однолетние	10	6,9

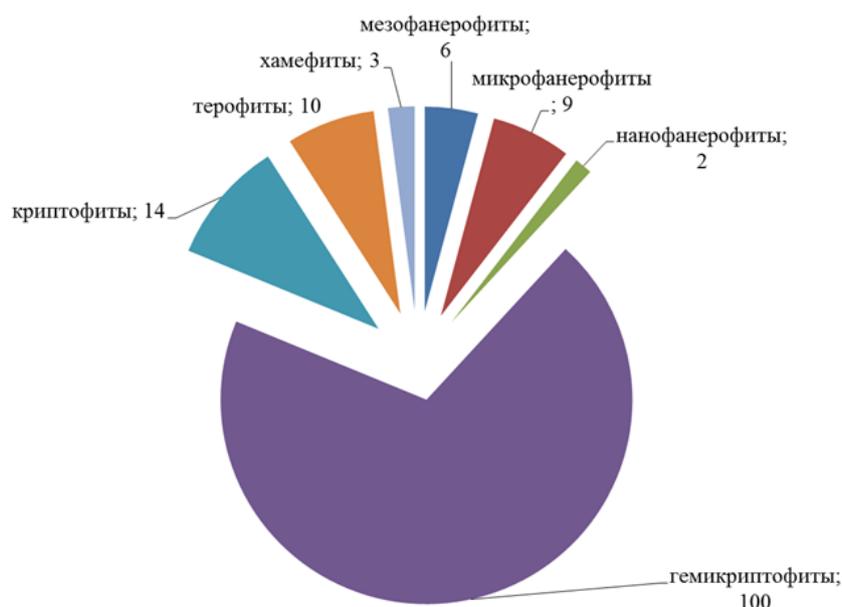


Рис. 2. Биологические типы C. Raunkiaer во флоре Пилинского лога

Эколого-ценотический состав списка видов особо охраняемой природной территории (ООПТ) «Пилинский лог» выглядит следующим образом: наибольшее число видов принадлежат к пойменной группе (MFr) – 55 (38,2%), на втором месте – опушечная группа (ExEd) – 18 видов (12,5%), на третьем – суходольная (MDr) – 15 (10,4%). Ковыльниковая группа (Kov) содержит 11 видов (7,6%), нитрофильная (Nt) – 9 (6,3%), боровая (Pn) – 8 (5,6%), неморальная (Nm) – 7 (4,9%), водно-болотная (Wt) – 5 (3,5%), адвентивная (Ad) – 4 (2,8%). По три вида (2,1%) относятся к бореальной (Br) и свежеаллювиальной (Al) группам, а бореально-опушечная (BrH), псаммофитно-травяная (PsTr) и опушечно-степная (SbDb) содержат по два вида (1,4%).

Таким образом, наибольший процент в Пилинском логу составляют пойменные виды, наименьший – псаммофитно-травяная и опушечно-степная группы. Отметим, что наиболее полно во флоре представлены опушечные, суходольные и ковыльниковые эколого-ценотической группы, наиболее бедно – бореальная и свежеаллювиальная эколого-ценотические группы.

Географическая структура флоры представлена географическими элементами, которые приведены в таблице 2.

Таблица 2

**Географическое распространение видов флоры Пилинского лога**

Общее географическое распространение	Число видов	Доля, %
1	2	3
Азиатский	1	0,7
Восточноевропейский	1	0,7
Восточноевропейско-азиатский	3	2,1
Восточноевропейско-западноазиатский	1	0,7
Евразийский	44	30,6
Европейский	13	9
Европейско-западноазиатский	40	27,8
Европейско-западносибирский	13	9

1	2	3
Евросибирский	5	3,5
Западноевропейский	1	0,7
Кавказский	1	0,7
Плюрирегиональный	3	2,1
Североамериканский	3	2,1
Средневропейско-западноазиатский	1	0,7
Циркумбореальный	14	9,7

Преобладают евразийские (44 вида – 30,6%) и европейско-западноазиатские виды (40 видов – 27,8%). Большое участие во флоре принимают циркумбореальные (14 видов – 9,7%), европейские и европейско-западносибирские (по 13 видов – 9%) виды. Немногочисленны евросибирские (5 видов – 3,5%), восточноевропейско-азиатские, плюрирегиональные и североамериканские (по 3 вида – 2,1%) виды. Малое значение имеют виды азиатского, восточноевропейского, восточноевропейско-западноазиатского, западноевропейского, кавказского, средневропейско-западноазиатского (0,7%) происхождения.

Флора ООПТ «Пилинский лог» носит умеренно-бореальный характер (рис. 3). Преобладают бореальные виды (40,3%), неморальные элементы немногочисленны (7,6%). Также большую роль во флоре играют плюризональные и лесостепные (по 19,4%) виды, бореально-неморальные присутствуют в меньшем количестве (13,2%).

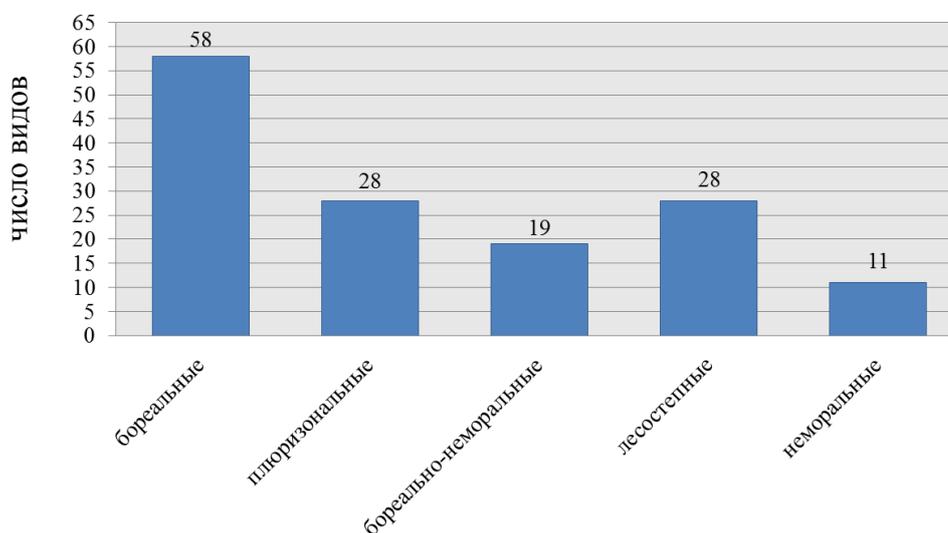


Рис. 3. Распределение видов флоры Пилинского лога по зонам распространения

Таким образом, флора Пилинского лога сочетает в себе представителей зоны хвойно-широколиственных лесов и лесостепи, включает редкие и уязвимые виды, внесенные в Красную книгу Кировской области, но нуждающихся на территории памятника природы в постоянном контроле и наблюдении.

### Библиографический список

1. Красная книга Кировской области: животные, растения, грибы / под ред. О. Г. Барановой, Е. П. Лачохи, В. М. Рябова [и др.]. Киров : Кир. обл. тип., 2014. 336 с.
2. Красная книга РСФСР (растения) / Отв. Ред. А. Л. Тахтаджян. М., 1988. 590 с.
3. Савиных Н. П., Копысов В. А. Научное обоснование создания особо охраняемой природной территории «Пилинский лог» в Уржумском районе Кировской области. Киров : ВятГГУ, 2007. 81 с.
4. Постановление правительства Кировской области от 13.09.2010 № 68/463 [Электронный ресурс]. – URL: <http://oort.aari.ru/doc/Постановление-правительства-Кировской-области-от-13092010-№68463> (дата обращения: 08.09.2020).
5. Постановление правительства Кировской области от 17.02.2015 № 25/88 [Электронный ресурс]. – URL: <http://oort.aari.ru/doc/Постановление-правительства-Кировской-области-от-17022015-№2588> (дата обращения: 08.09.2020).
6. Пилинский лог [Электронный ресурс]. – URL: <http://oort.aari.ru/oort/Пилинский-лог/тап> (дата обращения: 08.09.2020).
7. Матвеев Н. М. Биоэкологический анализ флоры и растительности (на примере лесостепной и степной зоны). Самара, 2006. 311 с.
8. Тарасова Е. М. Флора Вятского края. Ч. 1. Сосудистые растения. Киров : ОАО «Кировская областная типография», 2007. 440 с.
9. Серебряков И. Г. Экологическая морфология растений: Жизненные формы покрытосеменных и хвойных. М. : Высшая школа, 1962. 378 с.
10. Raunkiaer C. The life forms of plants and statistical plant geography. Being the collected papers of C. Raunkiaer. Oxford, 1934. 47 s.
11. Восточноевропейские леса: история в голоцене и современность / под ред. О. В. Смирновой. М. : Наука, 2004. 479 с.

## СОСТОЯНИЕ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ОСОБО ОХРАНЯЕМОЙ ПРИРОДНОЙ ТЕРРИТОРИИ «ЗАРЕЧНЫЙ ПАРК» г. КИРОВА

*Е. А. Домнина*

*Вятский государственный университет,  
Институт биологии Коми НЦ УрО РАН*

В статье представлены результаты исследования растительности особо охраняемой природной территории «Заречный парк», расположенной в непосредственной близости от г. Кирова. Сообщества изучены на шести пробных площадях по общепринятым методикам геоботанических описаний в течение вегетационного сезона 2019 г. На основании проведенных исследований сделано предположение, что в будущем вероятно трансформация соснового леса в еловый.

Ключевые слова: ООПТ «Заречный парк», сосновый лес, древостой, эколого-ценотическая группа.

Все пойменные леса являются важной составляющей в природной экосистеме. Они выполняют противозерозионную и аккумулятивную функции, кроме того, способны в некоторой степени преобразовывать климат, создавать и стабилизировать благоприятные условия для пользования и потребле-

ния водой, создавать благоприятные условия для отдыха людей и для обитающих на их территории промысловых рыб и зверей [1].

Особо охраняемая природная территория (ООПТ) «Заречный парк» расположена на пойме правого берега р. Вятки в 2 км выше слободы Дымково Первомайского района г. Кирова.

Площадь парка составляет 232,6 га. ООПТ «Заречный парк» г. Кирова создана с целью сохранения пойменного соснового леса, который имеет большое историческое значение, является местообитанием редких видов животных и растений, а также – прекрасным местом отдыха для населения.

Целью данной работы стало изучение состояния растительности Заречного парка. Для этого на его территории было заложено шесть пробных площадей для исследования сообществ соснового леса и общего состояния популяции сосны обыкновенной. Растительность обследована по общепринятым методикам геоботанических описаний в течение вегетационного сезона 2019 г. на гривах поймы р. Вятки.

На территории Заречного парка описаны разные виды сосняков: кисличный, кислично-зеленомошный, кислично-хвощевый, костяничный и осоково-разнотравный.

Большинство деревьев сосны обыкновенной имеет возраст в пределах 100–130 лет, но обнаружены и отдельные особи возрастом более 180 лет.

Общим для всех растительных ассоциаций является низкое семенное возобновление сосны: были обнаружены лишь единичные экземпляры. В подросте помимо неё отмечены ель европейская (*Picea abies* (L.) Н. Karst.), вяз гладкий (*Ulmus laevis* Pall.), клён ясенелистный (*Acer negundo* L.), клён остролистный (*Acer platanoides* L.) и липа сердцевидная (*Tilia cordata* Mill.).

Подлесок образуют рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia* L.), черемуха птичья (*Padus avium* Mill.), малина обыкновенная (*Rubus idaeus* L.), ракитник русский (*Chamaecytisus ruthenicus* (Fisch. ex Woloszcz.) Klásk.) и смородина колосистая (*Ribes spicatum* E. Robson).

Так как в древостое преобладает сосна обыкновенная, то эдификатором следует считать боровую эколого-ценотическую группу. Тем не менее, в травяно-кустарничковом ярусе помимо данной группы имеются виды и других групп. Среди травянистых растений преобладают бореальная, неморальная и влажно-луговая эколого-ценотические группы. Кроме того, присутствуют также и представители бореально-опушечной и неморально-опушечной высокоотравной, нитрофильной и ковыльниковой эколого-ценотических групп. Это означает, что экологические условия, сложившиеся на территории Заречного парка, позволяют совместно произрастать данным видам растений.

Таким образом, исследование растительности показало, что ель европейская, являющаяся представителем бореальной эколого-ценотической группы, наиболее часто встречается в подросте. Среди травянистых растений также отмечены виды бореальной эколого-ценотической группы. Данные факты, а также низкое качество семенного возобновления сосны обыкновен-

ной, позволяют предположить, что возможна трансформация соснового леса в другое сообщество (например, еловый лес).

*Работа выполнена в рамках государственного задания Института биологии Коми НЦ УрО РАН по теме «Оценка и прогноз отсроченного техногенного воздействия на природные и трансформированные экосистемы подзоны южной тайги» № 0414-2018-0003.*

#### **Библиографический список**

1. Лесная энциклопедия / Гл. ред. Г. И. Воробьев; Ред. кол.: Н. А. Анучин, В. Г. Атрохин, В. Н. Виноградов и др. М. : Сов. энциклопедия, 1986. Т. 2. 631 с.

## **ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ЗЕЛЕННЫХ НАСАЖДЕНИЙ ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ НЕКОТОРЫХ МИКРОРАЙОНОВ г. КИРОВА**

*Е. А. Татьянакина, Е. В. Рябова*

*Вятский государственный университет, ryapitschi@yandex.ru*

Дана оценка экологического состояния зеленых насаждений общего пользования (деревья, кустарники, цветники, газоны) на территории современных микрорайонов города Кирова «Васильки» и «Ёлки-Парк».

Ключевые слова: микрорайон, экологическое состояние, зеленые насаждения, «Васильки», «Ёлки-Парк».

В настоящее время территория г. Кирова интенсивно застраивается, производится благоустройство жилых комплексов и дворовых территорий. Огромный вклад в создание комфортной городской среды вносит ландшафтный дизайн с цветниками, газонами, малыми архитектурными формами. Среди организаций города интересным подходом к благоустройству придомовых территорий общего пользования, обладающих индивидуальным ландшафтным дизайном, характерным для определенной местности, отличается группа компаний «Железно» и ООО Управляющая компания «Азбука Быта» [1].

Цель нашего исследования – оценить экологическое состояние зеленых насаждений общего пользования микрорайонов «Васильки» и «Ёлки-Парк» г. Кирова.

Исследования проводили в период с 2018 по 2020 гг. на территории микрорайонов «Васильки» и «Ёлки-парк» в Нововятском районе г. Кирова. В состав экопарков входят таунхаусы, индивидуальные дома и многоквартирные дома с подведёнными коммуникациями. Микрорайон «Васильки» с севера окружен участком смешанного леса, граничит с существующей коттеджной застройкой. «Ёлки-Парк» имеет выход на коренной берег р. Вятки, а также граничит с памятником природы регионального значения «Дендропарк лесоводов Кировской области». Для оценки зеленых насаждений общего

пользования применялась методика оценки экологического состояния зеленых насаждений общего пользования [2]. На каждом исследуемом участке проложен маршрут для оценки зеленых насаждений, а также выбраны виды растений, которым присваивали различные категории. Оценивали древесные и кустарниковые насаждения, цветники и газоны.

В микрорайоне «Васильки» изучали древесные насаждения следующих видов: рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia*), липа мелколистная (*Tilia cordata*), береза (*Betula*), сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*), клен Гиннала (*Acer ginnala*), клен сахаристый (*Acer saccharinum*), ель сибирская (*Picea obovata*), лиственница европейская (*Larix decidua*).

Большинство деревьев на территории микрорайона имеет ослабленное (2 категория) и сильно ослабленное (3 категория) состояние. 2 категория присвоена липе мелколистной, сосне обыкновенной, березе, ели сибирской, для которых характерно усыхание отдельных ветвей и слабо ажурная крона. К 3 категории отнесли березу, рябину обыкновенную, липу мелколистную, ель сибирскую, крона которых была сильно повреждена, на стволах и листьях были признаки повреждения вредителями и болезнями. 4 и 5 категории были присвоены также рябине обыкновенной, ели сибирской, клену, повреждения и нарушения в развитии которых проявлялись в основном в усыхании кроны, практически полном отсутствии листьев. Некоторые экземпляры рябин были заменены, а клены выкопаны. 2 и 3 категорию, так же, как 4 и 5 имеют одинаковый процент деревьев, составляющий 42% и 4% соответственно (табл.).

Таблица

#### Оценка состояния деревьев в микрорайонах «Васильки» и «Елки-Парк»

Микрорайон	1 группа, %		2 группа, %		3 группа, %	
	1 категория	2 категория	3 категория	4 категория	5 категория	
«Васильки»	8	42	42	4	4	
«Елки-Парк»	19	44	35	2	–	

Многие деревья были высажены в генеративном онтогенетическом состоянии, что значительно снизило их приживаемость. В молодом возрасте как лиственные, так и хвойные древесные насаждения приживаются лучше, что значительно отразилось на елях и рябинах жилого комплекса. Ель – светолюбивое растение, предпочитающее умеренное увлажнение. Ее наибольшую приживаемость (1 категория) отметили во дворе дома 5 (ул. Севастопольская), где имеется фонтан и дополнительная подсветка территории. Ели, высаженные на возвышенности вдоль магазина, большая часть которых 2 категории, возможно, испытывают недостаток влаги. Экземпляры, высаженные вдоль дороги в понижении, – избыток влаги. Коэффициент комплексной экологической оценки древесных насаждений микрорайона «Васильки» составил 2,03.

В микрорайоне «Елки-Парк» была произведена оценка следующих видов зеленых насаждений: клен остролистный (*Acer platanoides*), рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia*), береза (*Betula*), ель голубая (*Picea pungens*), ель сибирская (*Picea obovata*), лиственница европейская (*Larix decidua*).

На территории микрорайона большинство деревьев имеет ослабленное (2 категория) и сильно ослабленное (3 категория) состояние. К 1 категории (внешне хорошо развитые и здоровые деревья без каких-либо признаков повреждения) отнесли лиственницу европейскую, березу, ель сибирскую, ель голубую. К данной категории отнесено в 2 раза больше деревьев, чем в микрорайоне «Васильки». Различные виды растений были отнесены ко 2 категории, среди которых: береза, ель сибирская, рябина обыкновенная, клен. Деревья 3 категории были представлены теми же видами, что и во 2 категории, но были сильно ослаблены за счет различных повреждений ствола и листовых пластинок, сильной изреженности кроны и наличия сухих ветвей. Встречались единичные представители 4 категории, в числе которых береза и ель сибирская. Коэффициент комплексной экологической оценки древесных насаждений микрорайона «Ёлки-Парк» составил 1,82 (табл.).

Насаждения кустарников микрорайонов «Васильки» и «Ёлки-Парк» представлены преимущественно такими видами, как: дерен белый (*Cornus alba*), пузыреплодник калинолистный (*Physocarpus opulifolius*), чубушник венечный (*Philadelphus coronarius*), чубушник Лемуана (*Philadelphus x Lemoinei*). Кустарниковые насаждения имеют хорошее состояние: выглядят здоровыми, без каких-либо признаков повреждения.

В оформлении цветников преобладают такие растения, как петуния (*Petunia*), бархатцы (*Tagetes*), хоста (*Hosta*), реже встречаются флоксы (*Phlox*), дицентра великолепная (*Lamprocapnos spectabilis*), очиток обыкновенный (*Sedum telephium*), эхинацея пурпурная (*Echinacea purpurea*) и др. Состояние цветников оценено как хорошее. Растения хорошо развиты, в некоторых местах имеется незначительная доля сорняков.

Газоны на исследуемых объектах имеют удовлетворительное состояние. Стрижку и полив производят регулярно, травостой зеленый, но с примесью сорных растений, в некоторых местах имеются проплешины, но тропиночная сеть на газонах не выражена.

По результатам комплексной экологической оценки зеленые насаждения микрорайона «Васильки» (ККЭО = 2,03) и микрорайона «Ёлки-Парк» (ККЭО = 1,82) находятся в удовлетворительном состоянии.

#### **Библиографический список**

1. Татьянакина Е. А., Рябова Е. В. Видовой состав растений жилого комплекса «Васильки» г. Кирова // Экология родного края: проблемы и пути их решения : материалы XIV Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Киров : Изд-во ВятГУ, 2019. С. 300–302.
2. Распоряжение от 30 августа 2007 г. № 90-р «Об утверждении Методики оценки экологического состояния зеленых насаждений общего пользования Санкт-Петербурга» [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/8460717> (дата обращения 30.10.2020).

**ОЦЕНКА ЭКОЛОГО-ЦЕНОТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ  
РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ МЕСТООБИТАНИЙ *VACCINIUM MYRTILLUS* L.  
В ПРЕДЕЛАХ ЮЖНО-ТАЕЖНЫХ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ  
(КИРОВСКАЯ ОБЛАСТЬ)**

*Н. Ю. Егорова*<sup>1</sup>, *Е. С. Пестрикова*<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Всероссийский научно-исследовательский институт  
охотничьего хозяйства и звероводства имени профессора Б. М. Житкова,  
n\_chirkova@mail.ru*

<sup>2</sup> *Вятская государственная сельскохозяйственная академия*

Показаны эколого-ценотические особенности *Vaccinium myrtillus* L. в различных биотопах южно-таежного фрагмента ареала. Установлено, что исследуемый вид встречается в условиях как светлых местообитаний, так и в тени при освещенности 60–80%, произрастает на почвах с влажностью от 40 до 60%, от кислых до умеренно кислых (рН от 2,9 до 5,5), умеренно обеспеченных питательными веществами.

Ключевые слова: черника обыкновенная, фитоиндикация, экологические параметры, биотоп, лесные экосистемы.

Оценка состояния растительных сообществ по экологическим характеристикам растений является одним из наиболее актуальных направлений фитоиндикационных исследований. Метод экологических шкал позволяет количественно и качественно охарактеризовать условия произрастания растений, выявить особенности различных экотопов [1].

*Vaccinium myrtillus* L. – бореальный кустарничек сем. Ericaceae, ценное дикорастущее ягодное и лекарственное растение. Наблюдающееся в последние десятилетия увеличение антропогенной нагрузки на растительный покров приводит к нарушениям в структурной организации отдельных популяций растений и биогеоценозов в целом, вплоть до их полной деградации; к изменению ареалов некоторых аборигенных видов растений, в том числе и из рода *Vaccinium*. В связи с этим в настоящее время актуальными являются исследования, посвященные изучению распространения и экологии этих видов с целью сохранения и рационального использования имеющихся ресурсов.

Цель настоящего исследования – оценка эколого-ценотических параметров различных биотопов с участием *V. myrtillus* в пределах южно-таежного фрагмента ареала вида.

Исследования проводили в 2017–2020 гг. в наиболее свойственных для вида лесных фитоценозах южно-таежной подзоны в пределах Кировской области. Всего изучено 25 биотопов, объединенные в группы типов местообитаний (березняки, ельники, сосняки, смешанные биотопы). Описания исследованных растительных сообществ с *V. myrtillus* выполнены согласно общепринятым геоботаническим методам и подходам [2, 3]. Названия расте-

ний приведены по сводке С. К. Черепанова [4]. При оценке экологических предпочтений исследуемого вида использовали шкалы Н. Ellenberg [5].

*V. myrtillus* в южно-таежной подзоне в пределах Кировской области произрастает в условиях темнохвойных и светлохвойных лесов бореального типа (и их производных – мелколиственные и смешанные), которые относятся к классу *Vaccinio-Piceetea*. Древесный ярус включает в качестве доминантов или содоминантов виды ели (*Picea abies*, *Picea × fennica*), пихту (*Abies sibirica*), сосну (*Pinus sylvestris*). Присутствует примесь березы (*Betula pendula*, *B. pubescens*), осины (*Populus tremula*). В составе подлеска отмечены *Sorbus aucuparia*, *Juniperus communis*, *Rosa acicularis*, *Rubus idaeus*, *Lonicera xylosteum*, *Frangula alnus*, *Daphne mezereum*. В травяно-кустарничковом ярусе (ТКЯ) преобладают бореальные кустарнички и постоянно присутствует бореальное мелкотравье: *Vaccinium vitis-idaea*, *Rubus saxatilis*, *Oxalis acetosella*, *Linna borealis*, *Melampyrum sylvaticum*, *Maianthemum bifolium*, *Fragaria vesca* и другие. Всего в ТКЯ черничных фитоценозов отмечено от 6 до 21 видов сосудистых растений. Наименее разнообразным видовым богатством характеризуется ТКЯ в березовых типах леса – от 6 до 10 видов. В сосняках количество видов варьирует от 6 до 17, в ельниках – от 11 до 19 видов. Максимальное число видов ТКЯ зафиксировано в смешанных типах леса – от 14 до 21 вида. В мохово-лишайниковом ярусе (покрытие 45–100%) в качестве содоминантов выступают *Pleurozium schreberi*, *Hylocomium splendens*, *Dicranum polysetum*, *Rhytidiadelphus triquetrus*; встречается фрагментарно *Polytrichum commune*, во влажных биотопах появляются виды сфагновых мхов.

Проективное покрытие (ПП) травяно-кустарничкового яруса в исследуемых типах местообитаний изменяется от 45% (сосняк багульниково-сфагновый) до 85% (ельник черничный). В мелколиственных типах леса (березняки) ПП варьирует от 50 до 70%, в ельниках – от 70 до 85%, в сосняках – от 45 до 70%, в смешанных типах леса – от 55 до 80% (рис. 1).

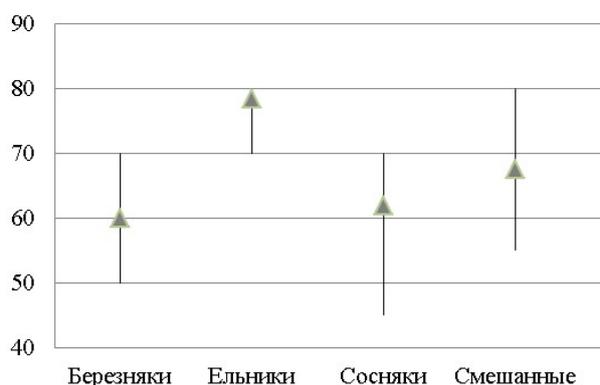


Рис. 1. Проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса в исследуемых биотопах, %

По оси ординат – проективное покрытие, %; по оси абсцисс – типы биотопов.

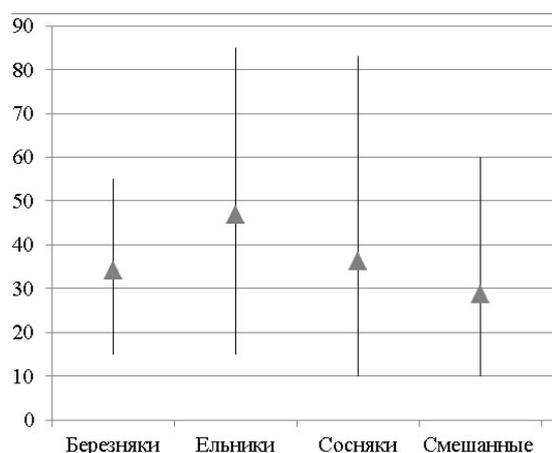


Рис. 2. Проективное покрытие *Vaccinium myrtillus* L. в исследуемых биотопах, %

Диапазон изменчивости ПП *V. myrtillus* в исследуемых типах березовых фитоценозов составил от 15 до 55% (в среднем 34%), в ельниках – от 15 до 85% (в среднем 46,8%), в сосняках – от 10 до 83% (в среднем 36,2%), в смешанных типах леса – от 10 до 60% (в среднем 28,7%) (рис. 2).

В результате фитоиндикации исследуемых местообитаний *V. myrtillus* получены экологические характеристики по шести шкалам Н. Ellenberg [5]. Диаграммы экологического пространства *V. myrtillus* в различных группах типов лесных экосистем в пределах Кировской области (подзона южной тайги) представлены на рисунке 3.

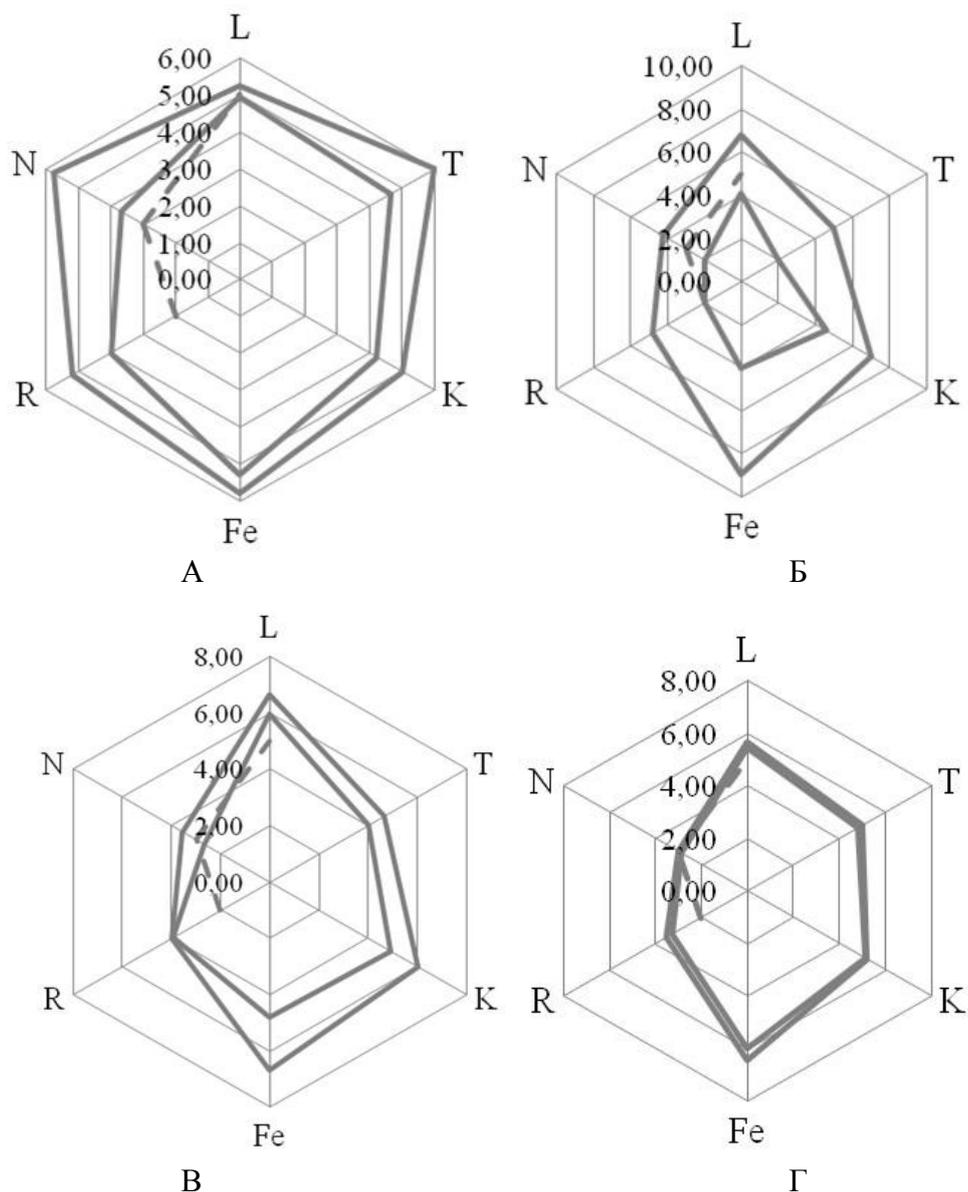


Рис. 3. Диаграммы экологического пространства *Vaccinium myrtillus* в Кировской области по шкалам Н. Ellenberg [5]: А – ельники; Б – сосняки; В – смешанные типы леса; Г – березняки  
Шкалы: L – освещенность, Т – термоклиматическая, К – континентальности климата, Fe – увлажнения почв, R – кислотность почв, N – богатство почв азотом.  
..... – экологическая позиция вида в исследуемых местообитаниях;  
——— – экологическая позиция вида по шкалам Н. Ellenberg [5]

По шкале освещенности, оценивающей отношение растений к относительному освещению, преобладающему в местообитании вида, *V. myrtillus* произрастает при разном уровне освещенности: как в условиях тени (березовые и еловые фитоценозы) при освещенности 60–80%, так и в более освещенных местообитаниях (смешанные и сосновые типы леса).

По отношению к термоклиматическому фактору, оценивающему теплолюбивость / холодостойкость, изучаемый вид является обитателем прохладного и умеренного климата (4–5-я ступень шкалы).

По шкале континентальности *V. myrtillus* характеризуется как слабо субокеанический и слабо субконтинентальный вид (5-я ступень шкалы), что соответствует географической зоне распространения вида в пределах Кировской области.

По отношению к влажности почв, отмечено распространение вида в местообитаниях с почвами от средне-влажных (все типы за исключением березняков) до влажных (березняки) – 6-я ступень шкалы).

По шкале кислотности почв, которая определяет зависимость видов от кислотно-щелочных условий почв, *V. myrtillus* занимает местообитания, характеризующиеся от кислых (березовые и сосновые типы) до умеренно кислых – рН 4,9–5,6 (остальные типы).

По шкале азотного богатства, которая показывает общий запас питательных веществ (N, K, P, Mg) в почве, вид приурочен к местообитаниям от бедных (3-я ступень шкалы) до умеренно обеспеченными основными питательными элементами (4-я ступень шкалы).

Таким образом, на основании данных об экологических предпочтениях *V. myrtillus* на территории Кировской области установлено, что исследуемый вид встречается в условиях как светлых местообитаний, так и тени при освещенности 60–80%, произрастает на почвах с влажностью от 40 до 60%, от кислых до умеренно кислых (рН от 2,9 до 5,5), умеренно обеспеченных питательными веществами.

#### **Библиографический список**

1. Золотой А. Л., Сафонов А. И. Фитоиндикация промышленных экотопов на примере *Reseda lutea* L. Saarbrücken : LAP LAMBERT Academic Publishing, 2016. 57 с.
2. Методы изучения лесных сообществ. СПб. : НИИХимии СПбГУ, 2002. 240 с.
3. Миркин Б. М., Наумова Л. Г. Наука о растительности (история и состояние основных концепций). Уфа : Гилем, 1998. 413 с.
4. Черепанов С. К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). СПб. : Мир и семья, 1995. 992 с.
5. Ellenberg H. Zeigerwerte der Gefasspflanzen Mitteleuropas. Gottingen, 1974. 97 s.

## ЭКОЛОГО-ФИТОЦЕНОТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕСТООБИТАНИЙ *IRIS SIBIRICA* L. В КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Ю. А. Овчинникова, С. В. Шабалкина

Вятский государственный университет, zorgkokb@gmail.com

В статье приводятся оценка эдафических условий и экологический анализ флоры по отношению к почвенным факторам сообществ с *Iris sibirica* L., расположенных в пойме р. Вятки подзон южной тайги и хвойно-широколиственных лесов в Кировской области. Установлено, что большинство почвенных факторов являются неоптимальными для произрастания особей этого вида, эффективность освоения экологического пространства невысокая.

Ключевые слова: *Iris sibirica* L., фитоиндикация, экологическая шкала, потенциальная экологическая валентность, реализованная экологическая валентность, экологический фактор, экологическая группа.

Фитоиндикация местообитания – диагностика экологических параметров местообитания по произрастающим в нем видам растений – достаточно распространенный и традиционный способ в современных геоботанических и экологических исследованиях. В этом сообщении приводятся итоги анализа эдафических условий фитоценозов с *Iris sibirica* L., расположенных в пойме р. Вятки подзон южной тайги и хвойно-широколиственных лесов Кировской области.

Изучаемый нами объект, ирис сибирский – бореально-неморально-субсредиземноморский вид [1], в России отмечающийся во многих районах европейской части (кроме севера и юго-востока), в Западной Сибири и на юго-западе Восточной Сибири [2]. В Кировской области данный вид встречается изредка в пойме р. Вятки и её крупных притоков в Центрально-Северном, Западном, Восточном, Центрально-Южном, Юго-Восточном и Южном ботанико-географических районах [3]. *I. sibirica* включён в список редких и уязвимых видов, нуждающихся в регионе в постоянном контроле и наблюдении [4].

Материалом для анализа стали собственные геоботанические описания сообществ в окрестностях г. Кирова за период 2017–2020 гг., которые проведены по общепринятым методикам [5, 6]. Также к обсуждению привлечены геоботанические описания, имеющиеся на кафедре биологии и методики обучения биологии Вятского государственного университета, выполненные в 2016 г. Обследованная площадь каждого местообитания с *I. sibirica* составила более 0,1 га. Флористические списки обработали при помощи программы EcoScaleWiN [7] по шкалам Д. Н. Цыганова [8], используя метод экстремальных границ. Оценка условий местообитаний ценопопуляций *I. sibirica* прово-

дили с учетом реализованной экологической валентности (REV) и коэффициента экологической эффективности (K.ec.eff.) [9].

Первое анализируемое местообитание представляет луг, расположенный в пойме правого берега р. Вятки около с. Макарье окрестностей г. Кирова (Центрально-Южный ботанико-географический район, подзона южной тайги). Особи *I. sibirica* встречаются здесь в лисохвосто-щучковой, лисохвосто-таволговой, бедренцево-щучковой и других ассоциациях. Общее проективное покрытие (в среднем) травостоя – 95 %. В составе флоры выявлено 84 вида растений, относящихся к 61 роду и 27 семействам. Наиболее многочисленными являются семейства Poaceae, Rosaceae, Asteraceae, Caryophyllaceae, Ranunculaceae, Fabaceae. Основу флоры составляют *Bromopsis inermis* (Leys.) Holub, *Alopecurus pratensis* L., *Deschampsia cespitosa* (L.) P. Beauv, *Pinus sylvestris* L., *Agrostis tenuis* Sibth., *Sanguisorba officinalis* L., *Trifolium medium* L., *Veronica chamaedris* L., *Festuca pratensis* Huds., *Galium boreale* L., *Phleum pratense* L., *Poa pratensis* L., *Inula salicina* L., *Viola canina* L., *Achillea millefolium* L., *Ranunculus acris* L. и другие.

Второе местообитание – это также луг поймы р. Вятки, но находящийся в окрестностях пос. Аркуль Нолинского района Кировской области (Юго-Восточный ботанико-географический район, подзона хвойно-широколиственных лесов). Особи *I. sibirica* отмечены здесь в вероникотаволгово-кострецовой, кострецово-девясилевой, девясилево-лисохвостовой, клеверо-кострецовой и других ассоциациях. Общее проективное покрытие (в среднем) – 80 %. Флору данного фитоценоза составляет 81 вид растений, принадлежащих к 63 родам и 25 семействам. Наиболее богаты видами следующие семейства: Asteraceae, Poaceae, Rosaceae, Fabaceae, Cyperaceae. Во всех ассоциациях или в большинстве из них встречаются *A. pratensis*, *B. inermis*, *Carex praecox* Schreb., *Filipendula ulmaria* (L.) Maxim., *G. boreale*, *I. salicina*, *Lathyrus pratensis* L., *Rosa acicularis* Lindl., *S. officinalis*, *Rumex thyrsiflorus* Fingerh., *V. canina*, *Vicia cracca* L., *Veronica longifolia* L. и другие.

Несмотря на наличие общих видов в двух местообитаниях, коэффициент Жаккара [10] составил 0,34, что указывает на относительно небольшое сходство флористического состава и свидетельствует о неоднородности экологических условий в биотопах.

В соответствии со шкалами Д. Н. Цыганова [8] *I. sibirica* предпочитает сухо-лесолуговые пространства, нейтральные (pH=6,5–7,2) почвы с умеренно и сильно переменным увлажнением, очень бедные азотом, но богатые минеральными солями.

Оказалось, что в обоих местообитаниях почвы недостаточно богаты минеральными солями, богаты азотом, имеют слабокислую реакцию. На луге в окрестностях пос. Аркуль также от оптимального отклоняется значение увлажнения почвы – наблюдается увлажнение влажно-лесолугового типа при предпочтительном сухо-лесолуговом (табл. 1).

Таблица 1

**Сравнительная характеристика эдафических условий местообитаний  
*Iris sibirica* по шкалам Д. Н. Цыганова**

Шкала (индекс)	Точка опти- ти- муна	Оценка эдафических условий пойменного луга в окр. г. Кирова		Оценка эдафических условий пойменного луга в окр. пос. Аркуль	
		балл	характеристика	балл	характеристика
Увлажнение почвы (Hd)	11	12	увлажнение сухо- и влажно-лесолугового типа	13	увлажнение влажно- лесолугового типа
Солевой ре- жим почвы (Tr)	9	7	довольно богатые ми- неральными солями почвы	7	довольно богатые ми- неральными солями почвы
Богатство поч- вы азотом (Nt)	3	7	достаточно обеспечен- ные азотом почвы	7	достаточно обеспе- ченные азотом почвы
Кислотность почвы (Rc)	9	7	слабокислая реакция почвы	7	слабокислая реакция почвы
Переменности увлажнения почвы (fH)	8	7	умеренно переменное увлажнение	7	умеренно переменное увлажнение

*Примечание:* серым цветом выделены ячейки со значениями факторов, наиболее отклоняющимися от теоретически оптимальных.

Оценка реализованной экологической валентности и коэффициента экологической эффективности показала следующие особенности. REV значительно ниже потенциальной экологической валентности (табл. 2), при этом по отношению к увлажнению почвы ее значение больше на луге в окрестностях г. Кирова. В данном фитоценозе также выше эффективность освоения пространства применительно к увлажнению почвы, шире реализованная экологическая ниша *I. sibirica*. Для остальных почвенных шкал значения REV и K.ec.eff. совпадают (табл. 2).

Таблица 2

**Характеристика потенциальной (REV) и реализованной (REV)  
экологических валентностей, коэффициента экологической  
эффективности (K.ec.eff.) в соответствии со шкалами Д. Н. Цыганова**

Шкала	REV	REV		K.ec.eff., %	
		пойменный луг (пос. Аркуль)	пойменный луг (г. Киров)	пойменный луг (пос. Аркуль)	пойменный луг (г. Киров)
Hd	0,57	0,04	0,09	7,02	15,79
Tr	0,32	0,05	0,05	15,63	15,63
Nt	0,45	0,09	0,09	20,00	20,00
Rc	0,38	0,08	0,08	21,05	21,05
fH	0,27	0,09	0,09	33,33	33,33

Особенности эдафотопы демонстрируют и спектры экологических групп по отношению к этим почвенным факторам. Среди экологических групп по отношению к увлажнению почвы (рис.) в обоих местообитаниях преобладают

мезофиты. Однако, на пойменном луге в Аркуле встречается меньше мезофитов, но больше мезогигрофитов и ксеромезофитов, чем в Кирове, а также имеется представитель гигрофитов – *Carex acuta* L. Это дополнительно свидетельствует об отклонении от оптимума интенсивности увлажнения почвы в данном биотопе в большую сторону (табл. 1).

В спектре экологических групп по отношению к богатству почвы азотом (рис.) преобладают геминитрофилы, что соответствует экологическим предпочтениям *I. sibirica*.

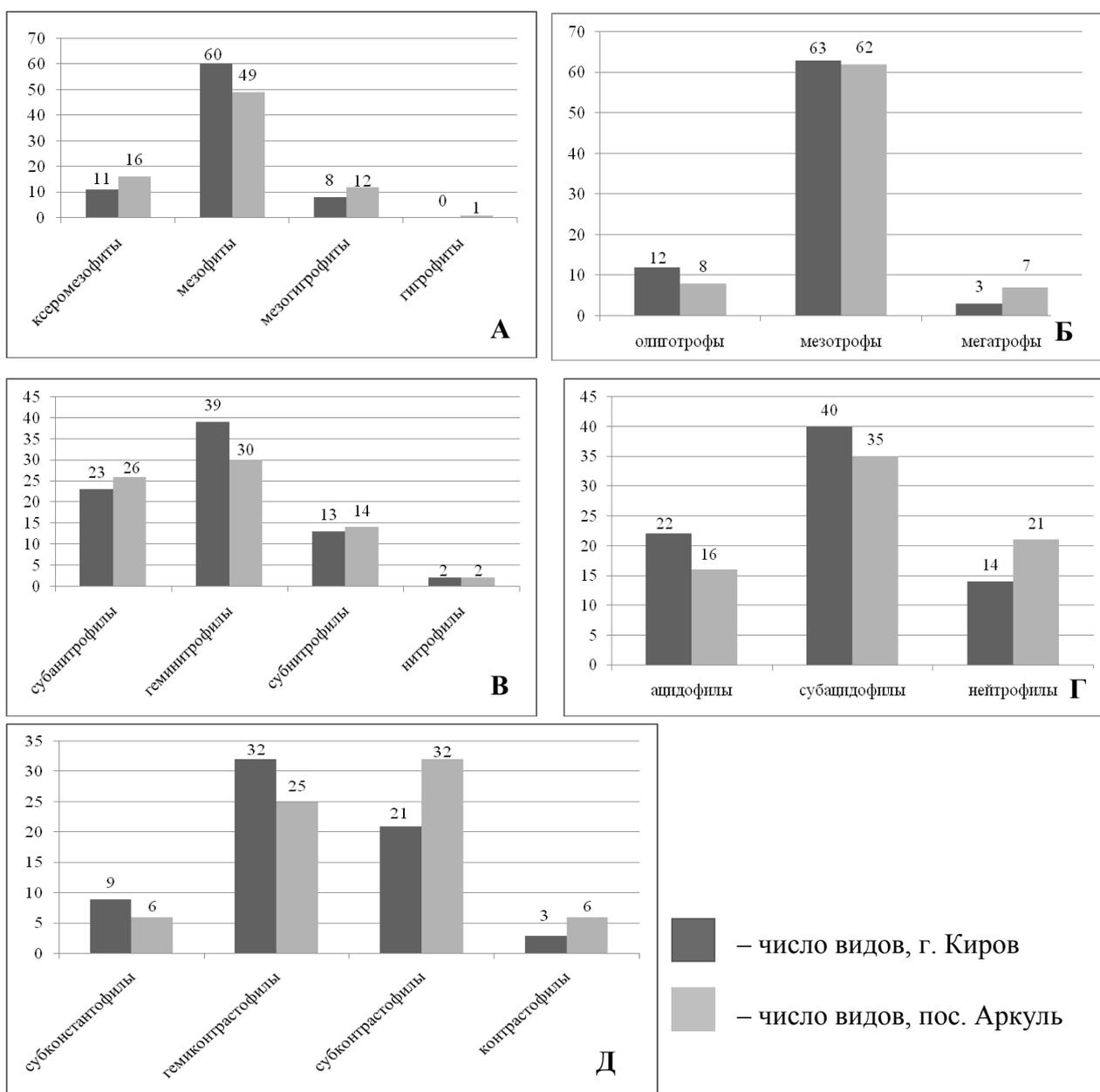


Рис. Спектры экологических групп растений по отношению к почвенным факторам: А – увлажнению; Б – солевому режиму; В – богатству азотом; Г – кислотности; Д – переменности увлажнения

Среди экологических групп по отношению к солевому богатству почвы (рис.) в обоих местообитаниях наибольшую часть составляют мезотрофы. На пойменном луге в Аркуле произрастает меньше олиготрофов и больше

мегатрофов, чем в Кирове. Это свидетельствует о большей близости солевого богатства почвы в данном местообитании к условиям, оптимальным для *I. sibirica*.

В спектре экологических групп по отношению к кислотности почвы (рис.) преобладают субацидофилы, что также соответствует экологической принадлежности *I. sibirica*. На пойменном луге в Кирове имеется больше ацидофилов и субацидофилов и меньше нейтрофилов по сравнению с местообитанием в Аркуле. В данном случае, условия луга в окрестностях пос. Аркуль несколько оптимальнее для произрастания *I. sibirica*, так как реакция почвы более сдвинута в сторону нейтральной.

Среди экологических групп по отношению к переменной увлажненности (рис.) на луге в окрестностях г. Кирова преобладают гемиконтрастофилы, а в Аркуле – субконтрастофилы, что свидетельствует о большей переменной увлажненности в Аркуле и близости переменной увлажненности в данном местообитании к условиям, предпочитаемым *I. sibirica*.

Таким образом, большинство почвенных факторов являются неоптимальными для произрастания особей *I. sibirica*, как в подзоне южной тайги, так и в подзоне хвойно-широколиственных лесов в Кировской области. Об этом свидетельствуют и низкая реализованная валентность, и маленький коэффициент экологической эффективности. Тем не менее, увлажнение почвы пойменного луга в окрестностях г. Кирова более благоприятно для растений этого вида. Однако спектры экологических групп по отношению к пяти почвенным факторам продемонстрировали, что, несмотря на близкий количественный состав некоторых экологических групп, солевое богатство, кислотность и переменность увлажненности почвы в большей степени сдвинуты в сторону оптимальных значений для *I. sibirica* на луге в окрестностях пос. Аркуль.

#### Библиографический список

1. Федченко Б. А. Род 307 Касатик – *Iris* L. // Флора СССР. Т. 4. Л., 1935. С. 511–576.
2. Иллюстрированный определитель растений Средней России. Том 1: Папоротники, хвощи, плауны, голосеменные, покрытосеменные (однодольные) /И. А. Губанов, К. В. Киселёва, В. С. Новиков, В. Н. Тихомиров. М. : Т-во научных изданий КМК, Ин-т технологических исследований, 2004. 520 с.
3. Определитель растений Кировской области: в 2-х ч. / Сост. Ф. А. Александров, Л. А. Зубарева, В. П. Клиросова и др. Ч. 1. Киров : Кир. гос. пед. ин-т им. В. И. Ленина, 1975. 254 с.
4. Красная книга Кировской области: животные, растения, грибы. Изд. 2-е / Под ред. О. Г. Барановой и др. Киров : ООО «Кировская областная типография», 2014. 336 с.
5. Ипатов В. С., Кирикова Л. А. Фитоценология. СПб., 1999. 316 с.
6. Работнов Т. А. Фитоценология. 3-е изд., перераб. и доп. М. : МГУ, 1992. 352 с.
7. Компьютерная обработка геоботанических описаний по экологическим шкалам с помощью программы EcoScaleWin / Е. В. Зубкова, Л. Г. Ханина, Т. И. Грохлина, Ю. А. Дорогова. Йошкар-Ола, 2008. 96 с.
8. Цыганов Д. Н. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов. М. : Наука, 1983. 197 с.

9. Экологические шкалы и методы анализа экологического разнообразия растений: монография / Л. А. Жукова, Ю. А. Дорогова, Н. В. Турмухаметова [и др.]; под общ. ред. проф. Л. А. Жуковой. Йошкар-Ола : Изд-во МарГУ, 2010. 368 с.

10. Миркин Б. М., Розенберг Г. С. Фитоценология: Принципы и методы. М. : Наука, 1978. 212 с.

## ФЛОРА АЛЕКСАНДРОВСКОГО САДА г. КИРОВА

*В. В. Лийман, О. Н. Пересторонина*

*Вятский государственный университет, stud114051@vyatsu.ru*

В статье представлен комплексный анализ флоры Александровского сада. Предложен подход, предполагающий комплексный анализ интродуцентов и природного компонента флоры с учётом физико-географических условий района исследования. Определен видовой состав сосудистых растений, расположенных в пределах изучаемого сада. Выявлены таксономические, биогеографические, биоморфологические особенности флоры.

Ключевые слова: Александровский сад, флора, анализ флоры, гемерофобность, жизненная форма.

Александровский сад г. Кирова имеет почти 200-летнюю историю и считается одним из лучших произведений парковой архитектуры провинциального классицизма. Богатство отечественного садово-паркового наследия достаточно велико. Флористическая инвентаризация видов Александровского сада, а также изучение динамики антропогенной трансформации растительного покрова является актуальной проблемой. Исследование проведено в вегетационный период 2020 г., с мая по сентябрь.

Современная флора Александровского сада представлена 110 видами из 37 семейств. Ведущие семейства типичны для бореальных флор [1]. В спектре 10 ведущих семейств места распределены следующим образом: 1 – розоцветные (15 видов – *Spiraea chamaedrifolia* L., *Malus domestica* Borkh., *Sorbus aucuparia* L. и др.), 2 – сложноцветные (13 видов – *Achillea millefolium* L., *Leucanthemum vulgare* Lam., *Tussilago farfara* L. и др.), 3 – злаковые и бобовые по (7 видов), 4 – лютиковые (6 видов – *Ranunculus polyanthemus* L., *Ranunculus acris* L. и др.), 5 – сосновые (5 видов – *Picea pungens* Engelm., *Picea abies*, *Larix sibirica* Ledeb., *Pinus sylvestris* L., *Abies sibirica* Ledeb.), 6 – ивовые, крестоцветные, зонтичные, маслиновые, губоцветные, норичниковые по (по 4 вида), 6 – гречишные, гвоздичные, кленовые, липовые, кипрейные, подорожниковые, мареновые, колокольчиковые, осоковые, лилейные, ландышевые, березовые, буковые, вязовые, крапивные, маревые, маковые, крыжовниковые, зверобойные, кизилловые, первоцветные, вьюнковые, паслёновые, жимолостные, бузиновые по одному виду. Количество видов этих семейств указано в таблице 1.

Таблица 1

## Распределение видов по семействам во флоре Александровского сада

№	Семейства	Число видов	Доля, %
1	Rosaceae	15	13,64
2	Asteraceae	13	11,82
3	Poaceae	7	6,36
	Fabaceae	7	6,36
4	Ranunculaceae	6	5,45
5	Pinaceae	5	4,55
6	Salicaceae	4	3,63
	Cruciferae	4	3,63
	Umbelliferae (Apiaceae)	4	3,63
	Oleaceae	4	3,63
	Labiatae (Lamiaceae)	4	3,63
	Scrophulariaceae	4	3,63
7	Polygonaceae	2	1,82
	Caryophyllaceae	2	1,82
	Aceraceae	2	1,82
	Tiliaceae	2	1,82
	Onagraceae	2	1,82
	Plantaginaceae	2	1,82
	Rubiaceae	2	1,82
	Campanulaceae	2	1,82
8	Cyperaceae	1	0,91
	Liliaceae	1	0,91
	Convallariaceae	1	0,91
	Betulaceae	1	0,91
	Fagaceae	1	0,91
	Ulmaceae	1	0,91
	Urticaceae	1	0,91
	Chenopodiaceae	1	0,91
	Papaveraceae	1	0,91
	Grossulariaceae	1	0,91
	Hypericaceae (Guttiferae)	1	0,91
	Cornaceae	1	0,91
	Primulaceae	1	0,91
	Convolvulaceae	1	0,91
	Solanaceae	1	0,91
	Caprifoliacea	1	0,91
Sambucaceae	1	0,91	
Итого		110	100

Аборигенная фракция составляет 93 вида (84,55%). Соотношение местных и адвентивных видов во флоре Александровского сада представлено в таблице 2.

**Соотношение местных и адвентивных видов во флоре  
Александровского сада**

Виды	Число видов	Доля, %
Местные (аборигенные)	93	84,55
Заносные (адвентивные)	17	15,45
Всего	110	100

Адвентивных видов во флоре сада 17 (15,45%). Все они неофиты (*Dianthus barbatus* L., *Ribes sativum* Syme., *Malus domestica* Borkh, *Acer negundo* L.) – недавно появившиеся на территории сада. В большинстве своем это наиболее непостоянный компонент флоры, хотя некоторые адвентивные виды довольно устойчиво вошли в состав растительного покрова сада.

Все аборигенные виды являются автохорами, т. е. самостоятельно расселяются по территории сада. Способ иммиграции заносных видов может быть разным (табл. 3). *Veronica persica* Poir – вид случайно занесенный (непреднамеренный антропохор), ксенофит (0,91%). Довольно много эргазиофитов, видов, дичающих из культуры (дичающих интродуцентов) (12 видов – 10,91%). *Ribes rusrum* L., *Malus domestica* Borkh, *Amelanchier spicata* (Lam.) C. Koch, *Sambucus racemosa* L. – являются производными культивируемых в этой местности растений. Такие виды выделяются в группу эргазиоксенофитов (4 вида – 3,64%).

**Распределение видов флоры Александровского сада  
по способам иммиграции**

Способ иммиграции	Число видов	Доля, %
Автохоры	93	84,54
Ксенофиты	1	0,91
Эргазиофиты	12	10,91
Эргазиоксенофиты	4	3,64
Всего	110	100

Различные виды растений по-разному переносят изменения среды их обитания. Способность видов выдерживать антропогенную нагрузку оценивают по степени гемерофобности. Во флоре Александровского сада гемерофобов 35 видов (31,82%). К ним относятся: *Leucanthemum vulgare* Lam., *Hieracium umbelatum* L., *Veronica chamaedrys* L., *Glechoma hederacea* L., *Leonurus quinquelobatus* Gilib, *Cornus alba* (L.) Pojark и др. Реакция растений на изменение среды обитания весьма различна, поэтому гемерофобы подразделены на две группы: гемерофобы, или полные гемерофобы, т. е. виды, исчезающие даже при незначительном хозяйственном воздействии, и гемерофобы частичные, способные переносить незначительные антропогенные нагрузки на среду обитания.

Некоторые аборигенные виды расширяют свое распространение под влиянием деятельности человека. Таких растений – апофитов – во флоре сада

58 видов (52,73%) – *Anthriscus sylvestris* (L.) Hoffm., *Aegopodium podagraria* L., *Heracleum sibiricum* L.

Неофиты имеют различную степень натурализации (внедрения), их насчитывается 17 видов (15,45%). Это *Populus balsamifera* L., *Amelanchier spicata* (Lam) C.Koch, *Rosa rugosa* Thunb и др.

Таблица 4

**Распределение видов флоры Александровского сада по способности выдерживать антропогенную нагрузку**

Возможность вида		Число видов	Доля, %
Гемерофоб	Полный	15	13,64
	Частичный	20	18,18
Апофит	Полный	34	30,91
	Частичный	24	21,82
Неофит		17	15,45
Всего		110	100

Флора Александровского сада носит умеренно-бореальный характер, обусловленный расположением её территории в границах таёжной зоны [2]. Преобладают бореальные виды – *Populus alba* L., *Betula pendula* Roth (*Betula verrucosa* Ehrh.) и др. (54 вида – 49,09%). Плюризональных видов довольно много – *Chenopodium album* L., *Capsella bursa pastoris* Medik. (26 видов – 23,64%). В большом количестве произрастают неморальные и бореально-неморальные виды (26 видов – 22,73%), поскольку территория области располагается у южной границы тайги. Лесостепные элементы немногочисленны – *Caragana arborescens* Lam., *Crataegus sanguinea* Paal (5 видов – 4,54%). Распределение видов по зонам распространения представлено в таблице 5.

Таблица 5

**Распределение видов флоры Александровского сада по зонам распространения**

Зоны распространения видов	Число видов	Доля, %
Бореальные	54	49,09
Неморальные и бореально-неморальные	25	22,73
Лесостепные	5	4,54
Плюризональные	26	23,64
Всего	110	100

Географическое распространение видов флоры Александровского сада указано в таблице 6. Преобладают евразийские и евросибирские элементы (77 видов – 70%). Большое участие во флоре принимают европейские элементы – *Padus rasemosa* (Lam.) Gilib и др. (14 видов – 12,72%). Много циркумбореальных видов – *Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop. и др. (14 видов – 12,72%). Плюрирегиональные элементы флоры немногочисленны (4 вида – 3,65%) – это *Poa pratensis* L., *Chenopodium album* L., *Capsella bursa pastoris* Medik., *Potentilla anserina* L.

Таблица 6

**Географическое распространение видов флоры Александровского сада**

Географические элементы флоры	Число видов	Доля, %
Азиатские и сибирские	1	0,91
Европейские	14	12,72
Евразийские и евросибирские	77	70
Циркумбореальные	14	12,72
Плюрирегиональные	4	3,65
Всего	110	100

Для биоморфологической характеристики флоры и получения спектра, отражающего, в известной мере, и экологическое «лицо» флоры принята классификация биологических типов С. Raunkiaer [3]. В результате анализа заметно выражено преобладание гемикриптофитов – *Plantago media* L., *Galium mollugo* L. и др. (53 вида – 48,18%), что характерно для флор умеренно-холодного климата (табл. 7). Высокий процент участия во флоре сада фанерофитов – *Syringa josikaea* Jacq., *Syringa vulgaris* L. и др. (33 вида – 30%). Довольно многочисленная группа геофитов – *Circáea lutetiána*, *Majanthemum bifolium* (L.) F. Schmidt. и др. (10 видов – 9,09%), большей частью состоит из растений, одичавших из культуры, аборигенных видов среди этой группы немного. То же относится и к биологическому типу терофитов – *Polygonum aviculare* L., *Stellaria media* (L.) Vill. и др. (9 видов – 8,18%), среди которых много адвентивных видов, лесостепных элементов. Участие других биологических типов невелико и колеблется от 0,91 до 3,64%.

Таблица 7

**Биологические типы по С. Raunkiaer во флоре Александровского сада**

Биологический тип	Число видов	Доля, %
Гемикриптофиты	53	48,18
Гелофиты	1	0,91
Геофиты	10	9,09
Терофиты	9	8,18
Фанерофиты	33	30
Хамефиты	4	3,64
Всего	110	100

Таким образом, Александровский сад – уникальная природная территория, на которой гармонично сочетаются парковые композиции и компоненты естественной природной среды. В связи с высокой рекреационной нагрузкой целесообразна организация мониторинга флоры.

**Библиографический список**

1. Толмачев И. А. Введение в географию растений. Л. : ЛГУ, 1974. 244 с.
2. Тарасова Е. М. Флора Вятского края. Часть 1. Сосудистые растения. Киров : ОАО «Кировская областная типография», 2007. 440 с.
3. Raunkiaer C. The Life Forms of Plants and Statistical Geography. Oxford, 1937. 632 p.

## ГЕНЕРАТИВНАЯ СТРАТЕГИЯ НЕКОТОРЫХ РАСТЕНИЙ В ЭКОТОПАХ ДОНБАССА

*Е. В. Стреблянская*

*Донецкий национальный университет,  
elenochkastreblyanskaya@yandex.ua*

Рассчитаны показатели генеративной активности некоторых сорно-рудеральных видов. Результаты репродуктивной генерации рассмотрены в качестве возможного критерия реализации фитоиндикационного мониторинга в Донбассе.

Ключевые слова: Донбасс, генеративные показатели, фитоиндикация, антропогенная трансформация экотопов, экологический мониторинг.

Карпологический аспект важен в изучении растений с целью понимания как частных стратегий приспособления к неблагоприятным факторам [1–3], так и выявления критериев фитоиндикационной значимости для мониторинга [1–7]. Из признаков состояния растений в различных экотопах на практике использование прямых макро-морфологических показателей обычно не дает информации о стратегических потенциях растительного организма, поэтому возникает необходимость оперировать расчетными индексами для понимания системы адаптации растений, что также гипотетически может быть применено в качестве информативного показателя состояния среды, например, токсичности почвенного горизонта, степени уплотнения и механического состава техногенных почвогрунтов, концентрации отдельных элементов и их соединений в природных средах.

Цель работы – установить разницу в генеративной активности некоторых фитоиндикаторов (*Centaurea diffusa* Lam., *Tanacetum vulgare* L., *Artemisia absinthium* L., *Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt.) Fresen.) в различных экотопах Донбасса. Выбор этих видов обусловлен наличием достаточных для статистического эксперимента экземпляров (более 30 в каждой учетной площадке) как в природных, так и в природно-техногенных ландшафтах (на примере предприятий металлургического комплекса г. Макеевки в 2018, 2019 и 2020 гг.).

В целом, представленная работа выполняется в рамках программы по фитоиндикационному мониторингу, реализуемой кафедрой ботаники и экологии Донецкого национального университета [5]. Использована адаптированная методика расчета генеративной активности растений [3]. Такой подход также является дополнительной информацией для реализации, например, образовательных технологий [8].

В условиях техногенной нагрузки и предположительно высоких уровней загрязнения среды стремление вида *Centaurea diffusa* осуществляется по пути формирования эксплеренции в реализации стратегии выживания: фор-

мируется большее количество генеративных структур по показателям общей биомассы и в количественном отношении (табл.). Это указывает на стимулирование систем размножения и генерации, превалирующих над вегетацией, что является как значимым фактом в классической экологии растений (частный демонстрационный пример), так и полезным свойством при оценке среды по фитокомпонентной составляющей для программ диагностической экспертизы в Донецком экономическом регионе.

Таблица

### Генеративные показатели фитоиндикаторов в Донбассе

Места произрастания, экотопы	Cs	Cr	Cv	d	R
<i>Centaurea diffusa</i> Lam.					
малонарушенные территории (контроль)	0,8	1,0	0,9	4,0	2,88
территории промышленных площадок	0,8	0,9	0,9	7,5	4,86
селитебные территории	0,6	0,8	0,7	3,2	1,08
автодороги	0,7	0,9	0,9	11,8	6,69
<i>Tanacetum vulgare</i> L.					
малонарушенные территории (контроль)	0,8	1,0	0,9	5,4	3,89
территории промышленных площадок	0,6	1,0	0,8	8,5	4,08
селитебные территории	0,6	0,9	0,7	6,1	2,31
автодороги	0,5	0,9	0,9	6,3	2,55
<i>Artemisia absinthium</i> L.					
малонарушенные территории (контроль)	0,8	1,0	0,8	3,5	2,24
территории промышленных площадок	0,9	1,0	0,9	4,6	3,73
селитебные территории	0,6	0,8	0,7	3,0	1,01
автодороги	0,8	0,9	0,9	4,5	2,92
<i>Cyclachaena xanthiifolia</i> (Nutt.) Fresen.					
малонарушенные территории (контроль)	0,8	1,0	0,9	2,4	1,73
территории промышленных площадок	0,6	0,8	0,8	2,0	0,77
селитебные территории	0,6	0,9	0,8	2,9	1,25
автодороги	0,6	0,8	0,6	3,2	0,92

Примечание: Cs – коэффициент семяобразования; Cr – созревания; Cv – жизнеспособности; d – количество генеративных побегов на м<sup>2</sup>; R – генеративная активность видов.

При анализе генеративной активности *Tanacetum vulgare* основной вклад имеет показатель количества побегов, что в целом характерно для этой группы сорно-рудеральных растений Северного Приазовья. Согласно результатам, представленным в таблице, в условиях промышленных предприятий семенная продукция *Tanacetum vulgare* имеет такие же показатели, как и в контрольных фоновых условиях (по отношению к антропогенной нагрузке), однако тенденция к формированию полицентрического побегообразования стратегически расширяет возможности продукции большего количества семян такого же качества. Возможно, такая особенность спровоцирована отсутствием естественной фитоцентрической конкуренции в условиях формирования разреженных сообществ в геохимически контрастных переформированных грунтах. Показатель побегообразования *Tanacetum vulgare* достоверно выше контрольных значений также в селитебных территориях и экотопах

путей сообщения. Подобная тенденция характерна и при анализе показателей репродуктивной активности *Artemisia absinthium* в тех же местах произрастания, однако разница в конечном расчетном показателе не так существенна, как в случае с *Tanacetum vulgare*, что указывает на большую пластичность последнего и позволяет его рекомендовать в качестве сравнительно лучшего фитоиндикатора. Вид *Cyclachaena xanthiifolia* характеризовался низкими показателями качества семенной продукции, консерватизмом в побегообразовании и ветвлении, что указывает на низкую информативную способность этого вида по репродуктивной разнице и для системы экологического мониторинга по показателям генеративного успеха и способности реализации репродуктивной стратегии.

Таким образом, в целом для изучаемых видов растений в различных экотопах промышленной среды характерны максимальная продукция семязачатков и сохранение высоких показателей качества семенного материала, однако за счет формирования большего количества побегов и первичной вегетативной массы, особи имеют полицентрическую архитектуру по захвату территории и, соответственно, – успешную стратегию саморепродукции.

#### Библиографический список

1. Bepalova S. V., Goretsky O. S., Safonov A. I. The criteria of assessment of ecological state of environment on thresholds of sensitivity of bioindicators // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2011. № 1. С. 25–43.
2. Сафонов А. И. Стратегическая потенциализация фитоиндикаторов техногенных загрязнений // Аграрная Россия. 2009. № 51. С. 58–59.
3. Яковлев И. С., Сафонов А. И. Генеративная активность фитоиндикаторов в промышленном регионе // Донецкие чтения 2016 : Образование, наука и вызовы современности : материалы I Междунар. науч. конф. (Донецк, 16–18 мая 2016 г.). Т. 2. Хим. и биол. науки. Донецк : Изд-во ЮФУ, 2016. С. 149–150.
4. Сафонов А. И. Перспективные фитоиндикаторы Донбасса для биотестирования // Экология родного края: проблемы и пути их решения : материалы XV Всерос. с междунар. участием науч.-практ. конф. Книга 1. Киров : ВятГУ, 2020. С. 161–163.
5. Сафонов А. И. Новые виды растений в экологическом мониторинге Донбасса // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. 2020. № 1. С. 96–100.
6. Bepalova S. V., Goretsky O. S., Safonov A. I. Conceptual approaches to standardization in system of environmental biomonitoring // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2013. № 1. С. 8–15.
7. Сафонов А. И. Фитоэмбриональный скрининг в экологическом мониторинге Донбасса // Зеленый журнал – бюллетень ботанического сада Тверского государственного университета. 2017. Вып. 3. С. 6–14.
8. Абуснайна М. В., Стрелянская Е. В., Коротенко Н. В. Фитоиндикация как научный ресурс организации экологического образования // Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет». Донецк : ДонНУ, 2020. Вып. 12. Т. 1. : Естественные науки. С. 5–8.

## ЛОКАЛЬНЫЕ ДАННЫЕ О БРИОБИОНТАХ В ГОРОДАХ ЦЕНТРАЛЬНОГО ДОНБАССА

*Е. Н. Бондарь*

*Донецкий национальный университет, bondar.liza2015@yandex.ru*

Рассмотрены несколько фактических результатов об особенностях мохообразных в Донецком экономическом регионе (на примере городов Харцызск и Енакиево). Выполнены задачи по определению смены жизненных стратегий и поиску наиболее чувствительных бриобионтов к условиям антропогенного загрязнения окружающей среды.

Ключевые слова: бриобионты, фитоиндикация, экологический мониторинг, Донбасс.

Целевое изучение мохообразных в качестве индикаторов состояния окружающей среды в рамках государственного заказа в Донецком регионе началось в 2017 году [1, 2]. По первичным скрининговым сборам были проведены анализы на содержание в телах бриобионтов некоторых тяжелых металлов [3], таксономические исследования [4] в продолжении существующих традиций по биоиндикационным исследованиям [5]. Результаты аналитического контроля подтвердили избирательность и видовую специфичность в накоплении токсичных элементов мохообразными [3, 6–8], поэтому, инициированная научная работа [1, 4, 9–11] организована в системе сбора информации о многоцелевом использовании высших споровых растений в экологических программах Донбасса.

Цель работы – представить в дополнение к существующим новые актуальные сведения и находки о видах мохообразных на территориях городов Енакиево и Харцызск в 2020 г.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи: 1) на основании существующих данных о разнообразии мохообразных выделить вид бриобионта, наиболее чувствительный к фактору техногенной близости и загрязнения воздуха в г. Енакиево; 2) по имеющимся характеристикам *Dicranum polysetum* Sw. в местах регистрации определить жизненную стратегию этого вида мохообразного на основании эколого-ценотических и биоморфологических особенностей; 3) определить вид, встречающийся исключительно в условно чистых по качеству воздуха экотопах в г. Харцызске.

Для удовлетворяющих этим задачам видов растений были подготовлены фотоматериалы, представленные на рисунках 1–3.

Установлено, что из 26 мониторинговых точек в г. Енакиево, *Dicranella cerviculata* (Hedw.) Schimp. (рис. 1) была зафиксирована в двух периферических локациях с минимальным уровнем загрязнения воздуха. При трансплантации мохообразного в эксперименте по активному мониторингу вид не выдерживал загрязнения воздуха больше двух суток. Вид *Dicranum polysetum*

Sw. (рис. 2) является бриопатиентом с жизненной формой настоящая дернина, что валентно экологическим условиям занимаемых им биотопов и важно для стабилизации индикационного значения в диагностических программах. Установлено, что из 28 мониторинговых точек в г. Харцызске *Calliergonella cuspidata* (Hedw.) Loeske (рис. 3) встречается только в двух с минимальным уровнем загрязнения воздуха.



Рис. 1. *Dicranella cerviculata* (Hedw.) Schimp.



Рис. 2. *Dicranum polysetum* Sw.



Рис. 3. *Calliergonella cuspidata* (Hedw.) Loeske

Таким образом, полученные сведения рассматриваются как информационное дополнение к бриологическим исследованиям в регионе.

*Благодарим научного сотрудника кафедры ботаники и экологии Екатерину Игоревну Морозову за помощь в идентификации видов.*

#### **Библиографический список**

1. 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 : материалы Междунар. науч. конф. студ. и молодых ученых. Т. 2. Хим.-биол. науки. Донецк : ДонНУ, 2017. С. 100–102.
2. Морозова Е. И., Сафонов А. И. Реализация репродуктивного потенциала мохообразных Донбасса по степени спорофитизации // Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов : Сб. материалов XIII Междунар. науч. конф. аспирантов и студентов. Донецк : ДонНТУ, 2019. С. 111–114.
3. 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 : материалы Междунар. научн. конф. Киров : ВятГУ, 2019. С. 60–65.
4. Сафонов А. И., Морозова Е. И. Редкие виды мохообразных Донецко-Макеевской промышленной агломерации // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2018. № 112. С. 33–43.
5. Beshpalova S. V., Goretsky O. S., Safonov A. I. Determination of bioindicators sensitivity thresholds for ecologically unfavourable environmental factors // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2010. № 1(10). С. 9–25.
6. Сергеева А. С., Алемасова А. С., Сафонов А. И. Бриоиндикация состояния воздуха в промышленной части Северного Приазовья // Донецкие чтения 2019: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности : материалы IV Междунар. науч. конф. Т. 2: Хим.-биол. науки. Донецк : ДонНУ, 2019. С. 272–274.
7. Сергеева А. С., Алемасова А. С., Сафонов А. И. Диагностика антропогенно трансформированных экотопов Донбасса по содержанию тяжелых металлов в гаметофитах мохообразных // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем : материалы XVII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Киров : ВятГУ, 2019. С. 15–18.

8. 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 : материалы III Междунар. науч. конф. Т. 2. Хим.-биол. науки. Донецк : Изд-во ДонНУ, 2018. С. 217–218.

9. Бондарь Е. Н., Ночвина Т. С., Цеплая Е. А. Бриобионты городских агломераций Донбасса // Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет». Донецк : ДонНУ, 2020. Вып. 12. Т. 1. : Естественные науки. С. 31–34.

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

11. Ночвина Т. С. Распределение мохообразных по типу местопроизрастания на территории г. Зугрэс // Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет». Донецк : ДонНУ, 2020. Вып. 12, Т. 1.: Естественные науки. С. 113–116.

## **ОБ АНОМАЛИЯХ СЕЗОННОГО РАЗВИТИЯ РАСТЕНИЙ И ЖИВОТНЫХ В 2019 Г.**

*Т. Г. Шихова*

*ВНИИ охотничьего хозяйства и звероводства им. проф. Б. М. Житкова,  
biota.vniioz@mail.ru*

По результатам биофенологического мониторинга на территории Кировской области установлены особенности реакции растений, птиц и макромицетов на пониженный температурный режим летнего сезона 2019 г.

Ключевые слова: погодные аномалии, фенологические отклонения, прилет и отлет птиц, урожай плодов и семян.

Участившиеся в последние десятилетия погодные аномалии со значительными отклонениями от нормы температурно-влажностного режима [1, 2] отражаются на сроках протекания годового цикла растений и животных, а также на состоянии естественных и культурных биоценозов [3]. При проведении биоиндикационных исследований важно дифференцировать, какие факторы лежат в основе изменения состояния природных экосистем – естественные (погодные) или техногенные. Значительные сдвиги сроков и скорости протекания сезонных этапов развития организмов, дефицит или избыток тепла и влаги могут вызывать нарушение их генеративного цикла, повреждение и даже гибель [4–7]. Анализу влияния аномально холодного лета 2019 г. на развитие и плодоношение культурных растений, дикоросов и грибов, на сроки миграции перелетных видов птиц посвящена данная работа. За норму приняты средние многолетние даты за базовый период 1981–2010 г., рекомендованный метеорологами [8] для оперативной оценки текущих сезонов.

По данным Росгидромета [9] в течение вегетационного периода 2019 г. только май (среднемесячная температура воздуха 121% нормы) и октябрь (150%) были теплее обычного, с июня по сентябрь отмечался дефицит тепла (от  $-0,7^{\circ}$  до  $-2,9^{\circ}$ ). Особенно прохладными оказались июль и август, когда среднемесячная температура воздуха составляла 85–86% нормы. По влагообеспеченности значительная часть вегетационного сезона (апрель – сентябрь) характеризовалась дефицитом (33,7%) осадков, а вот теплый октябрь выдался аномально дождливым – 170% нормы осадков, что вызвало паводок на реках Кировской области.

Метеоаномалии 2019 г. повлияли на сроки протекания фенологических сезонов. Фенологическая весна с интенсивного снеготаяния началась в первой декаде апреля, что позднее обычного на 12 дней ( $+1,3\sigma$ ), и была быстротечной (короче на 17 дней,  $-1,7\sigma$ ). Повышенный температурный режим мая повлиял на темпы развития растений и зацветание шиповника коричневого – *Rosa majalis* (начало фенологического лета) наблюдалось уже в последних числах мая, что на 4 дня раньше обычного ( $-0,6\sigma$ ). Продолжительность летнего сезона оказалась в пределах среднесезонных значений. С появлением «желтых прядей» на березах – *Betula pendula* – в первой декаде августа раньше средней даты на восемь дней ( $-1,4\sigma$ ) – наступила осень. Из-за теплой погоды октября и ноября осенний сезон удлинился на две недели. Переход к зимнему аспекту был размытый с периодами временного разрушения снежного покрова в ноябре и декабре.

Вегетационный период 2019 г. характеризовался в апреле, июне и июле положительными (позднее среднесезонных дат) фитофеноаномалиями, а в мае и с августа по октябрь – отрицательными (опережающими средние даты) (рис. 1).

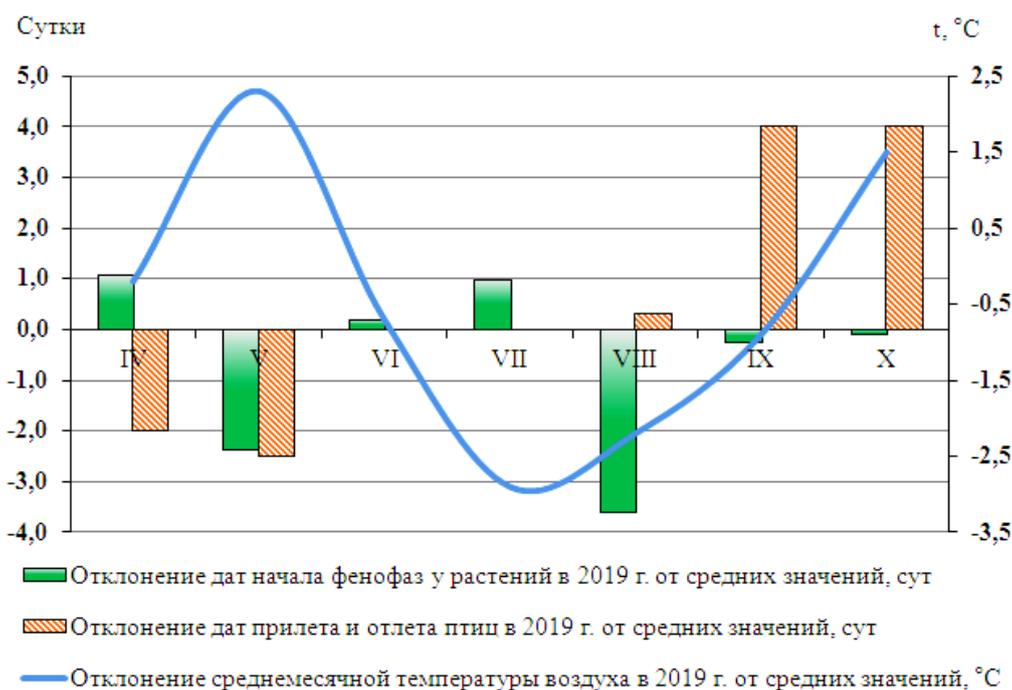


Рис. 1. Температурные, зоо- и фитофенологические аномалии 2019 г.

Опережение среднесуточных дат развития растений в мае составило в среднем  $-2,5 \pm 4,9$  суток. Причем в первую декаду мая отмечалась задержка в среднем на  $1,7 \pm 2,6$  суток (до 7 сут), а во вторую и третью декады – опережение в среднем на  $-5,6 \pm 3,7$  суток (до -15 сут).

Дефицит тепла в летние месяцы обусловил задержку развития растений в июне – июле и более раннее начало осенних явлений. Фитофенологические явления июня проходили с небольшим отклонением от нормы ( $0,2 \pm 3,3$  сут). В первой половине месяца наблюдалось опережение средних дат до 5 суток, а во второй половине – задержка развития растений до 7 суток. Холодный июль вызвал задержку развития растений на  $1,0 \pm 4,1$  суток (до 6 сут).

В августе – сентябре при отрицательной температурной аномалии осенние фенофазы у растений наступали с опережением средних дат на  $-3,6 \pm 5,4$  суток (до -10 сут).

Теплый март и начало апреля спровоцировали более ранний прилет грача – *Corvus frugilegus*, скворца – *Sturnus vulgaris*, чибиса – *Vanellus vanellus*, жаворонка – *Alauda arvensis*, чаек – *Larus ridibundus*, *L. canus* – в среднем на  $-2 \pm 3,5$  суток (до -11 сут прилет чаек). Превышение среднемесячной температуры воздуха в мае сказалось на опережении средних дат прилета птиц из группы дальних мигрантов (ласточка – *Hirundo rustica*, кукушка – *Cuculus canorus*, соловей – *Luscinia luscinia*, коростель – *Crex crex*, чечевича – *Carpodacus erythrinus* и др.) в среднем на  $-2,6 \pm 4,4$  суток (до -9 сут прилет стрижа *Apus apus*) (рис. 1).

Теплая погода конца сентября и особенно октября способствовала задержке осенней миграции перелетных видов в среднем на  $4,2 \pm 4,4$  сут (до -10 сут отлет гусеобразных) относительно средних дат.

По данным Росгидромета [9] летний сезон 2019 г. был с рекордно низкой отрицательной аномалией солнечного сияния. Недостаток тепла и солнечной радиации (дефицит летом 40–50%) негативно отразились на урожайности дикоросов, культурных растений и грибов (рис. 2).

У большинства рассмотренных видов растений в 2019 г. отмечалось снижение плодоношения (до 0–2 баллов). Очень низким был урожай теплолюбивых культур (земляники – *Fragaria vesca*, смородины черной – *Ribes nigrum*, вишни – *Cerasus vulgaris*). Хорошее плодоношение (4 балла) отмечено только у холодоустойчивых деревьев и кустарников: рябины обыкновенной и черноплодной, березы повислой – *Betula pendula*, ели европейской – *Picea abies*. У малины лесной – *Rubus idaeus* – массовое созревание плодов сместилось на август.

Урожай плодовых тел макромицетов (*Leccinum* spp., *Russula* spp., *Lactarius* spp.) не превышал 3 баллов. Обильный и продолжительный (до середины октября) осенний слой отмечен только у лисичек.

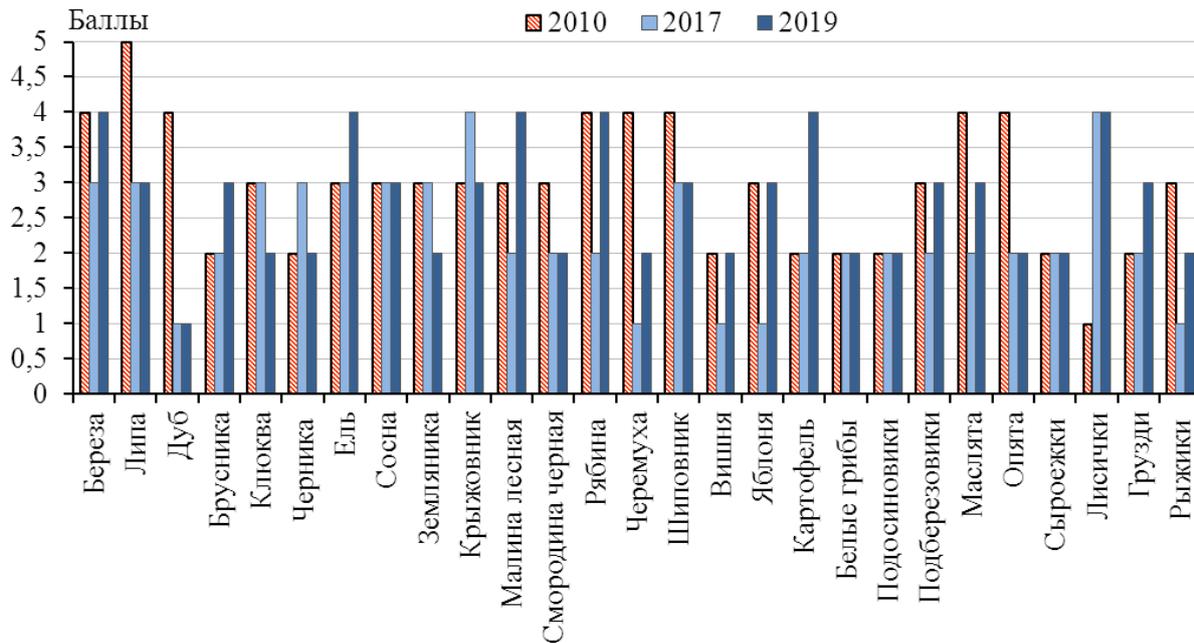


Рис. 2. Урожай плодов, семян и макромицетов в 2010, 2017, 2019 гг.

Сравнение урожайности растений в годы с аномальными погодными условиями показало, что листопадные деревья и кустарники (*Tilia cordata*, *Betula pendula*, *Populus balsamifera*, *Viburnum opulus*, *Quercus robur*, *Sorbus aucuparia*, *Padus avium*, *Rosa majalis*) лучше плодоносили в жаркий и засушливый 2010 год, чем в холодные с дефицитом солнечной радиации 2017 и 2019 годы, когда высокий (5 баллов) урожай не отмечен ни у одного из рассмотренных дикорастущих и культурных видов. Хорошее плодоношение (4 балла) в 2017 г. отмечено только у крыжовника *Ribes uva-crispa*, а в 2019 г. – у березы, ели, рябины и малины лесной.

В годы с аномальными погодными условиями вегетационного периода (значительным избытком или дефицитом тепла и влаги) отмечается торможение развития растений и макромицетов [7]. В 2019 г. наблюдалось значительное (летом до 7 суток) смещение сроков протекания этапов их сезонного развития и для большинства видов угнетение генеративных процессов (снижение плодоношения до 0–2 баллов). Теплый март, май и октябрь повлияли на существенный сдвиг сроков миграции перелетных видов птиц (весной опережение до -11 сут, а осенью задержка до 10 сут).

Особенности сезонных процессов в годы с аномальными погодными условиями необходимо учитывать при биоиндикационных исследованиях для объективной оценки состояния природных экосистем.

#### Библиографический список

1. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. М. : Росгидромет, 2014. 1008 с.
2. Переведенцев Ю. П., Френкель М. О., Шаймарданов М. З. Современные изменения климатических условий и ресурсов Кировской области. Казань, 2010. 242 с.

3. Соловьев А. Н. Климатогенная динамика сроков сезонной активности биоты востока Русской равнины в XX столетии // Изв. РАН. Сер. географическая. 2007. № 4. С. 54–65.
4. Соловьев А. Н., Шихова Т. Г., Бусыгин Е. И. Влияние погодно-климатических аномалий 2010 года на состояние растений средних широт востока Русской равнины // Вестник Удмуртского ун-та. Серия биология. Науки о земле. 2011. Вып. 4. С. 8–20.
5. Соловьев А. Н., Шихова Т. Г., Бусыгин Е. И. Жизнедеятельность животных средних широт востока Русской равнины в условиях погодно-климатических аномалий // Сельскохозяйственная биология. 2015. Т. 50. № 2. С. 137–151. Doi: 10.15389/agrobiology.-2015.2.137rus
6. Соловьев А. Н., Шихова Т. Г., Бусыгин Е. И. Фенологические последствия холодного лета 2017 года // Бюл. МОИП. Отд. биол. 2019. Т. 124, вып. 2. С. 3–15.
7. Соловьев А. Н., Шихова Т. Г. Фенологические отклонения в условиях меняющегося климата // Летопись природы: фенология, отклики биоты на изменение климата : материалы II Междунар. науч. конф. М. : Товарищество науч. изд. КМК, 2020. С. 8–14.
8. WMO, Guide to Climatological Practices, Third edition, WMO-No.100. Geneva, 2011. 117 p.
9. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2019 год. М., 2020. 97 с.

## **ВЛИЯНИЕ ВЫСОТЫ СНЕЖНОГО ПОКРОВА НА РАЗВИТИЕ ПОЧЕК ВОЗОБНОВЛЕНИЯ *HERACLEUM SOSNOWSKYI* MANDEN.**

*А. А. Поляшов, Е. В. Рябова*  
*Вятский государственный университет, ryapitschi@yandex.ru*

Изучено влияние высоты снежного покрова на развитие почек возобновления борщевика Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden.) в пределах города Кирова.

Ключевые слова: борщевик Сосновского, высота снежного покрова, почка возобновления.

Борщевик Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden.) из года в год все интенсивнее разрастается на территории города Кирова. Вопросы о методах борьбы и эффективности разных мероприятий по его уничтожению борщевика Сосновского на территориях населённых пунктов злободневны и актуальны. Предложено не менее восьми групп методов борьбы с зарослями гигантских борщевиков: вспашка почвы, ручная прополка, кошение, срезание соцветий, мульчирование, применение гербицидов, воздействие СВЧ-излучения, поправа скотом [1]. Механические методы борьбы требуют более значительных ресурсов, высокой организации труда и тщательного контроля. Наиболее эффективным методом ликвидации растений борщевика Сосновского на больших площадях является применение гербицидов. Химическое воздействие – это первый этап в осуществлении стратегии устранения растений с высоким потенциалом восстановления ценопопуляции. Понимая ограничения применения пестицидов и агрохимикатов в черте населённых пунк-

тов, в водоохранных зонах, на особо охраняемых природных территориях, остаётся актуальной потребность в разработке и внедрении безопасных и эффективных методов управления нежелательной растительностью.

Цель нашего исследования – изучить влияние высоты снежного покрова на развитие почек возобновления борщевика Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden.).

Исследования проводили в период с 2018 по 2020 гг. на правом берегу реки Хлыновка в черте г. Кирова в рамках эксперимента «Гражданская наука». Ценопопуляция борщевика Сосновского общей площадью 50 м<sup>2</sup> была поделена на две равные части: опытный и контрольный участки. На опытном участке регулярно удаляли снеговой покров, контрольный участок в течение зимнего периода оставался нетронутым.

Уборку снега на опытном участке начали проводить с декабря. В течение всего зимнего периода 2019 г. высота снежного покрова на опытном участке с учётом ледяной корки не превышала 10–15 см, а на контрольном составляла примерно 70 см. В 2020 г. уборка снега была менее регулярной из-за аномально теплой зимы и частых оттепелей.

Количество активных почек на побегах борщевика Сосновского на опытном участке в части «квадрата», внутри которого не было краевого эффекта утепления от сугробов снега, составило 9 штук. На контрольном участке количество почек – более 35 штук. В 2020 г. число почек, давших начало побегам, на опытном участке составило также 9 штук, а на контрольном – 90. Высота побегов на опытном участке варьировала от 12 до 31 см, а на контрольном доходили до 70–80 см.

Эксперимент по удалению снега в местах произрастания борщевика Сосновского показал, что отсутствие снегового покрова вызывает большее промерзание почвы и воздуха в приземном слое, что снижает жизнестойкость почек возобновления побегов. Это негативно отражается на интенсивности процессов роста и развития растения.

#### **Библиографический список**

1. Далькэ И. В., Захожий И. Г., Чадин И. Ф. Распространение борщевика Сосновского и мероприятия по его ликвидации на территории МО ГО «Сыктывкар» // Вестник Института биологии. 2018. № 3(205). С. 2–13.

### **ОПЫТ ВЫРАЩИВАНИЯ ЛИСТВЕННИЦЫ СИБИРСКОЙ В ДЕНДРОПАРКЕ ЛЕСОВОДОВ КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

*А. А. Тетерин, Н. П. Савиных*  
Вятский государственный университет,  
*teterin-andrej@yandex.ru, savva\_09@mail.ru*

В статье представлен опыт выращивания насаждений лиственницы сибирской в условиях средней тайги Европейской части Российской Федерации. Определены средние таксационные показатели и оптимальная схема разме-

щения лесных культур. Описана система эколого-ценотических групп растений, характерных для сообщества. Даны рекомендации по сохранению биологической устойчивости имеющегося насаждения и повышению его эстетического вида.

Ключевые слова: лиственница сибирская, производительность, запас древесины, эколого-ценотическая группа.

Сегодня на леса и лесные экосистемы возлагаются многофункциональные задачи. Среди общих для всех лесов задач можно выделить такие, как круговорот веществ в природе, процессы образования почвы, регулирование водного баланса, обеспечение нужд человечества. Среди специфических – защита объектов инфраструктуры и населения, замедление действий различного рода эрозий, создание эстетического эффекта и многое другое [1]. Универсальной древесной породой, способной на высоком уровне справляться со всеми биологическими, экологическими и социальными функциями, является лиственница сибирская (*Larix sibirica* L.). Для этого вида характерны быстрый рост, высокая продуктивность, устойчивость к условиям среды, долговечность, высокие технические качества древесины, выраженные почвозащитные и водорегулирующие свойства. Кроме этого, лиственница сибирская применяется для обустройства ландшафтов и рекреационных зон, создания лесных полос вокруг промышленных объектов и дорог [2, 3].

В настоящее время одной из задач интенсивного использования лесов является улучшение породного состава за счет устойчивых, быстрорастущих видов с высокими качествами древесины. Лиственница сибирская – один из них. В Кировской области имеется опыт выращивания этой культуры. Один из участков расположен на территории Дендрологического парка лесоводов Кировской области. Целью наших исследований является оценка состояния древостоев лиственницы в посадках прошлых лет.

Парк заложен в слободе Лянгасы Новоятского района г. Кирова в 1962 г. Общая площадь составляет 49,44 га. Более 25 га – это искусственные насаждения. На территории парка произрастает около 180 видов высших сосудистых растений, в том числе 65 деревьев и 46 кустарников. Основу коллекции составляют североамериканские, европейские и дальневосточные виды. Встречаются также сибирские, среднеазиатские, японские, северо-китайские и кавказские растения.

Постановлением Правительства Кировской области от 28.12.2008 № 35/530 Дендрологический парк лесоводов Кировской области объявлен памятником природы регионального значения. Территория парка в зависимости от целевого назначения и использования разделена на 4 зоны: 1 зона – участок естественной растительности, 2 зона – коллекционный участок, 3 зона – рекреационная и 4 зона – опытной участок. В соответствии с режимом охраны памятника природы на территории парка запрещено, в том числе проведение всех видов рубок, за исключением изъятия погибших насаждений

в 1 и 3 зоне, а также уничтожение или повреждение деревьев и кустарников, составляющих дендрологическую коллекцию памятника природы, за исключением мероприятий, направленных на улучшение состояния и оздоровление насаждений. Разрешается, в том числе проведение работ по сохранению и увеличению дендрологической коллекции, в том числе прореживание, обрезка и удаление ветвей, вырубка погибших древесно-кустарниковых насаждений [4].

Полевой материал собран в сентябре 2020 г. в ходе обследования насаждения лиственницы сибирской в соответствии с методологией исследования лесных экосистем [5]. С помощью буссоли Suunto KB-14/360R и ультразвукового высотомера, дальномера, угломера Vertex IV произведена съемка участка, определена его площадь. Диаметр ствола измерен мерной вилкой. Проведен сплошной пересчет деревьев. Измерены по три высоты в преобладающей ступени толщины и двух смежных с ней, определен разряд высоты древостоя. С помощью возрастного (приростного) бурава Haglof определен возраст насаждения. В ходе обследования участка изучен состав кустарников и трав, произрастающих под пологом древостоя.

Площадь насаждения составляет 0,186 га. Оно создано посадкой семян лиственницы сибирской шестью рядами. Ширина междурядий изменяется от 2,8 до 3,2 м, средняя – 3,1 м. Расстояние между деревьями в рядах от 2 до 3 метров. С западной стороны участка расположены посадки пихты, с северной – клена остролистного, с востока – освещенная территория с зарослями кустарников и детской площадкой, с южной – граница дендропарка.

Деревья в насаждении генеративные, возрастом 45 лет. В первом ряду от детской площадки сохранилось 29 деревьев, во втором – 32, в третьем – 35, в четвертом – 35, в пятом – 33 и в шестом 31 дерево. Общее число деревьев на участке 195 штук, в переводе на 1 га – 1048. По-видимому, при формировании посадок использовано не более 1700 семян (при современной норме 3000 штук на 1 га). Из-за большей освещенности деревьев первого ряда (вдоль открытой местности) средний диаметр ствола у них составляет 28 см, по остальным рядам – 20 см. В целом это значение насаждения составило 20 см, средняя высота деревьев – 21,3 м. Больших колебаний по высоте деревьев не отмечено. Разряд высот согласно лесотаксационным справочным таблицам для таксации насаждений и древостоев четвертый.

Распределение деревьев по ступеням толщины в рядах представлено в таблице.

*Таблица*

**Распределение деревьев по ступеням толщины в рядах**

Ступень толщины	Количество деревьев лиственницы						
	ряд 1	ряд 2	ряд 3	ряд 4	ряд 5	ряд 6	итого
1	2	3	4	5	6	7	8
8	–	–	1	–	–	1	2
12	1	–	5	2	2	4	14
16	2	4	13	11	13	7	50
20	4	20	14	18	13	5	74

1	2	3	4	5	6	7	8
24	6	7	2	3	4	10	32
28	11	1	–	1	1	3	17
32	5	–	–	–	–	1	6
Всего	29	32	35	35	33	31	195

С учетом имеющихся таксационных показателей бонитет насаждений Ia, средний запас насаждения составил  $88 \text{ м}^3$  или в пересчете на один гектар –  $473 \text{ м}^3$  на 1 га. Согласно таблицам хода роста нормальных лиственничных насаждений (по Н. В. Выводцеву), для насаждений этого класса бонитета возрастом 50 лет характерно 1282 дерева на 1 га и запас стволовой древесины в объеме  $486 \text{ м}^3$  на 1 га.

Таким образом, «свободная» схема размещения 3x2 обеспечила формирование высокобонитетного насаждения лиственницы с высоким запасом древесины.

Подрост представлен следующими древесными породами: вяз гладкий (*Ulmus laevis* L.), дуб черешчатый (*Quercus robur* L.), клен остролистный (*Acer platanoides* L.), липа мелколистная (*Tilia cordata* L.), пихта сибирская (*Abies sibirica* L.), ясень обыкновенный (*Fraxinus excelsior* L.) с преобладанием клена. Этот состав определяется близким расположением насаждения клена, пихты. Молодые растения клена высотой от 0,5 до 2 м.

В подлеске отмечены кустарники: бузина кистевидная (*Sambucus racemosa* L.), ирга овалнолистная (*Amelanchier ovalis* L.), калина обыкновенная (*Viburnum opulus* L.), рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia* L.), дерен белый (*Cornus alba* L.), малина лесная (*Rubus idaeus* L.).

Среди трав имеются: водосбор обыкновенный (*Aquilegia vulgaris* L.), гравилат городской (*Geum urbanum* L.), дудник лесной (*Angelica sylvestris* L.), земляника лесная (*Fragaria vesca* L.), костяника каменистая (*Rubus saxatilis* L.), кипрей узколистный (*Chamerion angustifolium* L.), крапива двудомная (*Urtica dioica* L.), ландыш майский (*Convallaria majalis* L.), недотрога обыкновенная (*Impatiens noli-tangere* L.), незабудка лесная (*Myosotis sylvatica* L.), сныть обыкновенная (*Aegopodium podagraria* L.), хвощ лесной (*Equisetum sylvaticum* L.).

Папоротники и мхи не встречаются.

Все обнаруженные на участке растения были проанализированы на принадлежность их к эколого-ценотическим группам. В результате выявлены группы, сходные по отношению к совокупности экологических факторов и отражающие особенности ландшафтно-экологических условий (рис.).

Доминирующими являются виды неморальной группы (растения, приуроченные к зоне широколиственных лесов) – 8 видов, или 35%; есть виды бореальной группы (виды, приуроченные к зоне таежных и подтаежных лесов) – 6 видов, или 30%; нитрофильная группа (растения, произрастающие в сырых лесах на богатых почвах) – 4 вида, или 20%; бореально-опушечная высокотравная группа – 2 вида, или 10% и группа растений влажных лугов

(виды луговых трав, произрастающие на пойменные и сырых лугах) – 1 вид, или 5%.

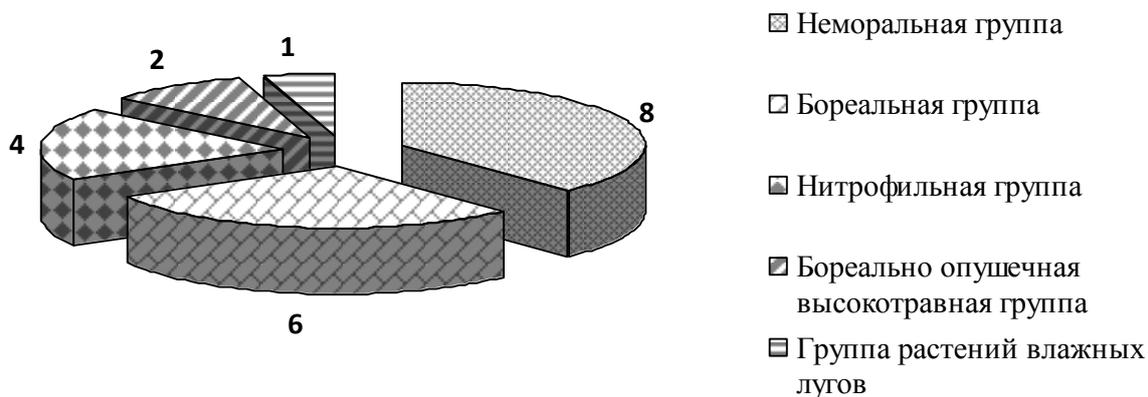


Рис. Распределение видов растений по эколого-ценотическим группам, выявленные на исследуемом участке

Среди неморальной группы растений наиболее представлен клен остролистный. На  $\frac{3}{4}$  площади участка он занимает более 70% свободного пространства под пологом леса. Помимо благоприятных почвенно-климатических условий, способствующих подобному бурному росту, сказывается непосредственное соседство исследуемого участка с участком посадок клена остролистного. Успешное развитие деревьев клена будет препятствовать сохранению лиственничного насаждения и создавать предпосылки к переходу его в смешанный лес. Поэтому на данном участке необходимо продолжать мероприятия, препятствующие трансформации лиственничника.

*Выводы.* 1. Природно-климатические условия Кировской области обеспечивают формирование высокопроизводительных высокобонитетных насаждений лиственницы сибирской при невысокой густоте посадок.

2. Для экономии посадочного материала и минимизации уходов за молодняками насаждения лиственницы сибирской возможно создавать по схеме размещения 3x2 и густоте от 1,5 до 2,0 тыс.шт./га.

3. Создаваемый под пологом лиственничного насаждения микроклимат способствует развитию и сохранению биоразнообразия.

4. Для сохранения высокой эстетической оценки насаждения и дальнейшего развития живого напочвенного покрова провести рубку подроста клена остролистного интенсивностью не менее 90%.

#### Библиографический список

1. Кротов М. М. Генетика, селекция и лесовыращивание // Интенсификация выращивания лесопосадочного материала : тезисы докладов Всерос. науч.-практ. конф. Йошкар-Ола : МарГТУ, 1996. С. 53–55.
2. Тимофеев В. П. Лесные культуры лиственницы. М. : Лесная промышленность, 1977. 216 с.
3. Карасева М. А. Лиственница сибирская в Среднем Поволжье : научное издание. Йошкар-Ола : МарГТУ, 2003. 376 с.

4. Постановление Правительства Кировской области от 28.12.2008 № 35/530 «Об объявлении Дендрологического парка лесоводов Кировской области памятником природы регионального значения».

5. Методология исследования лесных экосистем : методическое пособие / Сост. Е. Н. Пилипко. Вологда-Молочное : ИЦ ВГМХА, 2013. 100 с.

## **ИЗУЧЕНИЕ ПЛАСТИДНЫХ ПИГМЕНТОВ ПИХТЫ СИБИРСКОЙ (*ABIES SIBIRICA* LEDEB.)**

***Е. В. Котряхова, М. Р. Герасимова, Т. А. Адамович***  
*Вятский государственный университет, ekaterinakotryahova@mail.ru*

В статье представлен опыт изучения содержания пластидных пигментов в хвое пихты сибирской (*Abies sibirica* Ledeb.). Выявлены отличия в накоплении пластидных пигментов в хвое пихты сибирской на участках с разной степенью антропогенной нагрузки.

Ключевые слова: пигменты, хвоя, пихта сибирская, загрязнение окружающей среды.

Загрязнение атмосферы химическими веществами является наиболее опасным фактором для жизни человека. От состояния атмосферы зависит здоровье и жизнь людей, поскольку не отвечающая гигиеническим нормативам воздушная среда приводит к развитию у людей ряда патологий, связанных с органами дыхания и других систем организма.

Известно, что на загрязнение среды наиболее сильно реагируют хвойные древесные растения. Характерными признаками неблагополучия окружающей среды и особенно газового состава атмосферы служат появление хлорозов и некрозов, уменьшение размеров органов. Хвойные растения удобны тем, что могут служить биоиндикаторами круглогодично. В лесоведении давно разработана оценка состояния окружающей среды по комплексу признаков хвойных, при которой используются не только морфологические показатели, которые весьма изменчивы, но и ряд биологических изменений [1].

Пигментный аппарат растений является чувствительным индикатором их физиологического состояния. Содержание хлорофиллов и каротиноидов является важным показателем физиологического состояния растений, отражающим интенсивность фотосинтеза, адаптивные перестройки, изменения в онтогенезе, старении и стрессовых (антропогенных) воздействиях [2].

Целью работы было изучить содержание пластидных пигментов в хвое пихты сибирской на участках с разным уровнем антропогенной нагрузки.

Пихта сибирская (*Abies sibirica* Ledeb.) – вечнозелёное дерево до 30 м высотой, с красивой узкоконической, почти колонновидной кроной. Она является лесообразующей породой, встречается в таежной зоне вместе с другими хвойными. Хвоя пихты не колючая, ароматная, плоская, длиной до 3 см,

тёмно-зелёная, блестящая. Отдельно каждая хвоинка сохраняется на дереве 7–10 лет.

Изучено содержание фотосинтетических пигментов в хвое пихты сибирской на двух участках, которые отличаются по количеству загрязняющих веществ (ЗВ) в атмосферном воздухе. Пробы хвои отбирали в Нововятском районе г. Кирова (участок 1) и Кирово-Чепецком районе Кировской области (участок 2). С учетом антропогенной нагрузки первый район можно принять за условно благополучный в экологическом плане, второй – район с высоким уровнем загрязнения окружающей среды [3]. Районы исследования расположены в подзоне южной тайги.

Содержание пластидных пигментов в хвое пихты определяли фотометрическим методом на спектрофотометре «Specol 1300» (Analytik Jena, Германия) в ацетоновой вытяжке (при длинах волн 662 и 644 нм – хлорофиллы *a* и *б*) [4]. Определение каротиноидов проводили при 440,5 нм. Долю хлорофиллов в светособирающем комплексе (ССК) рассчитывали по формуле [5].

Содержание пластидных пигментов в хвое пихты сибирской представлено в таблице. В целом, полученные нами данные по накоплению пластидных пигментов в хвое пихты в условиях южной тайги согласуются с результатами исследований, проведенными другими авторами в условиях средней тайги европейского северо-востока России [6].

Таблица

**Накопление пластидных пигментов (мг/г сухой массы) в хвое пихты сибирской, отобранной с разных участков**

Показатель	Участок 1	Участок 2
Хлорофилл <i>a</i>	2,63±0,06	2,24±0,15
Хлорофилл <i>б</i>	1,28±0,14	0,74±0,06
Каротиноиды	1,15±0,02	0,84±0,05
Сумма хлорофиллов	3,92±0,20	3,14±0,16
Хлорофилл <i>a/б</i>	2,06±0,17	3,00±0,11
Хлорофиллы/каротиноиды	3,39±0,10	3,54±0,03
Доля хлорофиллов в ССК, %	72	55

Выявлены отличия в накоплении пластидных пигментов в хвое пихты сибирской на участках с разной степенью антропогенной нагрузки. На участке с небольшим уровнем загрязнения (участок 1) содержание хлорофиллов и каротиноидов было выше, чем на загрязненном участке (участок 2). Наибольшие отличия между растениями с разных участков отмечали в накоплении хлорофилла *б*, уровень хлорофилла *a* варьировал в меньшей степени. На участке 1 содержание каротиноидов в хвое пихты было в 1,4 раза выше, чем на участке 2. Растения с разных участков отличались по показателю соотношения хлорофиллов *a/б*. Наибольшие значения данного показателя отмечены в хвое пихты с участка 2. Доля хлорофиллов, принадлежащих светособирающему комплексу (ССК) варьировала в пределах 55–72%. Минимальное значение доли хлорофилла в ССК, отмечали в хвое пихты на участке с высоким уровнем антропогенной нагрузки (участок 2).

Таким образом, было изучено состояние пигментного комплекса хвои пихты сибирской, произрастающей на участках с разной степенью антропогенной нагрузки. На участке с повышенным уровнем загрязнения содержание хлорофиллов и каротиноидов было ниже, чем на участке с низким уровнем антропогенной нагрузки. Выявлены отличия в соотношении пигментов и доле хлорофиллов в ССК. Изменения в пигментном комплексе свидетельствуют о негативном влиянии загрязняющих веществ на жизнедеятельность растений пихты сибирской.

#### **Библиографический список**

1. Кригер Н. В., Козлов М. А., Баранов Е. С. Биоиндикация урбозкосистем по морфофизиологическим признакам хвойных древесных растений // Вестник КрасГАУ. 2013. № 11. С. 166–168.
2. Гетко Н. В. Растения в техногенной среде. Минск, 1989. 208 с.
3. Ефремов Е. А., Назиров Р. А., Ефремов А. А. Влияние экологического состояния территории на содержание и компонентный состав эфирного масла пихты сибирской // Вестник КрасГАУ. 2014. № 12. С. 89–93.
4. Шлык А. А. Определение хлорофиллов и каротиноидов в экстрактах зелёных листьев // Биохимические методы в физиологии растений. М. : Наука, 1971. С. 154–171.
5. Lichtenthaler Н. К. Chlorophylls and Carotenoids Pigments of Photosynthetic Biomembranes // Methods in Enzymology. 1987. Vol. 148. P. 350–382.
6. Головки Т. К., Яцко Я. Н., Дымова О. В. Сезонные изменения состояния фотосинтетического аппарата трех бореальных видов хвойных растений в подзоне средней тайги на европейском Северо-Востоке // ХБЗ. 2013. № 1–2. С. 73–78.

### **ВЛИЯНИЕ МАРГАНЦА НА СОДЕРЖАНИЕ НИЗКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ АНТИОКСИДАНТОВ В ЛИСТЯХ ЯЧМЕНЯ**

*О. А. Симонова*

*ФГБНУ ФАНЦ Свеворо-Востока, simolga07@gmail.com*

В статье приведены результаты исследования влияния 30, 60, 90 мг/л ионов марганца(II) на изменение содержания низкомолекулярных антиоксидантов (АО) в листьях ячменя. Выявлено, что, с одной стороны, ионы марганца(II) в диапазоне исследуемых концентраций оказывают негативное влияние на развитие растений. С другой стороны – активизируют в них защитные механизмы. Изменение содержания АО не зависит от дозы элемента в питательном растворе, но зависит от сорта.

Ключевые слова: ячмень, марганец, сорт, каротиноиды, антоцианы.

Известно, что неблагоприятные факторы окружающей среды способны воздействовать на физиологические процессы в растениях, оказывая при этом негативное влияние на их рост и развитие. На кислых почвах в качестве такого стрессового фактора выступает, наряду с повышенной кислотностью,

повышенное содержание подвижных соединений металлов, включая алюминий и марганец [1]. Их негативное влияние, может проявляться в накоплении в растениях активных форм кислорода и, как следствие, развитию в них окислительного стресса. Однако за счет наличия антиоксидантной системы, в которую входят высокомолекулярные (ферменты и другие) и низкомолекулярные (витамины, фенольные соединения, каротиноиды, антоцианы) антиоксиданты, растения могут противостоять подобным стрессам [2–4]. Отмечается, что в стрессовых условиях содержание АО в растениях может, как увеличиваться, так и уменьшаться в случае более длительного и интенсивного воздействия неблагоприятного фактора [5]. Кроме того, изменение их содержания зависит не только от вида, но и от сорта сельскохозяйственной культуры.

Цель работы – исследование влияния ионов марганца(II) на содержание каротиноидов и антоцианов в листьях ячменя разных сортах.

Ячмень выращивали на питательном растворе Кнопа ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 - 1$ ;  $\text{K}_3\text{PO}_4 - 0,25$ ;  $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O} - 0,25$ ;  $\text{KCl} - 0,125$  г на 1 л воды) – в течение 14-и суток в лабораторных условиях. Семена ячменя в количестве 33 штуки помещали в рулоны из фильтровальной бумаги в 3-х кратной повторности. Марганец вносили в питательную среду в виде соли  $\text{MnSO}_4 \times \text{H}_2\text{O}$  в концентрации 30, 60 и 90 мг/л действующего вещества (д. в.). Контрольным фоном служил раствор Кнопа без добавления соли марганца(II).

Выбор концентраций ионов марганца(II) был обусловлен тем, что предельно допустимые концентрации (ПДК) подвижных соединений марганца (извлекаемых ацетатно-аммонийным буфером с  $\text{pH}=4,8$ ) для дерново-подзолистых почв с  $\text{pH}=4,0$  в соответствии с ГН 2.1.7.2041-06 составляет 60 мг/кг. Вносимые дозы марганца соответствовали 0,5; 1,0 и 1,5 ПДК.

Содержание каротиноидов в листьях растений определяли на спектрофотометре марки «UVmini-1240» (Shimadzu Corporation, Япония) при длине волны 470 нм. Экстрагирование осуществляли 100%-ным ацетоном. Расчет содержания пигментов проводили по методике, предложенной Н. К. Lichtenthaler с соавтором [6].

Для определения антоцианов брали навеску свежих листьев массой 0,2–1 г, растирали в фарфоровой ступке и добавляли 10 мл 1%-го раствора соляной кислоты (HCl). Далее полученный раствор фильтровали. Содержание суммы антоцианов рассчитывали по формуле с применением удельного показателя поглощения цианидин-3,5-дигликозида в 1%-ной HCl (453 ед.) [7].

Среди исследованных сортов ячменя минимальные значения содержания каротиноидов в листьях контрольного варианта были у сорта Белгородский 100, а максимальные – у сорта Форвард (табл.). При этом фиксировали уменьшение содержания каротиноидов в варианте опыта с 90,0 мг/л марганца(II) по сравнению с контролем у всех сортов, кроме Форвард и 29-11. Однако, в целом содержание каротиноидов не зависело от дозы ионов марганца(II) в растворе.

**Влияние марганца на содержание пигментов в листьях ячменя**

Сорт	Mn <sup>2+</sup> , мг/л	Каротиноиды		Антоцианы	
		Значения, мг/г	Изменение, %	Значения, %	Изменение, %
Белгородский 100	0	3,05±0,09		0,38±0,04	
	30	2,82±0,19	92,46	0,51±0,01	134,21
	60	2,84±0,08	93,11	0,55±0,02	144,74
	90	2,81±0,13	92,13	0,64±0,02	168,42
346–09	0	3,85±0,18		0,43±0,05	
	30	3,23±0,15	83,90	0,67±0,02	155,81
	60	3,23±0,24	83,90	0,68±0,01	158,14
	90	2,82±0,15	73,25	0,77±0,03	179,07
Форвард	0	4,96±0,11		0,39±0,06	
	30	3,39±0,11	68,35	0,51±0,02	130,77
	60	2,95±0,25	59,47	0,62±0,03	158,97
	90	4,60±0,19	94,84	0,63±0,01	161,54
Фермер 198– 12	0	3,85±0,11		0,38±0,04	
	30	2,92±0,19	75,84	0,65±0,03	171,05
	60	2,84±0,12	73,77	0,67±0,03	176,32
	90	2,68±0,04	69,61	0,71±0,01	186,84
29–11	0	4,09±0,10		0,32±0,001	
	30	1,64±0,49	40,10	0,48±0,001	150,00
	60	2,29±0,10	55,99	0,51±0,04	159,38
	90	2,51±0,06	61,37	0,47±0,01	146,88
Бионик	0	4,00±0,25		0,46±0,05	
	30	2,85±0,17	71,25	0,59±0,05	128,26
	60	3,25±0,14	81,25	0,68±0,03	147,83
	90	2,81±0,08	70,25	0,77±0,03	167,39

По данным литературы известно, что каротиноиды выступают в качестве дополнительных светосборщиков в растениях, выполняя функцию защиты при воздействии неблагоприятных факторов [8]. При этом повышение содержания данных пигментов может свидетельствовать об активизации защитных механизмов в растениях в условиях стресса [9]. В нашей работе минимальное снижение количества каротиноидов было отмечено у сорта Белгородский 100, что свидетельствует о его наибольшей устойчивости к избытку ионов марганца(II) по сравнению с другими исследованными сортами. Максимальное снижение количества пигментов было зафиксировано у сорта 29-11.

В отличие от каротиноидов, содержание антоцианов в листьях растений исследованных сортов ячменя под влиянием ионов марганца(II) увеличилось. Это согласуется с результатами других исследователей, согласно которым количество антоцианов под воздействием неблагоприятных факторов увеличивается [10, 11]. Как и в случае с содержанием каротиноидов, изменение антоцианов не зависело от дозы Mn<sup>2+</sup> в питательном растворе. Однако, у большинства исследованных сортов ячменя, кроме сорта 29-11, максимальное повышение антоцианов в листьях растений наблюдалось при концентрации

элемента 90 мг/л. При этом максимальное изменение их количества было зафиксировано у сорта Фермер 198–12, а наименьшее – у сорта Бионик.

Таким образом, у всех исследованных сортов ячменя наблюдалось, с одной стороны, уменьшение содержания каротиноидов, а с другой стороны – увеличение количества антоцианов под влиянием избытка ионов марганца(II). Изменение количества пигментов в листьях ячменя свидетельствует о негативном влиянии марганца на их развитие при концентрации элемента в питательном растворе 30; 60 и 90 мг/л. Несмотря на то, что изменение содержания пигментов не зависело от дозы марганца, максимальное уменьшение количества каротиноидов и увеличение количества антоцианов в листьях ячменя было зафиксировано в случае максимальной исследуемой концентрации элемента (90,0 мг/л) в питательном растворе. Исключение составили сорта Форвард и 29-11. По изменению содержания каротиноидов в листьях ячменя наиболее устойчивым оказался сорт Белгородский 100, наименее – сорт 29-11.

#### Библиографический список

1. Небольсин А. Н., Небольсина З. П. Теоретические основы известкования почв. СПб. : ЛНИИСХ, 2005. 252 с.
2. Антиоксидантные свойства культурных растений Калининградской области: монография / Г. Н. Чупахина, П. В. Масленников, Л. Н. Скрыпник, Н. Ю. Чупахина, П. В. Федурев. Калининград : Изд-во БФУ им. И. Канта, 2016. 145 с.
3. Прадедова Е. В., Ишеева О. Д., Салеев Р. К. Классификация системы антиоксидантной защиты как основа рациональной организации экспериментального исследования окислительного стресса у растений // Физиология растений. 2011. Т. 58. С. 177–185.
4. Hughes N. M., Neufeld H. S., Burke K. O. Functional role of anthocyanins in high-light winter leaves of the evergreen herb *Calax urceolata* // New Phytologist. 2005. Vol. 168. P. 575–587.
5. Казнина Н. М. Физиолого-биохимические и молекулярно-генетические механизмы устойчивости растений семейства Poaceae к тяжелым металлам : дис. ... д-ра биол. наук: 03.01.05. Петрозаводск, 2016. 358 с.
6. Lichtenthaler H. K., Bushmann C. Chlorophylls and carotenoids: measurement and characterization by UV-VIS spectroscopy // Current Protocols in Food Analytical Chemistry. 2001. P. F4.3.1–F4.3.8.
7. Фокина А. И., Скугорева С. Г., Товстик Е. В. Химические основы токсикологии (лабораторный практикум) : учебно-методическое пособие. Киров : ВятГУ, 2018. 81 с.
8. Реакция пигментного аппарата листьев озимой ржи на эдафический стресс / Е. М. Лисицын, Л. И. Кедрова, Е. И. Уткина, Н. А. Злобина // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2010. № 1 (16). С. 20–24.
9. Амунова О. С., Лисицын Е. М. Влияние различных условий увлажнения на пигментный комплекс листьев сортов мягкой яровой пшеницы разных групп спелости // Самарский научный вестник. 2019. Т. 8, № 3 (28). С. 19–25. doi: 10.24411/2309-4370-2019-13102.
10. Комплексная оценка растений ячменя, полученных путем клеточной селекции, на устойчивость к кадмию / И. Г. Широких, О. Н. Шуплецова, Е. В. Товстик, С. Ю. Огородникова, Я. И. Назарова, Г. И. Березин // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2018. Т. 65, № 4. С. 19–29.
11. Nawrylak-Nowak B. Changes in Anthocyanin Content as Indicator of Maize Sensitivity to Selenium [Электронный ресурс] – URL: <https://doi.org/10.1080/01904160802134962> (дата обращения 28.06.2007).

## ОСОБЕННОСТИ РОСТА И ДИФФЕРЕНЦИРОВКИ КЛЕТОК КОРНЯ ПОД ДЕЙСТВИЕМ МЕТИЛФОСФОНОВОЙ КИСЛОТЫ

С. В. Шабалкина<sup>1</sup>, С. Ю. Огородникова<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Вятский государственный университет, *Nasturtium2017@yandex.ru*

<sup>2</sup> Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, *svetao\_05@mail.ru*

Изучено влияние метилфосфоновой кислоты (МФК) в концентрациях  $5 \cdot 10^{-3}$  и  $1 \cdot 10^{-2}$  моль/л на особенности роста и дифференцировки клеток корня ячменя двурядного. Под действием МФК происходит уменьшение общей длины корня и зоны поглощения, следствием этого является закономерное угнетение роста побегов ячменя.

Ключевые слова: метилфосфоновая кислота, ячмень двурядный, клетка, корень, зоны корня, побег.

Метилфосфоновая кислота (МФК) – фосфорорганический ксенобиотик, устойчива в природных условиях и сохраняется в почве десятилетиями [1]. Она является конечным продуктом гидролиза и универсальным маркером фосфорорганических отравляющих веществ [2], образуется при деструкции гербицида глифосата в почве [3].

Известно, что МФК оказывает влияние на процессы жизнедеятельности растений [4]. Она обладает системным действием, транспортируется по сосудистой системе растения в корни и вызывает нарушение их функционирования. Корневая система растений более чувствительна к воздействию МФК, по сравнению с надземными органами. Под действием МФК ( $5 \cdot 10^{-3}$  и  $1 \cdot 10^{-2}$  моль/л) тормозится рост корней ячменя и пелюшки, которое сопровождается уменьшением содержания воды в тканях.

МФК влияет на состояние клеточных мембран корней. Кратковременное действие МФК (0,1 моль/л) на проростки ячменя вызывает нарушение проницаемости мембран, что проявляется в изменении кинетики выхода электролитов из корней. Длительное действие МФК приводит к необратимому повреждению клеточных мембран [5].

В исследованиях [6] показано, что МФК вызывает уменьшение диффузионной водной проницаемости клеток корней кукурузы, которое происходит за счет снижения числа водных каналов в мембранах.

Целью работы было изучить особенности роста и дифференциации клеток корневой системы ячменя под действием МФК.

Объектом исследования являются проростки ячменя двурядного (*Hordeum distichon* L.) сорта Новичок. Зерновки проращивали в чашках Петри на фильтровальной бумаге, смоченной дистиллированной водой (контроль), метилфосфоновой кислотой с концентрациями  $5 \cdot 10^{-3}$  и  $1 \cdot 10^{-2}$  моль/л. Спустя семь дней у 10 особей из каждого варианта опыта определяли следующие

показатели: число корней, выраженность зон корня, длины наибольшего по размеру корня, колеоптиля, побега (по листу), зон. Для определения выраженности и размеров зон готовили временные микропрепараты наибольшего по длине корня и изучали под бинокулярным микроскопом Motic BA 300 со встроенной цифровой камерой. Границу зон растяжения и поглощения проводили по бугоркам дифференцирующихся трихобластов ризодермы. Длину измеряли при помощи программного обеспечения, разработанного для этого микроскопа научным сотрудником лаборатории биомониторинга Института биологии Коми НЦ УрО РАН, Г. Я. Кантором. Количественные данные статистически обработаны и представлены в виде среднего значения и ошибки среднего, сравнивали их с помощью t-критерия Стьюдента для независимых выборок.

По результатам, представленным в таблице, видно, что МФК в концентрациях  $5 \cdot 10^{-3}$  и  $1 \cdot 10^{-2}$  моль/л не влияет на число корней, тогда как размеры достоверно уменьшаются в 1,5 и 3,6 раза соответственно.

Таблица

**Влияние метилфосфоновой кислоты на биометрические показатели растений *Hordeum distichon***

Показатель	Контроль	Концентрация МФК, моль/л	
		$5 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-2}$
Число корней	$\frac{6,60 \pm 0,16}{6-7}$	$\frac{6,80 \pm 0,33}{6-9}$	$\frac{6,90 \pm 0,23}{6-8}$
Длина корня (наибольшего), мм	$\frac{85,60 \pm 6,35}{49,00-102,00}$	$\frac{55,70 \pm 5,26^{**}}{36,00-92,00}$	$\frac{23,80 \pm 2,03^{**}}{15,00-34,00}$
Совокупная длина зон деления и растяжения, мм	$\frac{1,91 \pm 0,41}{0,55-4,30}$	$\frac{1,46 \pm 0,24}{0,60-2,90}$	$\frac{1,84 \pm 0,21}{0,55-2,85}$
Длина зоны поглощения, мм	$\frac{83,69 \pm 6,19}{47,90-101,30}$	$\frac{53,99 \pm 5,98^{*}}{34,88-90,70}$	$\frac{21,74 \pm 2,05^{**}}{13,4-32,5}$
Длина колеоптиля, мм	$\frac{28,40 \pm 1,05}{23,00-34,00}$	$\frac{28,30 \pm 6,00}{26,00-32,00}$	$\frac{23,10 \pm 1,28^{*}}{19,00-27,00}$
Длина побега, мм	$\frac{122,60 \pm 7,47}{67,00-154,00}$	$\frac{103,20 \pm 4,29^{***}}{86,00-130,00}$	$\frac{69,90 \pm 5,33^{**}}{40,00-91,00}$

Примечание: в числителе – среднее арифметическое значение  $\pm$  ошибка среднего; в знаменателе – диапазон значений; различия между вариантом и контролем достоверны при – \*  $p \leq 0,01$ , \*\*  $p \leq 0,001$ , \*\*\*  $p \leq 0,05$ .

Сокращение общей длины корня обусловлено уменьшением размеров зоны поглощения в 1,6 и 3,8 раза соответственно (табл.). По-видимому, воздействие кислоты приводит к торможению скорости дифференцировки и роста клеток. В работе А. И. Емец с соавт. [7] продемонстрировано, что обработка проростков *Arabidopsis thaliana* (L.) Heunh. нитропруссидом натрия в концентрации 500 мкМ приводила к реориентации кортикальных микротрубочек в некоторых клетках корня, в связи с чем микротрубочки утрачивают способность направлять рост корневых волосков. Поэтому дифференцировка трихобласта задерживается на стадии примордия. Замедление специализации клеток зоны роста связано, вероятно, с торможением растяжения клеток

вследствие снижения транспорта воды [8]. Ингибирование пролиферации и растяжения клеток продемонстрировано при воздействии различных токсических соединений в высокой концентрации [9, 10].

Несмотря на отличие в размерах зон, выраженность их наблюдается у всех изученных растений всех вариантов опыта. Лишь у одного экземпляра, выращенного в растворе МФК с концентрацией  $1 \cdot 10^{-2}$  моль/л, отмечены некрозы.

Размеры корневой системы и степень развития зоны поглощения влияют и на параметры побеговой системы растений. Так, при увеличении концентрации кислоты длины колеоптиля и побега достоверно сокращаются (табл.). Из-за уменьшения размеров корней сокращается площадь всасывающей поверхности, меньше поступает воды, поэтому рост побеговой системы замедляется.

Таким образом, МФК в изученных концентрациях ( $5 \cdot 10^{-3}$  и  $1 \cdot 10^{-2}$  моль/л) вызывает уменьшение размеров зоны поглощения и сокращение общей длины корня. Вероятно, МФК индуцирует торможение скорости дифференцировки и роста клеток. Угнетение роста побегов является следствием уменьшения всасывающей поверхности корней ячменя.

*Работа выполнена в рамках государственного задания Института биологии Коми НЦ УрО РАН по теме «Оценка и прогноз отсроченного техногенного воздействия на природные и трансформированные экосистемы подзоны южной тайги» № 0414-2018-0003.*

#### **Библиографический список**

1. Исследование продуктов превращений фосфорорганических отравляющих веществ методом газовой хроматографии – масс-спектрометрии / Е. И. Савельева, И. Г. Зенкевич, Т. А. Кузнецова, А. С. Радилев, Г. В. Пшеничная // Российский химический журнал. 2002. Т. 46, № 6. С. 82–91.
2. Масс-спектрометрическая идентификация силилированных производных алкилфосфоновых, алкилтиофосфоновых и диалкиламидофосфорных кислот / С. В. Василевский, А. Ф. Киреев, И. В. Рыбальченко, В. Н. Суворкин // Журнал аналитической химии. 2002. Т. 57, № 6. С. 597–604.
3. Кузнецова Е. М., Чмиль В. Д. Глифосат: поведение в окружающей среде и уровни остатков // Современные проблемы токсикологии. 2010. № 1. С. 87–95.
4. Огородникова С. Ю. Влияние фосфорорганических ксенобиотиков – метилфосфонатов на жизнедеятельность растений : автореф. ... канд. биол. наук. Сыктывкар, 2004. 24 с.
5. Огородникова С. Ю., Кантор Г. Я. Кинетика экзосмоса электролитов у проростков ячменя под действием стресс-факторов // Современная физиология растений: от молекул до экосистем : материалы междунар. конф. Сыктывкар, 2007. Ч. 2. С. 299–301.
6. Ионенко И. Ф., Головкин Т. К., Анисимов А. В. Влияние метилфосфоновой кислоты на диффузионный транспорт воды в корнях кукурузы. Исследование методом СПИН-ЭХО ЯМР // Проблемы сельского хозяйства : Межвузовский сборник науч. трудов. Калининград : КГТУ, 2005. С. 165–172.
7. Реорганизация микротрубочек как ответ на реализацию сигнальных каскадов оксида азота (II) в растительной клетке / А. И. Емец, Ю. А. Красиленко, Я. А. Шеремет, Я. Б. Блюм // Цитология и генетика. 2009. Т. 43, № 2. С. 3–10.

8. Волобуева О. В., Великанов Г. А., Балущка Ф. Особенности регуляции межклеточного водообмена в разных зонах корня кукурузы в условиях осмотического и гормонального стрессов // Физиология растений. 2004. Т. 51, № 5. С. 751–758.

9. Демченко Н. П., Калимова И. Б., Демченко К. Н. Влияние никеля на рост, пролиферацию и дифференциацию клеток корневой системы проростков *Triticum aestivum* // Физиология растений. 2005. Т. 52, № 2. С. 250–258.

10. Демченко Н. П., Калимова И. Б. Динамика роста, пролиферации и дифференциации клеток корней пшеницы под воздействием никеля в высокой концентрации // Физиология растений. 2008. Т. 55, № 6. С. 874–885.

## **ВЛИЯНИЕ БИОПРЕПАРАТОВ НА УРОЖАЙНОСТЬ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ СОРТА БЕЛГОРОДСКИЙ 100**

**С. А. Емелев**

*ФГБОУ ВО Вятская ГСХА, k-selex@vgsha.info*

В статье представлен опыт применения биологических препаратов в качестве протравителей семян ярового ячменя. Определены наиболее эффективные препараты, повышающие урожайность ячменя и не вызывающие химического загрязнения, как продукции, так и почвы.

Ключевые слова: биопрепараты, яровой ячмень, влияние, урожайность.

Возделывание культурных растений связано с использованием различных химических веществ (удобрений, пестицидов, регуляторов роста и т. д.). В сельскохозяйственном производстве основными источниками загрязнения являются минеральные и органические удобрения, пестициды, которые применяются при повышенных нормах и дозах, а также при не соблюдении научно-обоснованных норм.

Во всем мире, в том числе и в России в последнее время значительно вырос интерес к проблемам микробиологии в сельском хозяйстве. Особое внимание привлекают микробиопрепараты полифункционального действия. Основой микробиологических препаратов служат живые культуры микроорганизмов и продукты их метаболизма. Биопрепараты являются стимулятором корнеобразования (развитие мощной корневой системы) и роста растений, повышают устойчивость растений к болезням путем подавления фитопатогенной микрофлоры, улучшает качество урожая за счет увеличения в них витаминов, белка и незаменимых аминокислот. Инокулянты стимулируют увеличение биомассы растений по фазам вегетации, при этом характер их действия определяется видом используемого препарата, а также штаммом микроорганизмов и сортовыми особенностями растений (цит. по: Завалин, 2011) [1, 2].

На кафедре биологии растений, селекции и семеноводства, микробиологии выявлено мутагенное [4], росторегулирующее и фунгицидное действие на ячмене агрохимикатов и биопрепаратов на основе ризосферных бактерий

из рода *Pseudomonas* и *Bacillus* [3–7], и недостаточно изучено влияние на растения ячменя микробиологических жидких удобрений на основе ризобактерий из рода *Azotobacter*.

В биологической лаборатории филиала Россельхозцентра по Кировской области в настоящее время выпускаются микробиологические препараты в жидкой форме: ризоагрин Б, флавобактерин, псевдобактерин-2, ж, микробиологическое фосфорное удобрение и азолен, Ж.

Компания «Промышленные Инновации» (г. Новомосковск Тульская область) производит микробиологические удобрения азотовит и фосфатовит в жидкой форме [8].

Цель исследования – изучить влияние микробиологических препаратов в жидкой препаративной форме на рост и развитие растений, урожайность ярового ячменя.

Лабораторные исследования проводили на яровом ячмене сорта Белгородский 100 урожая 2018 года. Семена обрабатывали в день посева в соответствии с вариантами опыта, приведенными в таблице 1. Концентрация препаратов взята из расчета 1 л/т при наиболее распространенных значениях титра препаратов поступающих в продажу:

- ризоагрин Б (титр  $2-3 \cdot 10^9$  кл./мл);
- псевдобактерин-2, ж (титр  $2 \cdot 10^9$  кл./мл);
- флавобактерин (титр  $2-4 \cdot 10^9$  кл./мл);
- микробиологическое фосфорное удобрение (МБФУ) (титр  $2-3 \cdot 10^9$  кл./мл);
- азолен, Ж (титр  $4-8 \cdot 10^9$  кл./мл);
- азотовит (титр  $5 \cdot 10^9$  кл./мл);
- фосфатовит (титр  $0,12 \cdot 10^9$  кл./мл).

Расход рабочей жидкости 20 л/т семян. В контрольном варианте семена сорта Белгородский 100 обрабатывали водой из расчета 20 л/т.

Сорт Белгородский 100, созданный в ОАО НПФ «Белселект», является стандартом для ярового ячменя Кировской области. Раннеспелый, высокая урожайность, хорошие качественные показатели, засухоустойчивость. Включен в список ценных по качеству сортов.

Полевые эксперименты проводились в 2019 г. на опытном поле «Кропачи» Вятской ГСХА. Почвы участка, на котором проводились исследования, дерново-подзолистые среднесуглинистые.

В первом поколении ( $M_1$ ) в каждом варианте обрабатывалось и высевалось по 500 зерен (125 зерен в каждом повторении). Варианты размещены в 4-х кратной повторности. Посев проводился вручную на деланки площадью  $1 \text{ м}^2$ , расстояние между рядками – 15 см, между семенами в рядке – 4 см. Размещение деланок систематическое (ступенчатое) в два яруса.

Для оценки изменчивости количественных признаков определяли основные статистические характеристики, существенность различий между вариантом и стандартом устанавливали с помощью критерия Стьюдента [9].

Результаты исследований показали, что изучаемые препараты оказали стимулирующее действие на лабораторную всхожесть семян и начальное развитие растений сорта Белгородский 100 (табл. 1).

Лабораторная всхожесть 2018 года оказалась близкой к нормативу (ГОСТ 52325-2005: всхожесть семян зерновых культур для посева должна быть не ниже 92,0%) [10]. Достоверное повышение показателя отмечено почти в половине вариантов опыта (табл. 1), максимальное значение получено при использовании препарата азолен – 96,6%.

Лабораторный опыт показал, что при обработке семян сорта Белгородский 100 под влиянием большинства препаратов наблюдалось увеличение длины корней и проростков ячменя на 8 день культивирования во влажной камере в рулонах (табл. 1). Достоверное усиление развития корневой системы в 2018 г. отмечено при обработке зерновок препаратами азолен и флавобактерин (соответственно до 11,6 и 12,9 см).

Таблица 1

**Показатели лабораторного опыта на сорте Белгородский 100 (2018 г.)**

Вариант	Лабораторная всхожесть, %	Длина, см	
		корни	проростки
Контроль с.з. (К <sub>сз</sub> )	91,4	9,7	8,2
Ризоагрин	93,2	10,6	9,0
Псевдобактерин-2	90,0	10,9	8,8
Флавобактерин	93,9*	12,9***	7,9
МБФУ	95,8*	10,9	10,4***
Гумат +7	92,5	10,1	6,9**
Азолен	96,6*	11,6**	7,8
Азотовит	94,9*	10,3	9,0
Фосфатовит	93,3	9,8	8,2

Примечание: уровень достоверности: \* –  $HCp_{0,95}$ ; \*\* –  $P > 0,99$ ; \*\*\* –  $P > 0,999$ .

Таким образом, использование биопрепаратов приводит к стимуляции прорастания семян и развития корневой и побеговой систем растений, что очень важно, когда условия для формирования зерновок неблагоприятны [3], это проявилось в конце вегетации 2018 г.

В настоящее время, когда органическое земледелие начинает активно развиваться, то использование биопрепаратов выходит на первый план как в стимуляции развития растений на начальных этапах, так и в последующей защите от вредоносных факторов среды биологического и небιологического происхождения.

Анализируя данные по урожайности кондиционных семян сорта Белгородский 100 (табл. 2) можно отметить положительное влияние всех биопрепаратов.

**Урожайность Белгородский 100 (2019 г.), т/га**

Вариант	Урожайность	$\pm$ к $K_{сз}$
Контроль с.з. ( $K_{сз}$ )	5,38	–
Ризоагрин	5,88	+0,50
Псевдобактерин-2	5,84	+0,46
Флавобактерин	6,32	+0,94
МФБУ	5,93	+0,55
Гумат+7	6,39	+1,01
Азолен	6,21	+0,83
Азотовит	6,19	+0,81
Фосфатовит	6,14	+0,76
НСР <sub>0,95</sub>		0,41

В 2019 г. урожайность в контрольном варианте составила 5,38 т/га, за счет внесения полной дозы удобрений (60 кг д.в./га NPK). Во всех вариантах опыта отмечена достоверная прибавка урожайности, но наибольшая получена при обработке семян флавобактерин и гумат+7 (+0,94 – 1,01 т/га).

Использование всех биопрепаратов увеличивает лабораторную всхожесть семян ячменя. На сорте Белгородский 100 следует отдавать предпочтение биопрепаратам ризоагрин и МФБУ (средняя стимуляция 7,6...12,2%), так как они способствуют на начальных этапах лучшему развитию растений (рост корневой системы), что приводит к увеличению урожая ячменя.

Применение всех биопрепаратов положительно сказывается на полевой всхожести и выживаемости семян; наиболее значимую прибавку к урожайности дают препараты флавобактерин и гумат+7 (прибавка 0,94 и 1,01 т/га).

Для получения высокой урожайности необходимо не только использование биопрепаратов, но и их большая эффективность проявится на фоне полных доз минеральных удобрений, рекомендованных для данной культуры в зоне возделывания.

**Библиографический список**

1. Завалин А. А. Применение биопрепаратов при возделывании полевых культур // Достижения науки и техники АПК. 2011. № 8. С. 9–11.
2. Биопрепараты в сельском хозяйстве (Методология и практика применения микроорганизмов в растениеводстве и кормопроизводстве) / И. А. Тихонович, А. П. Кожемяков, В. К. Чеботарь [и др.]. М. : Россельхозакадемия, 2005. 154 с.
3. Емелев С. А., Дудин Г. П. Влияние мочевины на рост и развитие растений ячменя сорта Биос-1 в М<sub>1</sub> // Материалы XIX науч.-практ. конф. Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. Ижевск : Шеп, 1999. С. 17–18.
4. Помелов А. В., Дудин Г. П. Защитное и неспецифическое действие биофунгицидов на яровом ячмене // Агро XXI. 2009. № 7–9. С. 35–36.
5. Пат. 2166847 Российская Федерация, МКИ<sup>7</sup> А 01 С 1/00, С 12 N 15/01. Способ мутагенной обработки семян зерновых культур: № 99115369/13 : заявл. от 12.07.1999 : опубл. б.и. № 14 от 20.05.2001 RU / Г. П. Дудин, С. А. Емелев (RU). 14 с.
6. Емелев С. А., Помелов А. В., Новоселов А. В. Влияние микробиологических препаратов на развитие ярового ячменя сорта Нур // Экология родного края: проблемы и

пути решения : материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Книга 1. Киров : Изд-во ООО «Радуга-ПРЕСС», 2016. С. 179–183.

7. Реакция проростков ячменя на обработку семян биопрепаратами на основе ризобактерий / С. А. Емелев, А. В. Помелов, М. В. Черемисинов, Г. П. Дудин // Экология родного края: проблемы и пути их решения : материалы XIII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Книга 2. Киров : ВятГУ, 2018. С. 152–156.

8. Микробиологическое удобрение Азотовит/ [www.industrial-innovations.ru/products/](http://www.industrial-innovations.ru/products/)

9. Основы научных исследований в агрономии / В. Ф. Моисейченко, М. В. Трифонова, А. Х. Заверюха и др.. М. : Колос, 1996. 336 с.

## **ВЛИЯНИЕ ГЕРБИЦИДОВ НА РАСТЕНИЯ ЯЧМЕНЯ СОРТА ИЗУМРУД ВО ВТОРОМ ПОКОЛЕНИИ**

*М. В. Черемисинов, Л. А. Тагакова*

*Вятская государственная сельскохозяйственная академия,  
[cheremisinov.mv@yandex.ru](mailto:cheremisinov.mv@yandex.ru)*

Применяемые гербициды могут обладать побочным отрицательным действием: вызывать мутации у растений, что ведет к потере хозяйственно-биологических признаков. Поэтому оценка гербицидов производных сульфонилмочевины на мутагенную активность с использованием биологического объекта – ярового ячменя является актуальной.

Ключевые слова: гербициды, хлорофилльные мутации, морфологические и физиологические изменения.

В настоящее время наряду с широким применением микробиологических препаратов, энтомофагов используется большое количество гербицидов на зерновых культурах [1–4]. Гербициды, как биологически активные вещества, оказывают влияние не только на сорные, но и культурные растения. Они могут обладать отрицательным действием – вызывать мутации у растений, поэтому оценка гербицидов производных сульфонилмочевины на мутагенную активность с использованием биологического теста – ярового ячменя является актуальной.

Цель исследований выявить мутагенное действие гербицидов на яровом ячмене сорта Изумруд во втором поколении.

Объектом для исследований выбран яровой ячмень (*Hordeum sativum*), который является одним из модельных генетических объектов, обладая такими качествами, как строгое самоопыление, легкость искусственной гибридизации, диплоидный набор хромосом. Сорт Изумруд выведен на кафедре биологии растений, селекции и семеноводства, микробиологии Вятской ГСХА [5–7].

Исследования проводили на учебно-опытном поле Вятской ГСХА. Почвы участка дерново-подзолистые среднесуглинистые.

Посевы ячменя первого поколения опрыскивали в фазу кущения гербицидами. Для изучения мутагенного действия были взяты нормы расхода гербицидов оптимальные и завышенные в 10 и 20 раз. Расход рабочей жидкости составил 200 литров рабочего раствора на 1 гектар посевов. Контролем служили растения ячменя, обработанные водой (200 л/га).

Опрыскивание посевов ячменя проводили согласно схеме опыта.

Варианты опыта:

1. Контроль, обработка водой
2. Кортес, СП (8 г/га)
3. Кортес, СП (80 г/га)
4. Кортес, СП (160 г/га)
5. Ларен Про, ВДГ (10 г/га)
6. Ларен Про, ВДГ (100 г/га)
7. Ларен Про, ВДГ (200 г/га)
8. Гранстар Про, ВДГ (20 г/га)
9. Гранстар Про, ВДГ (200 г/га)
10. Гранстар Про, ВДГ (400 г/га)

Посев второго поколения ( $M_2$ ) проводили посемейно главными колосьями первого поколения ( $M_1$ ) ячменя сорта Изумруд.

Во втором поколении проводили отбор измененных семей по признакам, отличающим их от стандартного сорта – контроля.

Первой ступенью изучения мутагенного действия является выявление хлорофилльных мутаций, которые позволяют судить о наследственных изменениях растений уже во втором поколении, в то время как по другим видимым изменениям говорить о мутагенном действии факторов можно лишь в третьем поколении.

Во втором поколении хлорофилльные мутации были выделены во всех вариантах опыта кроме контроля (табл. 1).

Таблица 1

**Частота хлорофилльных мутаций ячменя во втором поколении**

Вариант	Число семей		
	проанализировано	с хлорофилльными мутациями	
		n	$p \pm S_p$
1. Контроль, обработка водой	119	0	0
2. Кортес, СП (8 г/га)	121	14	11,57±2,91**
3. Кортес, СП (80 г/га)	120	15	12,50±3,02**
4. Кортес, СП (160 г/га)	120	5	4,17±1,82*
5. Ларен Про, ВДГ (10 г/га)	118	8	6,78±2,31
6. Ларен Про, ВДГ (100 г/га)	117	4	3,42±1,68*
7. Ларен Про, ВДГ (200 г/га)	116	5	4,31±1,89*
8. Гранстар Про, ВДГ (20 г/га)	116	8	6,90±2,35*
9. Гранстар Про, ВДГ (200 г/га)	114	5	4,39±1,92**
10. Гранстар Про, ВДГ (400 г/га)	118	6	5,08±2,02*

Частота хлорофилльных нарушений колебалась: от 3,42 до 12,50%. Преобладали мутации типа *albina*, *alboviridis*.

Всего в опыте отмечены 76 семей с хлорофилльными изменениями. Максимальная частота мутаций установлена в вариантах: кортес, СП (8 г/га), кортес, СП (80 г/га).

При увеличении нормы расхода препарата: кортес СП с 8 г/га до 80 г/га прослеживается резкое увеличение абсолютного выхода семей с хлорофилльными изменениями. В варианте гранстар Про, ВДГ (20 г/га) наблюдалось некоторое снижение числа мутаций.

В вариантах с применением препарата ларен Про, ВДГ (100 г/га) и ларен Про, ВДГ (200 г/га) не выявлено закономерности между различными концентрациями с выходом хлорофилльных мутаций.

В спектре хлорофилльных нарушений отмечены мутации типа: *albina* – белые растения; *claroviridis* – светлозеленые; *xanthoviridis* – пластинка листа зеленая верхушка белая; *viridoxanthostriata* – чередуются продольные зеленые и желтые полосы; *xanthomaculata* – на желтых пластинках листьев отмечаются отдельные зеленые пятна с нечеткими краями; *viridoalboterminalis* – первые листья зеленые, начиная со второго листа белые; *xanthotigrina* – чередуются зеленые и желтые поперечные полосы; *clorotica* – бледно-желто зеленые.

Больше всех хлорофилльных изменений составляют мутации *viridolutescens*. Данный тип изменений зарегистрирован в восьми вариантах опыта. На втором месте по встречаемости находится мутация типа *xantomaculata* и *xanthomarginata*, они встречаются в шести вариантах, а мутации *albina* выделены в четырех вариантах эксперимента.

Кроме хлорофилльных изменений в опыте выделялись семьи с резкими отличиями от контроля по морфологическим и физиологическим признакам (табл. 2).

Таблица 2

**Частота морфологических и физиологических изменений ячменя во втором поколении**

Вариант	Число семей в M <sub>2</sub>		Частота изменений p ± S <sub>p</sub>
	изучаемых	с изменениями	
1. Контроль, обработка водой	119	0	0
2. Кортес, СП (8 г/га)	121	4	3,31±1,63**
3. Кортес, СП (80 г/га)	120	2	1,67±1,17**
4. Кортес, СП (160 г/га)	120	5	4,17±1,82*
5. Ларен Про, ВДГ (10 г/га)	118	8	6,78±2,31
6. Ларен Про, ВДГ (100 г/га)	117	4	3,42±1,68*
7. Ларен Про, ВДГ (200 г/га)	116	5	4,31±1,89*
8. Гранстар Про, ВДГ (20 г/га)	116	5	4,31±1,89*
9. Гранстар Про, ВДГ (200 г/га)	114	3	2,63±1,50**
10. Гранстар Про, ВДГ (400 г/га)	118	2	1,69±1,19*

Примечание: \*\* – уровень вероятности P>0.99. \*\*\* – уровень вероятности P>0.999.

Наибольший процент морфофизиологических изменений получен при опрыскивании препаратом ларен Про 6,78%. При увеличении нормы расхода

гербицида гранстар Про происходило уменьшение выхода морфофизиологических мутаций с 4,31 до 1,69%. При использовании других препаратов такого не прослеживалось.

Таким образом, изучаемые гербициды являются источниками хлорофилльных мутаций, морфологической и физиологической изменчивости ячменя во втором поколении.

*Выводы.* 1. Изучаемые гербициды вызывали как хлорофилльные мутации, так и морфофизиологические изменения ячменя.

2. Гербициды, используемые в опыте, требуют дальнейшего изучения.

3. Не рекомендуем использовать изучаемые гербициды на семеноводческих посевах.

#### **Библиографический список**

1. Черемисинов М. В. Микробиологические препараты и регуляторы роста против возбудителей корневых гнилей на ячмене // Адаптивные технологии в растениеводстве – итоги и перспективы : материалы Всерос. науч.-практ. конф., посвященной 60-летию кафедры растениеводства Ижевской ГСХА. Ижевск, 2003. С. 152–155.

2. Черемисинов М. В., Помелов А. В. Росторегулирующее действие препаратов на ячмене сорта Биос-1 // Науке нового века – знания молодых : тезисы докладов 2-ой науч. конф. аспирантов и соискателей. Киров, 2002. С. 36–38.

3. Черемисинов М. В., Нагонюк Н. Г. Применение амблисейуса в защищенном грунте на культуре огурца // Инновационные процессы и технологии в современном сельском хозяйстве : материалы междунар. науч.-практ. конф. : в 2-х частях. Киров, 2014. С. 149–158.

4. Черемисинов М. В., Нагонюк Н. Г. Использование энтомофагов в защищенном грунте // Актуальные вопросы аграрной науки: теория и практика : материалы Всерос. науч.-практ. конф., посвященной 70-летию агрономического факультета. Киров, 2014. С. 214–216.

5. Черемисинов М. В., Дудин Г. П., Помелов А. В. Использование пестицидов как один из способов быстрого получения исходного материала в селекции ярового ячменя // Экология родного края: проблемы и пути их решения : материалы XII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Киров : ВятГУ, 2017. С. 173–178.

6. Черемисинов М. В., Гайтукаев Р. С. Поражаемость мутантов ярового ячменя корневыми гнилями // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем : материалы XIV Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Киров, 2016. С. 187–190.

7. Влияние биопрепаратов на яровой ячмень Белгородский 100 / С. А. Емелев, А. В. Помелов, М. В. Черемисинов, Г. П. Дудин // Экология родного края: проблемы и пути их решения : материалы XIV Всерос. науч. практ. конф. с междунар. участием. Киров, 2019. С. 203–208.

# ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ КОНЦЕНТРАЦИЙ ФТОРА В ПОЧВАХ НА МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ И БИОХИМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ РАСТЕНИЙ (ПО ДАННЫМ МОДЕЛЬНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ НА КЛЕВЕРЕ И ПШЕНИЦЕ)

А. С. Шитова<sup>1</sup>, Д. Б. Петренко<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Московский государственный областной университет,  
*grisc.alena@gmail.com*

<sup>2</sup> Геологический институт Российской академии наук

В модельном эксперименте изучено влияние концентраций фтора в почвах на морфологические признаки и биохимические параметры растений на примере клевера (*Trifolium*) и пшеницы (*Triticum*). Установлено, что при увеличении концентрации фтора в почвах от 100 до 10100 происходит закономерное снижение всхожести, биомассы, длины листовой пластины изученных растений. Изменение морфометрических показателей растений становится заметным только при концентрациях фтора в почвах, существенно превышающих предельно допустимые, что делает актуальным поиск биохимических критериев влияния фтора на растения. В качестве одного из перспективных биохимических критериев для оценки воздействия фторидов на растительные организмы рассмотрена возможность использования кислой фосфатазы.

Ключевые слова: фтор, растение, модельный эксперимент, кислая фосфатаза, хлорофилл.

Проблема поведения фтора в окружающей среде и его влияние на элементы биосферы является весьма актуальной в большинстве стран мира. Целый ряд промышленных предприятий являются источниками поступления фторсодержащих соединений в окружающую среду [1, 2]. Соединения фтора оказывают токсическое воздействие на растения, животных и человека, нарушают устойчивость экологических систем [3].

Вопрос о потребности фтора для растительных организмов все еще остается слабоизученным. Вместе с тем, выявлено, что низкие концентрации фтора способны оказывать положительное влияние на рост и развитие растений [4]. В избыточных концентрациях фтор вызывает негативные изменения физиологических, биохимических и морфологических параметров растительных организмов.

Целью настоящей работы явилось изучение влияния концентраций фтора в почвах на морфологические признаки и биохимические параметры растений в модельном эксперименте на примере клевера (*Trifolium*) и пшеницы (*Triticum*). Они были выбраны в качестве модельных образцов для эксперимента, поскольку являются достаточно типичными для территории Московской области, а также легко доступны в виде семенного материала.

Высадку растений произвели в пластиковые емкости с грунтом, в которые предварительно вносили фторид натрия (NaF). В пересчете на фторид-ион концентрации фтора составили 100, 600, 1100, 2100, 5100, 7600, 10100 мг/кг. За экспериментальными растениями наблюдали в течение 2 месяцев, полив производили дистиллированной водой ежедневно. Для ускорения прорастания и лучшего роста растений использовали их облучение при помощи светодиодных ламп. Все исследования биохимических параметров производили за две недели до сбора экспериментальных растений.

Оценивали количество проросших семян через 10 дней, а также количество растений, погибших в течение первых трех недель после начала эксперимента, и количество оставшихся растений. Оценивали длину и толщину листовых пластинок, наличие хлорозов (табл.).

Таблица

**Биометрические показатели растений пшеницы озимой и клевера розового ( $n = 5$ ;  $P = 0,95$ )**

Концентрация фтора в почве (мг/кг)	Кол-во проростков (шт)	Длина листовая пластины (мм)	Толщина листовая пластины (мм)	Кол-во погибших растений (шт)	Кол-во растений с хлорозами (шт)
Пшеница					
10100	30	88,8	0,19	27	–
7600	67	112,5	0,19	25	17
5100	78	133,8	0,20	5	25
2100	87	176,3	0,21	2	10
1100	96	215,5	0,28	2	6
600	91	218,3	0,28	1	8
100	93	221,3	0,31	–	20
Клевер					
10100	37	5,3	0,13	37	–
7600	42	5,7	0,13	27	–
5100	73	6,8	0,14	30	5
2100	84	7,5	0,13	–	–
1100	88	7,6	0,14	–	–
600	87	8,2	0,16	–	–
100	90	8,2	0,14	–	–

Из данных таблицы видна зависимость между повышением концентраций фторид-иона в почве и всхожестью семян и снижением биомассы. Максимальное снижение всхожести относительно контроля отмечено при наибольшем уровне загрязнения фторидами, как для пшеницы, так и для клевера, и составляет 68 и 59% соответственно. Полученные результаты достаточно хорошо согласуются с данными работы [5], в которой на примере пшеницы показано, что повышение концентраций фторидов в почвах до 22 ПДК (2200 мг/кг) вызывает незначительное снижение всхожести семян, а в диапазоне концентраций фтора в почве 22–55 ПДК (2200–5500 мг/кг) происходит существенное снижение всхожести.

Через месяц после начала эксперимента у особей, произрастающих на почвах с концентрацией фторид иона 2100–10100 мг/кг, прослеживалось появление светло-бурых пятен – хлорозов.

Изменение морфометрических показателей как пшеницы, так и клевера становится заметным только при концентрациях фтора в почвах, существенно превышающих предельно допустимые, что делает актуальным поиск биохимических критериев для оценки воздействия фторидов на растения.

Нами исследована зависимость активности кислой фосфатазы (рис. 1) как фермента, наиболее подверженного воздействию фторидов [6, 7], а также концентраций хлорофиллов в листьях (рис. 2, 3).

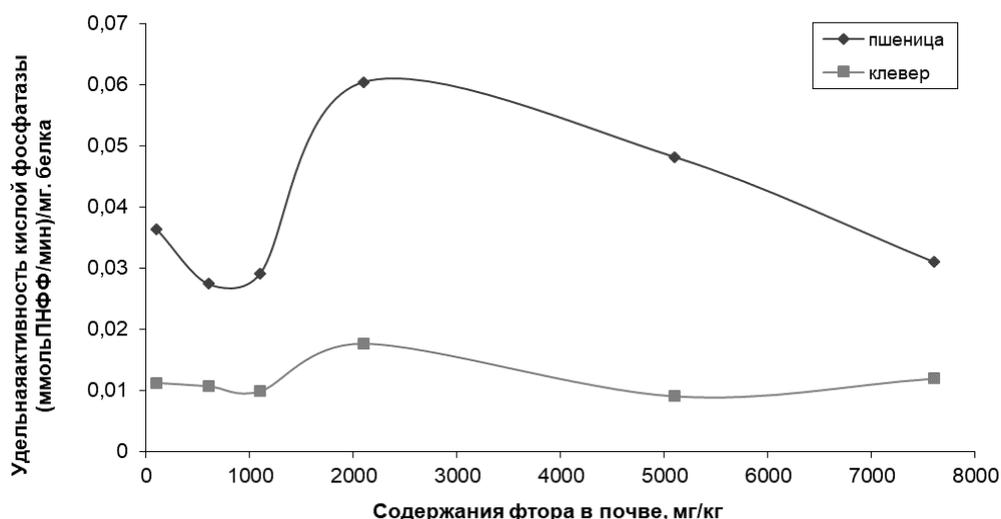


Рис. 1. Зависимость активности кислой фосфатазы от концентрации фтора в почве

Из представленных данных видно, что с ростом концентрации фтора в почве от 100 до 2100 мг/кг активность кислой фосфатазы возрастает, а затем начинает снижаться. Характер полученной зависимости можно объяснить тем, что фториды могут образовывать прочные комплексы с металлами, а в частности с алюминием, находящемся в почвенном растворе, которые являются активаторами ферментной активности [8], поступление фторидов в свободном виде напротив приводит к ингибированию фосфатаз [9]. По всей вероятности, при концентрациях фтора в почве меньше 2000 мг/кг подвижного алюминия достаточно для образования комплекса, а при более высоких концентрациях фторид поступает в растения уже преимущественно в свободном виде.

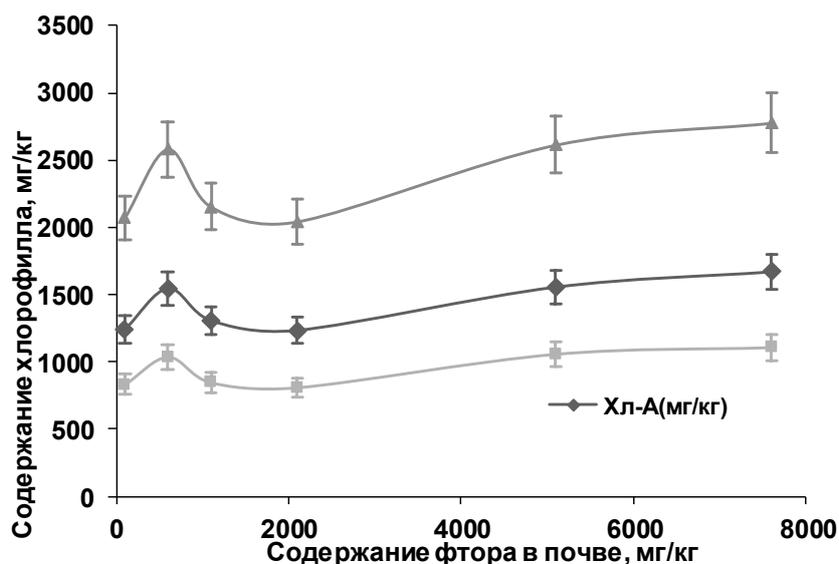


Рис. 2. Содержание хлорофилла в растениях пшеницы при разных концентрациях фтора в почве

Для растений пшеницы не было отмечено существенных изменений в содержании хлорофилла под воздействием фторидного стресса.

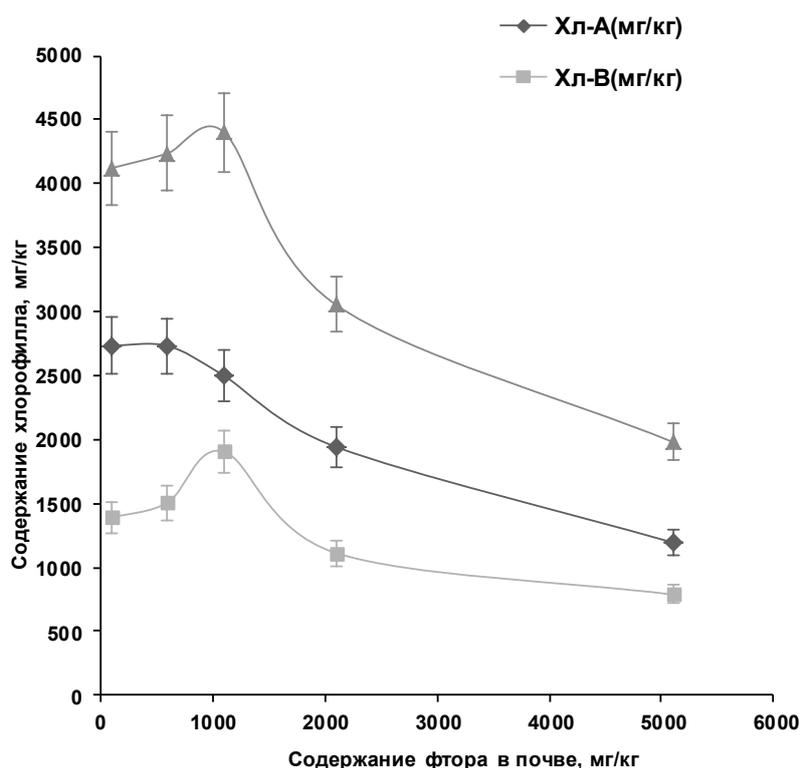


Рис. 3. Содержание хлорофилла в растениях клевера при разных концентрациях фтора в почве

Для растений клевера, увеличение концентраций фторид-иона в почве от 100 до 1100 мг/кг практически не влияет на содержание хлорофилла в рас-

тительных тканях, при дальнейшем увеличении концентраций фторид-иона в почве до 5000 мг/кг наблюдается закономерное снижение хлорофиллов А и В.

Таким образом, в модельном эксперименте на примере пшеницы и клевера установлено, что фторид-ион в почвах с концентрациями 600–10100 мг/кг вызывает угнетающее влияние на прорастание и вегетацию растений. При увеличении концентрации фтора в почвах происходит закономерное снижение всхожести растений, биомассы, длины листовой пластины, а в случае клевера снижение содержания хлорофилла в листьях.

#### Библиографический список

1. Танделов Ю. П. Фтор в системе почва–растение. Красноярск, 2012. 146 с.
2. Васильев Н. В., Петренко Д. Б. Делокализация фтора в связи с реализацией Монреальского протокола по озонобезопасным фреонам // Вестн. МГОУ. Сер. Естественные науки. 2013. № 5. С. 54–58.
3. Malayeri B. E., Noori M., Jafari M. Using the pollen viability and morphology for fluoride pollution biomonitoring // Biol Trace Elem Res. 2012. Vol. 147. P. 315–319.
4. Изменение эколого-биологических свойств почв юга России при загрязнении фтором / С. И. Колесников, А. А. Попович, К. Ш. Казеев, В. Ф. Вальков // Агрохимия. 2008. № 1. С. 76–82.
5. Соколова Л. Г., Помазкина Л. В. Фитотоксичность агросерой загрязненной фторидами алюминиевого производства почвы и продуктивность яровой пшеницы // Агрохимия. 2014. № 1. С. 75–81.
6. Mondal Naba Kumar Effect of fluoride on photosynthesis, growth and accumulation of four widely cultivated rice (*Oryza sativa* L.) varieties in India // Ecotoxicology and Environmental Safety. 2017. Vol. 144. P. 48–54.
7. Pinkse W. H., Maarten Merckx, Averill B. A. Fluoride Inhibition of Bovine Spleen Purple Acid Phosphatase: Characterization of a Ternary Enzyme-Phosphate-Fluoride Complex as a Model for the Active Enzyme-Substrate-Hydroxide Complex Martijn // Biochemistry. 1999. Vol. 38. P. 9926–9936.
8. Braig K., Menz R. I., Montgomery M. G. Structure of bovine mitochondrial F(1)-ATPase inhibited by Mg<sup>2+</sup> ADP and aluminium fluoride // Structure. 2000. Vol. 8. P. 567–573.
9. Schenk G., Elliott T. W., Leung E. Crystal structures of a purple acid phosphatase, representing different steps of this enzymes catalytic cycle // BMC Struct Biol. 2008. С. 8–6.

## АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ СПОСОБОВ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ В ФОРМИРОВАНИИ УСЛОВИЙ РОСТА И РАЗВИТИЯ САХАРНОЙ СВЁКЛЫ НА ЧЕРНОЗЕМАХ ЦЧР

*В. В. Верзилин<sup>1</sup>, Е. Н. Закабунина<sup>1</sup>, Н. Д. Верзилина<sup>2</sup>,  
А. Н. Тимофеев<sup>3</sup>, А. В. Гончаров<sup>1</sup>, В. А. Бутенко<sup>1</sup>, Н. А. Хаустова<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> *Российский государственный аграрный заочный университет,  
tikva2008@mail.ru*

<sup>2</sup> *Воронежский ГАУ имени императора Петра I, vvv.51@bk.ru*

<sup>3</sup> *Воронежский государственный педагогический университет, www72@bk.ru*

В статье представлены результаты исследований агроэкологической роли способов основной обработки чернозёмов ЦЧР в регулировании почвенных условий роста и развития сахарной свёклы. Установлено, что плоскорезный и отвальный способы обработки почвы на глубину 28–30 см по-разному обеспечивали формирование продуктивного запаса влаги в корнеобитаемом слое почвы, численный состав сорного компонента и содержание в почве доступных элементов питания к посеву культуры.

Ключевые слова: агроценоз, способы обработки, элементы питания, запасы влаги, полевые культуры.

В современных адаптивно-ландшафтных системах земледелия все возрастающую роль приобретает экологическая составляющая, которая определяет основные параметры безопасности производства сельскохозяйственной продукции, показатели качества и условия оптимизации ее количества.

Формирование экологической устойчивости современных систем земледелия и безопасности окружающей среды, природных и антропогенных факторов жизни в значительной мере определяются биологическими особенностями полевых культур и технологиями их возделывания.

При этом, в современных технологиях возделывания полевых культур, системы обработки почвы в наибольшей степени влияют на условия роста и развития растений в разных почвенно-климатических условиях зон земледелия России. Они в значительной части определяют условия воспроизводства показателей плодородия почвы и являются определяющими в формировании экологической устойчивости окружающей среды и наиболее энергозатратной составляющей экономической эффективности производства.

Указанные выше подходы, а также нарастание экологических проблем, связанных с отвальной обработкой почвы, обусловили изучение и внедрение в производство альтернативных способов основной обработки почвы – плоскорезного и поверхностного рыхлений, технологий «прямого» посева.

Вместе с тем результаты научных исследований [1–3] и производственный опыт разных зон земледелия нашей страны свидетельствуют, что эколо-

гичность и эффективность новых способов и систем обработки почвы в значительной степени зависят от почвенно-климатических условий, биологических особенностей возделываемых культур, систем воспроизводства плодородия почвы (сплошного посева или пропашная), уровня их удобренности и защиты растений от сорняков, болезней и вредителей [4].

Вышеизложенное мотивировало проведение нами сравнительного изучения отвальной вспашки и плоскорезного рыхления под сахарную свеклу на формирование основного запаса влаги и динамику его расхода в период вегетации растений, засоренность почвы и посевов культуры, питательный режим и урожайность сахарной свеклы, а также экологическую, экономическую и энергетическую эффективность ее возделывания.

Исследования проводились в 2012–2015 гг. в условиях ЗАО «АгроСвет» Каширского района Воронежской области. Почва опытного участка – чернозем обыкновенный, среднемощный, тяжелосуглинистый с содержанием в слое – 0–30 см: гумуса – 5,87%, общего азота – 0,324%, фосфора – 0,142%, калия – 1,28%. РН солевой вытяжки – 6,77. Наименьшая влагоемкость чернозема обыкновенного опытного участка: в слое 0–50 см – 139,4 мм; в слое 50–100 см – 113,4 мм; в слое – 100–150 см – 87,2; 0–150 см – 340,0 мм доступной влаги.

Чередование культур в севообороте: чистый пар – озимая пшеница – сахарная свекла – ячмень – соя – озимая пшеница – кукуруза на силос – ячмень – подсолнечник.

Система основной обработки почвы под сахарную свеклу включала два лущения – дисковое на 6–8 см и лемешное на 12–14 см. После отрастания сорняков в одном варианте проводилась отвальная вспашка плугом с предплужниками на глубину 28–30 см, а на другом – обработка плоскорезом на ту же глубину. Последующие приемы обработки почвы были одинаковыми в обоих вариантах.

Система удобрения культур в севообороте включала внесение в черный пар 40 т/га навоза и по 10 кг/га д.в. N, P, K под все культуры при посеве.

Опыт был заложен в 3-кратной повторности с последовательным размещением вариантов в опыте. Размер делянок: посевной – 250 м<sup>2</sup>, учетной – 120 м<sup>2</sup>.

Погодные условия в годы проведения исследований были разными по количеству выпавших осадков и сумме эффективных температур.

Формирование основного запаса влаги в почве к посеву сахарной свеклы зависело от количества остаточной влаги после уборки предшественника – озимой пшеницы, количества осадков в осенне-зимний период и способности почвы к их усвоению.

В среднем за годы проведения исследований ко времени посева сахарной свеклы запас доступной влаги в слое почвы 0–150 см на варианте с отвальной вспашкой составил 227 мм, а с плоскорезной обработкой – на 23,1 мм меньше (табл. 1).

**Содержание доступной влаги в почве после уборки  
озимой пшеницы и перед посевом сахарной свеклы, мм  
(среднее за 2012–2015 гг.)**

Показатели	Слой почвы, см				
	0–50	50–100	0–100	100–150	0–150
Перед уборкой озимой пшеницы	25,7	53,1	75,6	65,4	144,2
Перед посевом сахарной свеклы	93,1	62,4	153,4	67,9	222,1
	75,8	55,4	132,3	66,9	196,8
мм	65,1	9,5	74,7	4,8	76,9
	Усвоено осадков:	52,2	1,7	53,7	2,7
%	17,1	2,4	19,4	1,3	19,7
	13,6	0,8	14,2	0,7	13,9

*Примечание.* За время от уборки озимой пшеницы до посева сахарной свеклы в среднем за годы исследований выпало 404 мм осадков; числитель – отвальная вспашка, знаменатель – плоскорезная обработка.

Из таблицы следует, что за осенне-зимний период, в среднем за 3 года, в варианте с отвальной вспашкой было накоплено 77,8 мм (20,6%) влаги выпавших осадков, а с плоскорезной обработкой – 57,8 мм (14,6%).

Из общего количества усвоенной влаги выпавших осадков слоем почвы 0–150 см в варианте с отвальной вспашкой около 85% (54,8 мм) влаги приходилось на слой почвы 0–50 см и 11% (8,5 мм) – на слой почвы 50–100 см.

В варианте с плоскорезной обработкой 93% влаги, поступившей в слой почвы 0–150 см, приходилось на слой почвы 0–50 см.

Сравнение накопившихся запасов доступной влаги в почве ко времени посева сахарной свеклы с НВ (*наименьшей влагоемкостью*) показало, что дефицит весеннего увлажнения (разница между количеством влаги, соответствующим НВ и фактическим ее содержанием, выраженная в % от НВ) слоя почвы 0–150 см в 2013 и 2014 гг. составил по плоскорезной обработке 43–45%, тогда как по отвальной вспашке – 36–38%. В 2015 г. с хорошим увлажнением в осенне-зимний период дефицит весеннего увлажнения был значительно меньше и составлял по вспашке 23%, а по плоскорезной обработке – 27%.

Изучаемые способы основной обработки почвы оказали влияние и на расход влаги из почвы в период вегетации сахарной свеклы. Так, в годы с количеством осадков больше климатической нормы на 13–35% (2012 и 2014 гг.) расход влаги из слоя 0–150 см составил по отвальной вспашке 23–25 мм, тогда как по плоскорезной обработке – 2–7 мм. Причем, 70–80% этих потерь влаги по вспашке приходилось на верхний (0–50 см) слой почвы (табл. 2).

В острозасушливом 2015 г. при достаточно высоком весеннем запасе влаги в слое 0–150 см (248 и 236 мм) потери влаги в варианте с отвальной вспашкой составили 67 мм, а с плоскорезной – 49 мм.

Таблица 2

## Динамика запасов влаги в слое почвы 0–150 см, мм

Годы	1		2		3		4		5	
	В	П	В	П	В	П	В	П	В	П
2013	212,3	187,4	185,4	188,6	-22,4	+1,3	115,3	96,5	-72,5	-90,3
2014	214,3	168,5	187,2	174,7	-20,3	-4,5	147,2	144,3	-36,1	-32,6
2015	251,9	230,8	182,9	184,5	-63,1	-42,4	81,4	76,7	-102,4	-195,7
2013– 2015	222,3	196,7	183,5	181,8	-34,7	-16,2	115,6	107,7	-72,5	-76,4

*Примечание:* 1 – посев; 2 – смыкание рядков; 3 – изменение за время, «посев-смыкание рядков»; 4 – уборка; 5 – динамика за период «смыкание рядков-уборка»; В – вспашка; П – плоскорезная обработка.

Таким образом, в первую половину вегетации посеvy сахарной свеклы при отвальной способе обработки расходовали влаги больше из основного запаса по сравнению с плоскорезной обработкой.

Расход запасов влаги в почве во вторую половину вегетации сахарной свеклы определялся в основном количеством осадков выпавших в этот период роста и развития растений культуры.

В умеренном по увлажнению 2013 г. (осадков выпало больше климатической нормы на 15%) из слоя почвы 0–150 см по отвальной вспашке расход влаги составил 79 мм, а по плоскорезной – 97 мм, а в 2014 г. он составил 33–37 мм и не зависел от способа основной обработки почвы, что объясняется обилием осадков в этот период.

В засушливых условиях 2015 г. осадков выпало вдвое меньше климатической нормы, а расход влаги из почвы был самым высоким за годы исследований и практически не зависел от способов основной обработки почвы.

Из данных таблицы 2 следует, что общий расход влаги растениями сахарной свеклы (*основной запас + осадки за период вегетации*) в большей степени зависел от складывающихся условий увлажнения в период вегетации. Так, в 2013 г. с количеством осадков близким к климатической норме он составил в варианте с отвальной вспашкой 359,8 мм, а с плоскорезной обработкой – 361,6 мм. В засушливом 2015 г. общий расход влаги снижался до 238,4–288,7 мм, а в 2014 г. он был на 20% больше, чем в 2013 году.

Данные таблицы указывают на то, что доля основного запаса в общем расходе влаги с количеством осадков в период вегетации близким к климатической норме (2013 г.) составляла 27–29%, а с благоприятным увлажнением в этот период (2014 г.) она снижалась до 8–12%, тогда как в засушливом 2015 г. она возрастала до 54–57%.

Расход влаги на 1 т корнеплодов сахарной свёклы, в среднем за годы исследований, составил в варианте с отвальной обработкой 13,2 мм и 16,4 мм, а с плоскорезной обработкой, с динамикой по годам, от 9,8 и 13,7 мм в 2013 г. до 17,9 и 24,2 мм в 2014 году, соответственно по вспашке и плоскорезной обработке.

В проведенных исследованиях изучаемые способы основной обработки почвы оказывали разное влияние не только на формирование запасов влаги в почве, но и на засоренность посевов сахарной свеклы. Численность сорного компонента в посевах сахарной свёклы в значительной степени определялась количеством семян и вегетативных органов размножения сорняков в верхнем слое 0–10 см, что в значительной степени зависело от способов основной обработки почвы (табл. 3).

В наших исследованиях установлено, что при фактически одинаковом содержании семян сорняков в слое почвы 0–30 см по изучаемым способам основной обработки почвы – 345–366 млн. шт. га, в варианте с отвальной вспашкой в слое 0–10 см их доля составила 18–21 % от общего запаса в обрабатываемом слое, а по плоскорезной обработке – 54–61%, что указывает на повышенное количество семян сорняков в верхнем слое почвы этого варианта, обусловленного особенностью этого способа обработки накапливать сорняки в верхнем слое почвы, что и способствовало росту засоренности посевов сахарной свеклы на этом варианте.

Таблица 3

**Численность сорных растений в посевах сахарной свеклы  
(среднее за 2012–2015 гг.)**

Сроки учета сорных растений	Отвальная вспашка				Плоскорезная обработка			
	всего		в т. ч. много-летние		всего		в т. ч. много-летние	
	шт./м <sup>2</sup>	%	шт./м <sup>2</sup>	%	шт./м <sup>2</sup>	%	шт./м <sup>2</sup>	%
Перед:								
– посевом	15,8	13,5	2,3	12,4	27,7	17,9	1,5	6,6
– 1 – междурядной обработкой	39,8	33,5	1,2	2,3	95,9	36,7	1,6	1,9
– уборкой	63,3	52,2	3,4	5,1	77,8	43,8	1,9	2,4
Всего	126,3	100	6,9	5,8	173,7	100	4,7	2,8

Из данных таблицы 3 следует, что в среднем за годы исследований, при трех сроках учета сорняков за время вегетации сахарной свеклы в посевах с плоскорезной обработкой их суммарное количество составило 174 шт. м<sup>2</sup>, тогда как в варианте с отвальной их было меньше на 37,5 %

Влияние способов основной обработки почвы на засоренность посевов сахарной свеклы был неодинаковым в разные сроки их учета. В среднем за 3 года исследований на вариантах с плоскорезной обработкой количество сорняков в ее посевах при первом сроке их учета было больше, чем при вспашке на 68 %, при втором – на 36 %, при третьем – на 10 %.

Содержание и запасы легкогидролизуемого азота в обрабатываемом слое почвы ко времени посева сахарной свеклы практически не зависели от способов основной обработки почвы. Вместе с тем, к середине июля в вариантах с отвальной вспашкой содержание легкогидролизуемого азота было

больше, чем с плоскорезной обработкой, что связано с более рыхлым сложением почвы в условиях отвальной способа обработки.

Вместе с тем распределение в почве запасов легкогидролизуемого азота по профилю пахотного слоя было различным в зависимости от способа основной обработки почвы. Так, если при отвальной вспашке в слое 0–10 см содержалось 31–33% его запасов, то при плоскорезной обработке – 37–38%. А в слое 10–20 см, напротив, доля азота по вспашке составила 35%, а при плоскорезной обработке – 31%.

Содержание и запасы обменного калия в пахотном слое почвы перед посевом сахарной свеклы в варианте с отвальной вспашкой в среднем за годы исследований были выше на 2,8–3,0% по сравнению с плоскорезной обработкой.

Более высокое содержание и запасы калия при отвальной вспашке были характерны для слоя почвы 10–20 см, тогда как при плоскорезной обработке – для слоя 0–10 см.

В содержании и запасах подвижного фосфора в почве по вариантам изучаемых способов основной обработки почвы за все время проведения исследований не установлено.

Разные условия увлажнения, минерального питания и засоренности посевов сахарной свеклы при разных способах обработки почвы обусловили разную урожайность корнеплодов сахарной свеклы (табл. 4).

*Таблица 4*

**Урожайность сахарной свеклы по способам основной обработки почвы, т/га**

Годы	Отвальная вспашка	Плоскорезная обработка	Разница		НСР <sub>05</sub> , т/га
			т/га	%	
2013	35,9	29,7	6,2	23,6	8,39
2014	23,8	19,4	4,4	21,5	4,09
2015	23,9	21,6	2,3	15,5	2,63
Среднее 2013–2015 гг.	27,8	23,5	4,3	20,2	–

Более благоприятные условия увлажнения и минерального питания на фоне меньшей засоренности посевов сахарной свеклы при применении отвальной вспашки обусловили соответственно большую, по сравнению с плоскорезной обработкой, урожайность корнеплодов сахарной свеклы

Наибольшая разница в урожайности сахарной свеклы по вариантам обработки наблюдалась в среднем по увлажнению – 2013 г., а меньшая – в острозасушливом 2015 г. Таким образом, преимущество отвальной вспашки по урожайности сильнее проявлялось в годы с хорошим основным запасом влаги и количеством осадков в период вегетации, близким и превышающим климатическую норму, а в засушливые – плоскорезной обработки.

Способы основной обработки почвы в наших исследованиях не оказали достоверного влияния на содержание в корнеплодах сахаров.

В среднем за годы проведения исследований величина чистого дохода при использовании отвальной обработки почвы составила 15850 руб. га, а при плоскорезной обработке – 8740 руб. га при уровне рентабельности соответственно 72 и 47%. Себестоимость 1 т корнеплодов в варианте с отвальной вспашкой была на 154 руб. меньше, чем при плоскорезной обработке.

Расчёты энергетической эффективности возделывания сахарной свеклы показали, что совокупные затраты энергии при применении отвальной вспашки составили 23,6 гДж/га, тогда как по плоскорезной обработке они были меньше на 17%. Однако на производство 1 т корнеплодов при отвальной вспашке затрачивалось невосполнимой энергии на 6,7 мДж меньше, чем при плоскорезной обработке (78,4 мДж). Коэффициент биоэнергетической эффективности был выше при отвальной вспашке (на 16%), чем при плоскорезной обработке.

Расход топлива на 1 га возделывания сахарной свеклы при отвальном способе обработки за годы проведения исследований составил 142 л, а при плоскорезной обработке он снизился на 33,6%.

*Выводы.* 1. Агроэкологическая роль способов основной обработки почвы под культуры зернопропашного севооборота определяется различным их влиянием на факторы жизни, условия роста и развития возделываемых культур в агроэкосистемах.

2. Отвальная обработка чернозёма типичного под сахарную свеклу ко времени ее посева обеспечивала накопление в полутораметровом слое почвы большего на 25,3–27,8 мм запаса доступной влаги по сравнению с плоскорезной обработкой на ту же глубину. При этом к фазе смыкания рядков различия в запасах влаги в этих вариантах нивелировались.

3. Плоскорезная обработка почвы по сравнению с отвальной за годы проведения исследований способствовала увеличению в среднем на 20,8% численности сорняков в посевах сахарной свеклы.

4. В годы проведения исследований урожайность корнеплодов сахарной свеклы по отвальной вспашке была выше на 15,3–22,4%, по сравнению с плоскорезной обработкой.

5. Условно чистый доход и уровень рентабельности возделывания сахарной свеклы в варианте отвальной вспашки были выше, а себестоимость 1 т корнеплодов ниже по сравнению с плоскорезной обработкой.

#### **Библиографический список**

1. Экологическая роль агроценоза в формировании биогенности почвы и устойчивости агроэкосистем / В. В. Верзилин, А. В. Гончаров, Е. Н. Закабунина, Н. Д. Верзилина, А. Н. Тимофеев // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем : материалы XVII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар участием. Киров: ВятГУ, 2019. С. 307–310.

2. Экологическая роль полевых культур в формировании фитотоксичных свойств почвы в комплексах биологизации / В. В. Верзилин, А. В. Гончаров, Е. Н. Закабунина, Н. Д. Верзилина, Н. В. Полякова // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 3. С. 93–98.

3. Кирюшин В. И. Минимализация обработки почвы: перспективы и противоречия // Земледелие. 2006. № 5. С. 12–14.

4. Черкасов Г. Н., Пыхтин И. Г. Комбинированные системы основной обработки наиболее эффективны и обоснованы // Земледелие. 2006. № 6. С. 20–23.

## **УСТОЙЧИВЫЙ К ГРИБНЫМ БОЛЕЗНЯМ ГЕНОФОНД ОЗИМОЙ РЖИ В АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

*Л. М. Щеклеина*

*ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока  
имени Н. В. Рудницкого», [immunitet@fanc-sv.ru](mailto:immunitet@fanc-sv.ru)*

В провокационно-инфекционных условиях развития фитопатогенных таксонов: *Fusarium* spp., *Blumeria* spp., *Puccinia* spp., *Claviceps* spp. проведена диагностика грибных болезней, иммунологическая оценка новых сортов озимой ржи селекции ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока и образцов из мировой коллекции ВИР. Для использования в селекции отобраны генотипы с высокой устойчивостью к болезням, которые являются также фактором экологизации среды.

Ключевые слова: озимая рожь, сорт, селекция, грибные болезни, искусственная инокуляция, устойчивость.

Донорный фонд постоянно меняется вследствие преодоления патогенами генов устойчивости. Прежние доноры морально устаревают, так как их хозяйственно-полезные свойства отстают от уровня, достигнутого в отечественной и мировой селекции. Успех селекции устойчивых сортов часто зависит от приоритетов в селекции на иммунитет и насколько исходный материал обладает генетическим разнообразием, способным сдерживать развитие болезней в зоне исследований [1–3]. В настоящее время в 94 генбанках мира хранится 22200 образцов рода *Secale* озимых и яровых форм. Крупнейший отечественный генный банк – ФИЦ «Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова» (ВИР), в котором находится 3260 образцов [4]. В других странах также имеются обширные коллекции, содержащие местные сорта из Европы, Северной Америки, Азии, Южной Америки, Африки и Ближнего Востока [5]. Среди них, генофонды: Gatersleben (Германия); Radzików, Warszawa (Польша); Aberdeen, Idaho (США); Saskatoon, Saskatchewan (Канада) и Sadovo (Болгария) [6]. Чем больше и разнообразнее источников и доноров устойчивости включается в селекцию, тем больше возможностей получить совершенно новые формы растений с обогащенным генофондом.

Как правило, поиск генетических источников эффективен лишь в условиях естественных или искусственных эпифитотий. Моделирование фитопатогенозов в ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востоке проводится с включением в патологический процесс «искусственных» или природных популяций возбу-

телей снежной плесени (*Microdochium nivale* (Fr.) Samuels Hallette), корневых гнилей (*Fusarium* Link.: *F. culmorum* (W.G.Sm.) Sacc, *F. sporotrichioides* Sherb., *F. graminearum* Schwabe., *F. avenaceum* (Fr.) Sacc., *F. poae* (Peck) Wollenw и др.), мучнистой росы (*Blumeria graminis* (DC.) Speer f. sp. *secalis* Marchal.), бурой ржавчины (*Puccinia dispersa* Eriks. et. Henn.), стеблевой ржавчины (*Puccinia graminis* Pers. f. sp. *secalis* Eriks. et.) и спорыньи (*Claviceps purpurea* (Fr.) Tul.).

Для Кировской области, занимающей четвертую по величине посевную площадь озимой ржи в Российской Федерации, вопросы устойчивости к этим эпифитотийно опасным болезням являются актуальными. На фоне постоянного удорожания пестицидов и экологической нестабильности особое значение приобретает поиск и создание новых эффективных источников и доноров устойчивости.

Цель исследований: поиск генетических источников устойчивости озимой ржи к экономически значимым болезням в агроэкологических условиях Кировской области.

В условиях искусственной инокуляции растений возбудителями снежной плесени, мучнистой росы, бурой и стеблевой ржавчины, корневых гнилей и спорыньи в 2018–2020 гг. изучено 25 новых сортов озимой ржи селекции ФАНЦ Северо-Востока и 60 образцов из мировой коллекции ВИР. При создании инфекционных фонов и проведении учётов развития болезнями использовали следующие методики: М. Ф. Григорьева [7]; В. К. Неофитовой [8]; В. Д. Кобылянского, Л. А. Королёвой [9]; Т. Miedaner et al. [10]; В. Д. Кобылянского и др. [11]; Т. К. Шешеговой и др. (2018) [12].

Схема закладки фитопатологических питомников следующая: *стандарт* (сорт, рекомендованный Государственной комиссией по сортоиспытанию) → *индикаторный сорт* (наиболее восприимчивый) → *опытные образцы*. Площадь делянок 1 м<sup>2</sup>, повторность – 2–4-х кратная. Диагностику болезней и учёты развития проводили однократно в период максимального их проявления. К источникам устойчивости относили сорта, сохраняющие иммунитет или высокую устойчивость в течение не менее 2-х лет изучения.

Для обработки результатов исследований применяли пакет селекционно-ориентированных и биометрико-генетических программ AGROS, версия 2.07 и пакет прикладных программ Microsoft Excel.

Изучение новых сортов озимой ржи селекции ФАНЦ Северо-Востока выявило широкую дифференциацию генофонда по восприимчивости к грибным болезням. Высокой регенерационной способностью после поражения снежной плесенью характеризуется большинство популяций и сортов нашего института. Наилучшее состояние признака (от 70,0% до 100%) у 13 образцов: Вятка 2, Кировская 89, Фалёнская 4, Флора, Графит, Румба, Триумф, Гармония, Кипрез, Садко, Леда, Симфония и Ниоба (табл. 1).

Развитие мучнистой росы достигало 35,0%. На этом фоне высокая устойчивость к мучнисторосяной инфекции проявили: Рушник, Графиня, Графит, Румба и Триумф, степень поражения которых не превышала 15,0%.

Степень поражения бурой ржавчиной составила в среднем по изучаемому сортименту 61%. Относительно меньшее проявление болезни (до 40,0%) было у сортов: Вятка 2, Кировская 89, Снежана, Рушник, Флора, Румба и Триумф. Развитие стеблевой формы ржавчины не превышало 25,0%, а у сортов Вятка 2, Кировская 89, Флора, Снежана, Румба, Гармония и Перепел оно не превышало 5,0%.

Высокую устойчивость к фузариозным корневым гнилям проявили 16 изучаемых сортов. Среди них, наименьшее развитие болезни выявлено у 4 образцов: Фалёнская 4 (3,5%), Гармония (3,7%), Снежана (3,9%), Перепел (4,9%) при значении признака у индикаторного сорта 23,0%.

Поражение сортов спорыньей при искусственной инокуляции цветков конидиями *S. purpurea* было высоким и изменялось от 19,2% (Симфония) до 78,5% (Ниоба). Все сорта на этом фоне характеризуются как восприимчивые к спорынье, но относительно меньшее (14,2–35,7%) проявление болезни было у сортов Леда, Симфония, Гармония и Румба. Засорённость зерновой массы склероциями спорыньи у них была на уровне от 0,7 до 1,4% от массы зерна при состоянии признака у индикаторного сорта 5,3%.

Таблица 1

**Устойчивые сорта озимой ржи селекции ФАНЦ Северо-Востока**

Снежная плесень	Мучнистая роса	Бурая ржавчина	Стеблевая ржавчина	Корневые гнили	Спорынья
Вятка 2, Кировская 89, Фалёнская 4, Флора, Графит, <b>Румба</b> , Триумф, <b>Гармония</b> , Симфония, Кипрез, Садко, Леда, Ниоба	Рушник, Графиня, Графит, <b>Румба</b> , Триумф	Вятка 2, Кировская 89, Снежана, Рушник, Флора, <b>Румба</b> , Триумф	Вятка 2, Кировская 89, Снежана, Флора, <b>Румба</b> , <b>Гармония</b> , Перепел,	Фалёнская 4, <b>Гармония</b> , Снежана, Пе- репел	Леда, Симфония, <b>Гармония</b> , <b>Румба</b>

Таким образом, комплексную устойчивость к пяти болезням (снежной плесени, мучнистой росе, бурой и стеблевой ржавчине, спорынье) проявил лишь один сорт озимой ржи селекции нашего института – Румба. Групповой устойчивостью к двум, трём и более болезням характеризуются следующие: Гармония – устойчивость к снежной плесени, стеблевой ржавчине, корневым гнилям и спорынье; Вятка 2, Кировская 89 и Флора – к снежной плесени, бурой и стеблевой ржавчине; Снежана – к бурой и стеблевой ржавчине, корневым гнилям; Триумф – к снежной плесени, мучнистой росе и бурой ржавчине; Фалёнская 4 – к снежной плесени и корневым гнилям; Рушник – к мучнистой росе и бурой ржавчине; Графит – к снежной плесени и мучнистой росе; Перепел – к стеблевой ржавчине и корневым гнилям; Леда и Симфония – к снежной плесени и спорынье.

Среди коллекционных образцов озимой ржи в изучении были низкопентозановые формы (НП) с низким (0,5–0,7%) содержанием водорастворимых пентозанов в зерне. Основной недостаток таких сортов – они плохо зи-

муют в условиях Кировской области и сильно поражаются снежной плесенью. Наши исследования показали, что наиболее высокой выносливостью к снежной плесени (50,0–60,0%) отличаются 10 образцов: Россиянка 2, Таловская 2, Волжанка 2. Янтарная НП, Новая Эра НП, Подарок НП, Красноярская универсальная НП, Берегиня НП, Московская ВИР-12-244/16 НП и Тринодис 4 – Минвак-139/09 НП (табл. 2).

Большинство коллекционных образцов слабо поразились мучнистой росой (0–10,0%) и относительно меньше, чем сорта селекции нашего института – бурой ржавчиной (5,0–15,0%).

Поражение спорыньей изменялось в значительных пределах – от 5,8% до 100 %. Относительно меньшее проявление болезни (от 5,8 до 25,0%) выявлено у сортов: Чулпан 2, Россиянка 2, Чулыш, Таловская 2, Подарок НП, Вавиловская НП, Тринодис 4 – Минвак-139/09 НП, Красноярская универсальная НП и Новая Эра НП. Засорённость зерновой массы склероциями изменялась от 0,3% (Подарок НП) до 37,0% (Компус). Наименьшая восприимчивость к спорынье по двум показателям у следующих сортов: Подарок НП (поражение 5,8% и засорённость 0,3%), Чулпан 2 (14,2% и 0,6%), Тринодис 4 – Минвак-139/09 НП (16,6% и 0,6%), Россиянка 2 (17,6% и 0,9%), Красноярская универсальная НП (18,7% и 0,8%) и Вавиловская НП (15,3% и 1,0%).

Таблица 2

**Устойчивые образцы озимой ржи из мировой коллекции ВИР**

Снежная плесень	Мучнистая роса	Бурая ржавчина	Спорынья
Россиянка 2, Таловская 2, Волжанка 2, Янтарная НП, Новая Эра НП, Подарок НП, Берегиня НП, Московская ВИР-12-244/16 НП, <b>Красноярская универсальная НП, Тринодис 4 – Минвак-139/09 НП</b>	Беняконская 2, <b>Чулыш</b> , Ил 23/94, Гетера 2, Имериг 4, Харьковская 55-2, Харьковская 60-2, Чулпан 4, Черниговская, Заречанская 3, Компус, Восход 1-2, Тринодис 2, Чулпан 2, Волжанка 2, Отелло 3, Амило 2, <b>Красноярская универсальная НП, Тринодис 4 – Минвак-139/09 НП</b>	Имериг 4, Харьковская 60-2, Чулпан 4, Таловская 2, Восход 1-2, Заречанская 3, Комбайниния 2, Беняконская 2, <b>Чулыш</b> , Компус, Ил 23/94, Тринодис 2, <b>Тринодис 4 – Минвак-139/09 НП</b>	<b>Чулыш</b> , Россиянка 2, Чулпан 2, Новая Эра НП, Подарок НП, Вавиловская НП, <b>Красноярская универсальная НП, Тринодис 4 – Минвак-139/09 НП</b>

Таким образом, комплексной устойчивостью к четырём болезням (снежной плесени, мучнистой росе, бурой ржавчине и спорынье) в условиях Кировской области характеризуется лишь один низкопентозановый образец Тринодис 4 – Минвак-139/09 НП. Групповой устойчивостью к трём болезням характеризуются: Красноярская универсальная НП (снежная плесень, мучнистая роса и спорынья) и Чулыш (мучнистая роса, бурая ржавчина и спорынья); к двум болезням: Россиянка 2, Новая Эра НП и Подарок НП (снежная плесень и спорынья), Чулпан 4, Заречанская 3, Имериг 4, Компус, Бенякон-

ская 2, Восход 1-2, Тринодис 2, Харьковская 60-2 и Ил 23/94 (мучнистая роса и бурая ржавчина), Волжанка 2 (снежная плесень и мучнистая роса), Таловская 2 (снежная плесень и бурая ржавчина), Чулпан 2 (мучнистая роса и спорынья).

Таким образом, выявленные сорта озимой ржи с комплексной и групповой устойчивостью могут быть использованы в качестве генетических источников в селекционных программах по повышению устойчивости к этим болезням. Особую ценность в экологических условиях Кировской области представляют устойчивые к снежной плесени низкопентозановые образцы озимой ржи. Устойчивый генофонд ржи имеет также важное значение в повышении экологизации сельскохозяйственного производства, поскольку снижает пестицидную нагрузку на полевые агроценозы и окружающую среду.

### Библиографический список

1. Фитосанитарный мониторинг наиболее вредоносных болезней озимой ржи в республике Татарстан / М. Л. Пономарева, С. Н. Пономарев, Г. С. Маннапова, Л. В. Илалова // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2019. № 9. С. 27–34.
2. Каширкин А. Д., Макаров А. А. Метод предварительной оценки полевой устойчивости к бурой ржавчине // Вестник защиты растений. 2011. № 1. С. 27–33.
3. Щеклеина Л. М. Мониторинг болезней озимой ржи в Кировской области и возможные направления селекции на иммунитет // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020. № 21 (2). 124–132. doi: 10.30766/2072-9081.2020.21.2.124-132
4. Сафонова И. В., Аниськов Н. И., Кобылянский В. Д. База данных генетических ресурсов коллекции озимой ржи ВИР как средство классификации генетического разнообразия, анализа истории коллекции и эффективного изучения и сохранения // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2019. № 23(6). С. 780–786. DOI 10.18699/VJ19.552.
5. Шлегель Р. Селекция гибридных форм как стимул развития молекулярно-генетических исследований у ржи // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2015. Т. 19. (5). С. 589–603. DOI 10.18699/VJ15.076.
6. Schlegel Rolf H. J. Rye: genetics, breeding and cultivation. CRC Press Taylor & Francis Group. 2013. 359 p.
7. Григорьев М. Ф. Методические указания по изучению устойчивости зерновых культур к корневым гнилям. Л., 1976. 60 с.
8. Неофитова В. К. Методы полевой оценки устойчивости сортов озимых зерновых культур к снежной плесени. Минск, 1976. 4 с.
9. Кобылянский В. Д., Королёва Л. А. Методические указания по селекции озимой ржи на устойчивость к грибным болезням. Л., 1977. 26 с.
10. Genetic variation of winter rye cultivars for their ergot (*Claviceps purpurea*) reaction tested in a field design with minimized interplot interference / T. Miedane, V. Mirdita, B. Rode-man, T. Drobeck, D. Rentel // Plant Breed. 2010. Vol. 129. P. 58–62. doi: 10.1007/s10681-009-0083-5
11. Изучение и сохранению мировой коллекции ржи: методические указания / В. Д. Кобылянский, И. В. Сафонова, О. В. Солодухина, Н. И. Аниськов. СПб. : ВИР, 2015. С. 44.
12. Селекция озимой ржи на устойчивость к спорынье: методическое пособие / Т. К. Шешегова, Л. М. Щеклеина, Л. И. Кедрова, Е. И. Уткина. Киров : ФГБОУ ВО Вятская ГСХА, 2018. 27 с.

## ВЛИЯНИЕ МИКРОМИЦЕТА РОДА *FUSARIUM* НА БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ МЕЛИССЫ ЛЕКАРСТВЕННОЙ

М. А. Загоскин<sup>1</sup>, П. И. Гущина<sup>1</sup>, Я. Ю. Благодатских<sup>1</sup>,  
С. Ю. Огородникова<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Вятский государственный университет, zagoskin.19.99@gmail.com

<sup>2</sup> Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, svetao\_05@mail.ru

Выращивание лекарственного растения *Melissa officinalis* на грунте, загрязненном микромицетом *Fusarium culmorum* приводит к усилению интенсивности перекисного окисления липидов и накоплению фенольных соединений в клетках. В качестве антагонистов микромицета использовали микроорганизмы – *Trichoderma viride* и *Fischerella muscicola*. Наибольшее действие в снижении стрессового влияния оказывает внесение *Trichoderma viride*.

Ключевые слова: мелисса лекарственная, микромицет рода *Fusarium*, перекисное окисление липидов, фенолы, антагонисты.

Мелисса лекарственная (*Melissa officinalis* L.) – лекарственное растение, обладающее приятным ароматом и содержащее множество полезных для здоровья человека веществ (антиоксиданты, витамины, микроэлементы и т. д.). Ее выращивают не только в крупных масштабах, но и частным образом садоводы – любители. При этом, часто не задумываясь о возможном влиянии на качество продукции почвенных микроорганизмов. Одним из фитопатогенных микроорганизмов являются микромицеты рода *Fusarium*. Их антагонистами могут быть некоторые виды цианобактерий и триходермы [1]. Выяснение механизмов формирования устойчивости растений к грибным болезням (патогенным микроорганизмам) неизменно приводит к необходимости анализа биохимических факторов устойчивости [2]. Чтобы понять, как лучше всего бороться с болезнями растений для повышения продовольственной безопасности, специалисты по защите растений должны проводить исследования, определяя ключевые биохимические процессы и факторы, влияющие на их изменения [3].

Одной из групп веществ, обладающих важными фармакологическими свойствами, и одновременно маркерами состояния растений являются фенольные соединения. Фенольными соединениями называются вещества, содержащие ароматические кольца с гидроксильной группой, а также их различные производные [4]. Кроме того, маркером стрессового состояния растений является интенсивность процессов перекисного окисления липидов (ПОЛ) в клетках [5]. Однако данных о влиянии микромицетов изучаемого рода в присутствии антагонистов и без них на данные показатели практически нет в литературе, поэтому целью работы было установить влияние присутствующих при выращивании растений в грунте микромицетов *Fusarium culmorum* в присутствии его антагонистов *Trichoderma viride* и *Fischerella*

*muscicola* на такие показатели, как интенсивность перекисного окисления липидов и накопление фенольных соединений в зеленой части растений мелиссы лекарственной.

Семена мелиссы лекарственной сорта «Лимонный аромат» перед посадкой обрабатывали раствором перманганата калия (1%) и проращивали в стерильных условиях в чашках Петри на увлажненной дистиллированной водой фильтровальной бумаге в течение недели. Далее растения пересаживали в питательный грунт (стерильный), имеющий следующие агрохимические характеристики: pH = 5,5–6,5; N – 50–150 мг/100 г; P(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) – 100–250 мг/100 г; K(K<sub>2</sub>O) – 150–300 мг/100 г (г. Тверь, Россия). В грунт перед посадкой растений были добавлены: суспензия *Fusarium culmorum* (T = (5,00±0,05)·10<sup>9</sup> кл/мл, 1 мл на 60 г грунта), а также суспензия микроциста в присутствии цианобактерии (ЦБ) *Fischerella muscicola* (T = (3,00±0,05)·10<sup>9</sup> кл/мл, 5 мл на 60 г грунта), гриба *Trichoderma viride* (T = (5,0±0,1)·10<sup>9</sup> кл/мл, 5 мл на 60 г грунта) и смеси *F. muscicola* с *Trichoderma viride* в аналогичных количествах. В качестве контроля использовали мелиссу, выращенную на грунте без добавления микроорганизмов. Мелиссу выращивали при температуре 20–22 °С и фотопериоде 12 часов.

Содержание фенольных соединений в экстрактах из зеленой части растений определяли с помощью реактива Фолина-Чокальтеу. Метод основан на реакции окисления полифенольных соединений водно-спиртового экстракта прополиса реактивом Фолина-Чокальтеу и последующим фотометрированием образующейся «сини» при длине волны 765 нм. В качестве внутреннего стандарта используют галловую кислоту. Результаты выражали как эквивалент грамма галловой кислоты на 1 г сухой массы [6–8]. Интенсивность ПОЛ определяли фотометрически по содержанию малонового диальдегида [9].

Установлено, что достоверно увеличивается, по сравнению с контролем, интенсивность ПОЛ и содержание фенольных соединений в листьях растений, выращенных с внесением в грунт микроорганизмов (табл.). При этом коэффициент корреляции между данными показателями составляет 0,75 (степень взаимосвязи выше среднего).

Таблица

**Влияние микроорганизмов на химический состав растений мелиссы лекарственной**

Вариант	МДА, нмоль/г сырой массы	Фенольные соединения, мг/г
Контроль	20,0±2,5	7,40±0,17
<i>F. culmorum</i>	118,7±2,5	24,9±0,7
<i>F. culmorum</i> + <i>F. muscicole</i>	100,8±5,1	13,95±0,14
<i>F. culmorum</i> + <i>T. viride</i>	88,6±6,3	13,3±0,8
<i>F. culmorum</i> + <i>F. muscicole</i> + <i>T. viride</i>	91,1±4,7	9,41±0,09

Известно, что в стрессовых условиях в клетках происходит увеличение содержания активных форм кислорода, которые вызывают изменения в мета-

болизме. В ответ на повышенное содержание высокореактивных форм кислорода в клетках происходит активация антиоксидантной системы, в состав которой входят вещества с антиоксидантной активностью и ферменты, действие которых направлено на снижение уровня АФК.

Рост интенсивности процессов ПОЛ в клетках растений мелиссы, свидетельствует о том, что присутствие микроорганизмов в среде выращивания оказывает стрессовое действие на растения. В ответ на активацию процессов ПОЛ в растительных клетках происходит накопление фенолов. Известно, что фенолы выполняют роль антиоксидантов, защищают от окисления биологически активные молекулы и способствуют повышению устойчивости растений в стрессовых условиях [4].

В большей степени инициирует развитие окислительных процессов в клетках мелиссы – *F. culmorum* в монокультуре и в меньшей степени в вариантах, где добавлена культура *T. viride*, о чем свидетельствуют данные по накоплению МДА и фенолов. Присутствие *F. muscivora* снижает стресс, обусловленный микромицетом, однако незначительно.

Полученные данные свидетельствуют о том, что присутствие в грунтах для выращивания патогенного микромицета *F. culmorum* оказывает стрессовое действие на растения. Повысить устойчивость растений в условиях загрязнения грунтов *F. culmorum* можно путем внесения микроорганизмов – антагонистов *F. muscivora* + *T. viride*.

#### Библиографический список

1. Антагонистическая и сорбционная активность моно-, бинарных и трёхвидовых биоплёнок почвенных цианобактерий / А. И. Фокина, С. Г. Скугорева, Л. И. Домрачева, А. Л. Ковина // Теоретическая и прикладная экология. 2020. № 3. С. 119–125. doi: 10.25750/1995-4301-2020-3-119-125
2. Биохимические аспекты взаимодействия грибов и растений на примере фузариоза овса / И. Г. Лоскутов, Т. В. Шеленга, А. В. Конарев, В. И. Хорева, А. Л. Шаварда, Е. В. Блинова, А. А. Гнутиков // Сельскохозяйственная биология. 2019. Т. 54. № 3. С. 575–588. doi: 10.15389/agrobiology.2019.3.575rus
3. Chakraborty S., Newton A. C. Climate change, plant diseases and food security: an overview // Plant Pathology. 2011. Vol. 60. No. 1. P. 1–14. doi:10.1111/j.1365-3059.2010.02411.x
4. Пояркова Н. М., Сапарклычева С. Е. Физиологическая роль фенольных соединений // Аграрное образование и наука. 2019. № 4. 14 с. (электронный журнал).
5. Полесская О. Г. Растительная клетка и активные формы кислорода. М. : КДУ, 2007. 140 с.
6. ГОСТ Р 55488-2013 Прополис. Метод определения полифенолов (с поправкой).
7. Which polyphenolic compounds contribute to the total antioxidant activities of apple / R. Tsao, R. Yang, S. Xie, E. Sockovie, S. Khanizadeh // J. Agric. Food Chem. 2005. Vol. 53. No. 12. P. 4989–4995. doi: 10.1021/jf048289h
8. Алексеева Л. И., Болотник Е. В. Розмариновая кислота и антиоксидантная активность *Prunella grandiflora* и *Prunella vulgaris* (Lamiaceae) // Растительный мир Азиатской России. 2013. № 1(11). С. 121–125.
9. Лукаткин А. С. Вклад окислительного стресса в развитие холодового повреждения в листьях теплолюбивых растений. 1. Образование активированных форм кислорода при охлаждении растений // Физиология растений. 2002. Т. 49. С. 697–702.

## СЕКЦИЯ 4

# ЭКОЛОГИЯ ЖИВОТНЫХ И ИХ ЗНАЧЕНИЕ В ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

### РЕЗУЛЬТАТЫ ЛЕТНИХ УЧЕТОВ ОРНИТОФАУНЫ УСТЬЯ р. СТОЛБОВАЯ И НИЖНЕГО ТЕЧЕНИЯ ПОДКАМЕННОЙ ТУНГУСКИ

*В. А. Бабина<sup>1,2</sup>, О. В. Масленникова<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> *Вятская государственная сельскохозяйственная академия,*

<sup>2</sup> *Государственный заповедник «Нургуш»,  
svetlanka.babina@mail.ru, olgamaslen@yandex.ru*

В статье представлены результаты летних учетов орнитофауны в Эвенкийской части Центральносибирского заповедника и на сопредельных территориях в августе 2019 г. Маршрутные учеты, а также регистрация встреч отдельных видов проходила в лесных и прибрежных биотопах в окрестностях устья реки Столбовая. Кроме того проведено орнитологическое обследование нижнего течения реки Подкаменная Тунгуска.

Ключевые слова: орнитофауна, авиафауна, Центральносибирский заповедник, Столбовая, Подкаменная Тунгуска, Эвенкия.

Среднее течение Енисея и прилегающие территории Центральной Сибири в настоящее время достаточно хорошо изучены Е. Е. Сыроечковским, Э. В. Рогачёвой и их последователями [1]. Основные работы проводились в окрестностях стационара Мирный, орнитофауна остальных территорий исследовалась экспедиционным методом. Таким образом, Эвенкия не входила в число основных объектов исследований команды Сыроечковского, но, начиная с 1958 г., почти за 30-летний период было организовано 10 крупных экспедиций, при этом большая часть материалов опубликована только в 2008 г.

Кордон Столбовая Центральносибирского заповедника расположен на правом берегу Подкаменной Тунгуски в Приенисейско-подкаменнотунгуском среднетаежном орнитогеографическом участке Эвенкии. Срежнетаежные (приенисейские) смешанно-темнохвойные (лиственнично-елово-кедровые), довольно разнообразные леса низовий Подкаменной Тунгуски развиты здесь на слабо расчлененном рельефе. Характерно наличие небольших участков поймы, лугов и озер [1]. Данный участок является наиболее изученным районом Эвенкии из-за его близости к Енисею. Однако в последние годы орнитологические исследования проводились нерегулярно, поэтому изучение

местной орнитофауны имеет высокую значимость как для мониторинговых исследований и ведения летописей природы Центральносибирского заповедника, так и для понимания происходящих изменений на Енисейском пролетном пути.

Орнитологическое обследование проводилось с 7 по 20 августа 2019 г. на территории Государственного природного биосферного заповедника «Центральносибирский» и на 150-ти километровом участке нижнего течения Подкаменной Тунгуски (от кордона Столбовая до места впадения реки в Енисей). Проводилась визуальная и фотофиксация всех встреченных видов местной авиафауны, осуществлена регистрация околородных видов с моторной лодки. Кроме того были заложены маршрутные учеты в лесных и прибрежных биотопах.

В рамках орнитологического исследования было проведено 10 маршрутных пеших и водных учетов. Протяженность пройденных пеших маршрутов составила около 20 км и более 330 км по акватории Подкаменной Тунгуски, общее время наблюдений – около 30 часов. Основная часть наблюдений проводилась в период гнездования, летних послегнездовых кочевок и начала периода осенних миграций [2], пешие маршрутные учеты проходили в первой половине дня и в хорошую погоду, исследования околородной авиафауны проводились в светлое время суток.

Для орнитологического обследования территории использовались методика маршрутного учета без ограничения полосы обнаружения с расчетом плотности населения по средним дальностям обнаружения птиц [3] и методика наземных учетов водоплавающих птиц [4].

За более чем пятидесятилетний период исследований орнитофауны Эвенкии отмечено 196 видов птиц: 126 гнездящихся, 23 возможно гнездящихся, 28 пролётных и 19 залетных [1].

В результате орнитологического обследования в летний период нами было встречено 61 вид птиц, из 8 отрядов: гагарообразные (Gaviiformes), гусеобразные (Anseriformes), ржанкообразные (Charadriiformes), соколообразные (Falconiformes), курообразные (Galliformes), совообразные (Strigiformes), дятлообразные (Piciformes) и воробьинообразные (Passeriformes) (рис.).

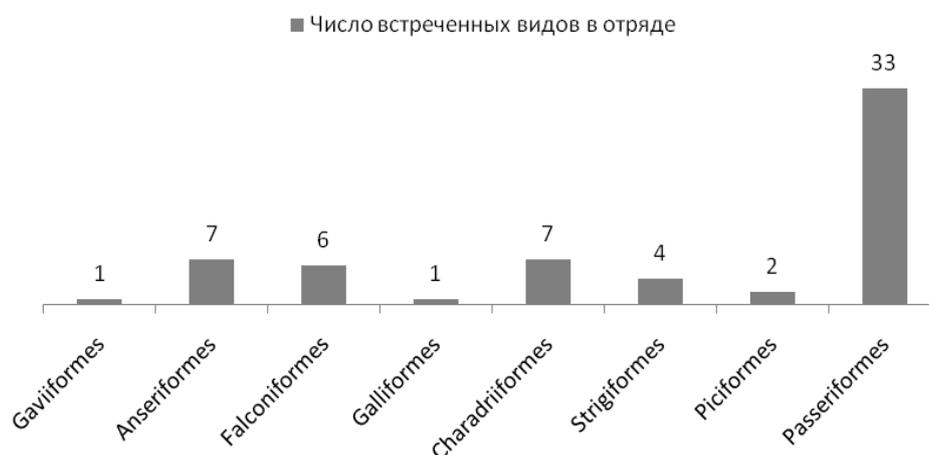


Рис. Распределение птиц по отрядам

В Красные книги Красноярского края и Российской Федерации занесено 5 зарегистрированных нами видов: орлан-белохвост (*Haliaeetus albicilla*), лебедь-кликун (*Cygnus cygnus*), сапсан (*Falco peregrinus*), кобчик (*Falco vespertinus*) и филин (*Bubo bubo*); к редким и уязвимым встреченным видам относятся чернозобая гагара (*Gavia arctica*), дербник (*Falco columbarius*) и пёстрый дрозд (*Zoothera dauma*) [5]. Почти все эти виды (кроме филина и дербника) неоднократно наблюдались как над самим кордоном Столбовая, так и над Подкаменной Тунгуской. Филин был услышан в вечернее время в конце августа.

Во время экспедиции были заложены и пройдены маршруты в наиболее типичных и доступных биотопах: побережье Подкаменной Тунгуски, хвойные леса разной степени увлажненности (сухие сосняки и бор с заболоченными участками) и уровнем перепада высот (50–250 м н.у.м.). Кроме того было проведено орнитологическое исследование участка вейниковой гари 2018 года.

На исследуемых участках побережья Подкаменной Тунгуски обилие птиц оказалось почти в два раза выше, чем в лесных биотопах – 30,2 и 14,7 особей/км соответственно. В луговых биотопах учёты не проводились (виды пойменного луга у кордона отнесены к прибрежному биотопу). На маршрутных учётах зарегистрировано две трети (40) видов из орнитофауны района устья реки Столбовая.

Доминантами на самом кордоне являлись малые мухоловки (*Ficedula parva*), на побережье – белая трясогузка (*Motacilla alba*). В лесных биотопах – буроголовая гаичка (*Parus montanus*) и кедровка (*Nucifraga caryocatactes*). Обычные виды места наблюдений – черный коршун (*Milvus migrans*), перевозчик (*Actitis hypoleucos*), малый зуёк (*Charadrius dubius*), ворон (*Corvus corax*), кедровка, обыкновенная чечевица (*Carpodacus erythrinus*), ополовник (*Aegithalos audatus*), тростниковая овсянка, пятнистый конёк (*Anthus hodgsoni*) и горная трясогузка (*Motacilla cinerea*). К редким по встречаемости видам птиц можно отнести азиатского бекаса (*Gallinago stenura*) (трупик обнаружен у кордона утром 11 августа 2019 г.), крякву (*Anas platyrhynchos*), длиннохвостую неясыть (*Strix uralensis*), соловья-свистуна (*Luscinia sibilans*).

11 августа 2019 г. над Подкаменной Тунгуской примерно в 15 км от границы заповедника ниже по течению встречена пара орланов-белохвостов с птенцом. На самом кордоне, а также в луговой прибрежной растительности часто наблюдались молодые птицы следующих видов: черноголовый чекан (*Saxicola rubicola*), сибирская (*Muscicapa sibirica*) и малая мухоловка (*Ficedula parva*), горная и белая трясогузка, обыкновенная чечевица.

15 августа 2019 г. за пределами заповедника на левом берегу Подкаменной Тунгуски, в пяти километрах ниже устья р. Сосновой, обследован участок вейниковой гари 2018 г. Целью этих исследований было определение видового разнообразия авиафауны и в дальнейшем мониторинг заселения данного биотопа после природного пожара.

При лесном пожаре древостой сильно пострадал, на период исследования живой надпочвенный покров был представлен рябиной (*Sorbus sibirica*), кустарниками малины (*Rubus idaeus*) и шиповника (*Rosa* sp.), а также вейником (*Calamagostis* sp.), брусникой (*Vaccinium vitis-idaea*), осокой (*Carex* sp.), иван-чаем (*Hamaenerion angustifolium*) и другими растениями-пионерами.

В результате наблюдений на вейниковой гари встречено только 24 птицы из 10 видов, в основном представители отряда воробьинообразные. Доминантами являлись буроголовая гаичка, большой пестрый дятел (*Dendrocopos major*) и чечевица. Столь небольшое число особей на значительных площадях легко объясняется отсутствием на гари естественных укрытий, изменением кормовой базы, а также ветхостью оставшегося древостоя.

Для сравнения, на гари 5–10-летней давности в начале июля встречалось 13 видов, но с большой плотностью населения птиц (доминанты – обыкновенный поползень (*Sitta europaea*), большой пестрый дятел, сибирская мухоловка (*Muscicapa sibirica*) и пятнистый конек (*Anthus hodgsoni*)), а на 30-ти летней гари в конце июля в окрестностях кордона Столбовая уже 23 вида с ещё большей плотностью и другими доминантами (большой пестрый дятел, буроголовая гаичка и чернозобый дрозд (*Turdus atrogularis*)) [6].

На Подкаменной Тунгуске с моторных лодок происходила регистрация водной и околоводной фауны. В акватории реки зарегистрировано 14 видов птиц из 5 отрядов. Суммарное обилие встреченных на Подкаменной Тунгуске птиц составило 0,9 особей/км. Наибольшее обилие у сизой чайки (*Larus canus*) – 0,38 особей/км. Из редких видов, занесенных в региональную и федеральную Красные книги и Приложение, отмечены чернозобая гагара, лебедь-кликун и орлан-белохвост. Чаще встречались: большой крохаль (*Mergus merganser*), обыкновенный гоголь (*Bucephala clangula*), сизая чайка и черный коршун.

Из видов, зарегистрированных на Подкаменной Тунгуске, только малый зуек встречен вне основных учётов, а при передвижении к другим учетным точкам. 20 августа во время маршрутных учётов были встречены такие представители утиных, как турпан (*Melanitta fusca*) и красноголовый нырок (*Aythya ferina*), ранее эти виды не наблюдались. Возможно, в этот период начался осенний пролёт водоплавающих птиц.

Отдельно на р. Подкаменная Тунгуска регистрировались выводки утиных. Всего в августе встречено 7 выводков больших крохалей со средним количеством утят – 10,4 и 6 выводков обыкновенных гоголей (среднее число утят в выводке – 6,2). Таким образом, количество утят в выводках большого крохала больше, чем у гоголя обыкновенного. Максимальное количество птенцов в одном выводке у больших крохалей зафиксировано 16 августа – 19 особей, у гоголей – 12 утят (25 августа). Возможно, в обоих случаях были встречены объединенные выводки. Птенцы других водоплавающих птиц на Подкаменной Тунгуске не встречены.

Сопоставляя полученные результаты среднему числу птенцов в выводках с данными летописи природы Центральносибирского заповедника

за 1989 г., можно сделать вывод об увеличении числа птенцов в выводках большого крохалея и гоголя обыкновенного [7]. Результаты учетов выводков в 2018 г. на р. Столбовая оказались сопоставимыми с нашими данными. Тогда среднее количество птенцов в выводках крохалея составило 9,1, а у гоголя – 6,2 [8].

Во время орнитологического обследования устья р. Столбовая и нижнего течения Подкаменной Тунгуски в августе 2019 года встречен 61 вид местной авиафауны из 8 отрядов, что составляет 31,12% всех видов Эвенкии. В Красные книги Красноярского края и Российской Федерации занесено 5 зарегистрированных видов, ещё 3 встреченных вида являются редкими и уязвимыми и включены в Приложение Красной книги Красноярского края. Наибольшее обилие птиц оказалось на побережье Подкаменной Тунгуски – 30,2 особи/км. Доминантами в разных биотопах являлись малая мухоловка, белая трясогузка, буроголовая гаичка, кедровка и сизая чайка. Орнитофауна гари достаточно скудна.

#### **Библиографический список**

1. Рогачёва Э. В., Сыроечковский Е. Е., Черников О. А. Птицы Эвенкии и сопредельных территорий. М. : Товарищество научных изданий КМК, 2008. 754 с.
2. Романов В. В., Мальцев И. В. Методы исследований экологии наземных позвоночных животных: количественные учеты : учеб. пособие. Владимир : Изд-во Владимир. гос. ун-та, 2005. 79 с.
3. Равкин Ю. С., Доброхотов Б. П. К методике учета птиц лесных ландшафтов во внегнездовое время // Организация и методы учета птиц и вредных грызунов. М., 1963. С. 130–136.
4. Simon Delany Guidance on waterbird monitoring methodology : Field Protocol for waterbird counting. Wetlands International, 2010. 25 p.
5. Красная книга Красноярского края. Красноярск, 2012. 2-е издание. 572 с.
6. Труды государственного заповедника «Центральносибирский» Красноярск, 2007. Выпуск 1. 308 с.
7. Летопись природы государственного заповедника «Центральносибирский». Книга № 2 (за 1989 г.). Архив ГПБЗ «Центральносибирский». 1990. 165 с.
8. Махнёва И. В., Кочкарёв П. В., Масленникова О. В. Учёты рыбоядных птиц в бассейне р. Столбовая Центральносибирского заповедника // Экология родного края: проблемы и пути их решения : материалы XIV Всерос. с междунар. участием науч.-практ. конф. Книга 2. Киров : ВятГУ, 2019. С. 330–333.

## **ОЦЕНКА ВОДНОЙ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ ПО СТАБИЛЬНОСТИ РАЗВИТИЯ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ РЫБ ПЕРМСКОГО КРАЯ**

*М. С. Бекетова, В. М. Рябов*  
Вятский государственный университет,  
*beketova\_mariya@icloud.com, ryapitschi@yandex.ru*

Показаны результаты исследования по оценке качества водной среды обитания некоторых водоемов Пермского края с использованием стабильности развития организмов с билатеральной симметрией. В качестве объектов

исследования использованы фоновые массовые виды бассейна р. Кама: речной окунь – *Perca fluviatilis* и обыкновенная уклейка – *Alburnus alburnus*.

Ключевые слова: флуктуирующая асимметрия, качество, среды обитания, загрязнение водоема, речной окунь – *Perca fluviatilis*, обыкновенная уклейка – *Alburnus alburnus*.

Территория Пермского края относится к числу регионов страны с высоким уровнем экологического риска и загрязнения отходами множества отраслей промышленности. Водная среда, как и любая другая, подвержена негативному воздействию многочисленных факторов, одним из таковых является сброс сточных вод, главным источником которого являются промышленные предприятия. Основными загрязнителями являются нефтепродукты, хлориды кальция, сульфаты, нитриты, нитраты, соли аммония, фосфаты, жиры и масла [1]. Загрязнение водоемов, а вследствие падение уловов рыбы в последние годы, приводит к необходимости тщательного анализа всех неблагоприятных факторов. Для изучения состояния природных популяций живых организмов, находящихся под воздействием комплекса естественных и антропогенных факторов, часто используется метод оценки стабильности развития по величине показателей флуктуирующей асимметрии морфологических признаков [2].

Пресноводные рыбы могут использоваться для интегральной экспресс оценки качества среды обитания по показателям ФА некоторых морфологических признаков. Они обладают определённой пластичностью, и способны приспосабливаться к меняющимся условиям окружающей среды [3].

Исследование качества водной среды обитания проводили на водоемах Пермского края в окрестностях г. Березники. В качестве объектов экологического мониторинга были выбраны: окунь обыкновенный – *Perca fluviatilis* и уклейка обыкновенная – *Alburnus alburnus*, которые являются фоновыми видами для изучаемых водоемов, а также обладают удобной для анализа системой морфологических признаков.

Сбор материала производили в течение 3 лет на реках: Кама, Яйва и Зырянка с 2018 по 2020 гг. Облов осуществлялся поплавочной удочкой. Всего было собрано 16 особей окуня обыкновенного на р. Яйва, 20 особей уклейки обыкновенной на р. Кама и 70 особей на р. Зырянка в возрасте 0+ (сеголетки).

Отбор биоматериала в р. Кама осуществляли в 200 м. от моста соединяющих города Березники и Соликамск; в р. Зырянка лов производили на транспортном канале около речного порта «Березники»; а в р. Яйва в 100 м от п. Легино.

Для оценки показателей флуктуирующей асимметрии использовали следующие меристические признаки: число лучей в грудных плавниках, число лучей в брюшных плавниках, число жаберных тычинок на 1 жаберной дуге, число чешуи на боковой линии и число чешуи прободенных сенсорными канальцами [4].

Результаты исследования качества среды на выбранных водоемах, в пределах окрестностей города Березники, с использованием показателей стабильности развития речного окуня и уклейки обыкновенной показаны в таблице.

*Таблица*

**Показатели частоты асимметричного проявления на признак (ЧАПП) и среднее число асимметричных признаков в исследуемых точках отбора проб**

Вид	Точка сбора								
	Точка № 1 р. Кама			Точка № 2 р. Зырянка			Точка № 3 р. Яйва		
	А	ЧАПП, А/n	К	А	ЧАПП, А/n	К	А	ЧАПП, А/n	К
Окунь обыкновенный	–	–	–	–	–	–	1,5	0,3	5
Уклея обыкновенная	2,2	0,55	4	1,86	0,464	4	–	–	–

Анализ качества вод и их бальная оценка показали, что уклейка на р. Кама и р. Зырянка имеют высокий уровень отклонений, что соответствует 5 классу качества воды – грязно и очень грязно. Такое значение показателя в данных водоемах может быть связано с антропогенным загрязнением.

Существенный вклад в загрязнение р. Зырянка внес транспортный канал, на котором очень развито судоходство, также он является излюбленным местом отдыха в летний период. Также на частоту проявления асимметричных признаков у исследуемой уклейки в р. Кама может влиять ряд факторов: близлежащие автомобильный мост, со значительным потоком транспортных средств, развитое судоходство, засорения берегов твердыми бытовыми отходами, места отдыха, промышленные предприятия и т. д. На р. Яйва вода характеризуется, как относительно чистая, что может объясняться удаленностью данного водоема от города.

Сравнивая полученные результаты, все исследуемые точки можно классифицировать следующим образом: точка критического значения на р. Кама – где максимальные значения показателя флуктуирующей асимметрии у уклейки обыкновенной достигло 0,55 соответственно – это участок реки в районе автомобильного моста. Точка загрязнения на р. Зырянка – с показателями асимметрии у уклейки обыкновенной 0,46 говорит о загрязненности участка реки в районе транспортного канала. Точка относительной чистоты на р. Яйва, где показатели стабильности развития морфологических структур у обыкновенного окуня 0,3 – участок реки в районе п. Легино.

**Библиографический список**

1. Захаров В. М. Асимметрия животных. М. : Наука, 1987. 216с.
2. Здоровье среды: методика оценки / В. М. Захаров, А. С. Баранов, В. И. Борисов, А. В. Валецкий, Н. Г. Княжева, Е. К. Чистякова, А. Т. Чубинишвили. М. : Центр экологической политики России, 2000. 68 с.
3. Рыжавский Г. Я. По Каме и её притокам. М., 1986. С. 240.

4. Оценка стабильности развития живых организмов по уровню асимметрии морфологических структур : методические рекомендации по выполнению оценки качества среды по состоянию живых существ. М. : Министерство природных ресурсов Российской Федерации. Государственная служба охраны окружающей среды (Росэкология), 2003. 25 с.

## **ВИДОВАЯ СТРУКТУРА ФАУНЫ МИКРОМАМАЛИЙ ЗАПОВЕДНИКА «ЦЕНТРАЛЬНОСИБИРСКИЙ» И СОПРЕДЕЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЙ**

*Г. А. Борняков<sup>1,2</sup>, О. В. Масленникова<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> *Вятская государственная сельскохозяйственная академия,*

<sup>2</sup> *Государственный природный заповедник «Нургуш»,  
grishab9999@mail.ru, olgamaslen@yandex.ru*

В статье представлена видовая структура мелких млекопитающих «Центральносибирского» заповедника и сопредельных территорий в полевой сезон 2019 года. Перечислены все добытые виды и дана краткая характеристика по встречаемости каждого вида, а также его половая структура и индекс обилия.

Ключевые слова: заповедник «Центральносибирский», видовой состав, микромаммалии, грызуны, насекомоядные.

Мелкие млекопитающие – являются важным компонентом экосистем. Поскольку многим мелким млекопитающим свойственны резкие сезонные и годовые колебания численности, для достоверных исследований различных популяционных процессов необходим постоянный мониторинг их численности и видовой структуры. Постоянный учёт микромаммалий позволяет получить информацию о численности грызунов и даёт возможность прогнозировать эпизоотические вспышки различных инфекционных заболеваний, поскольку, как правило, эпизоотии возникают только при определённом уровне численности грызунов и насекомоядных. Также на основе результатов исследований мелких млекопитающих возможно прогнозирование численности различных хищных животных, чьим пищевым объектом являются микромаммалии [1].

Исследования осуществлялись с 26 июня по 29 августа 2019 г. в Красноярском крае на территории Государственного природного биосферного заповедника «Центральносибирский» и сопредельных территорий. В заповеднике учёты проводились на территориях 3-х кордонов: Комса, Лебедь и Столбовая. Также была обследована сопредельная заповеднику территория в 20 км от кордона Столбовая по р. Подкаменная Тунгуска (на 130 км) где в 2018 г. произошёл низовой пожар.

В результате исследований было использовано 2 методики отлова мелких млекопитающих: методика отлова мелких млекопитающих ловушко-линиями [2, 3] и методика отлова цилиндрами с помощью ловчих канавок

[3, 4]. У пойманных зверьков определялся вес, снимались морфометрические показатели (длина тела, хвоста, ступни, высота уха) и проводилось вскрытие с целью определения пола.

В результате учета мелких млекопитающих в 2019 г. было добыто 120 зверьков и выявлено 10 видов. Пойманные зверьки относились к двум отрядам: насекомоядные (*Eulipotyphla*) и грызуны (*Rodentia*). Насекомоядных было отловлено 63 зверька, принадлежащих к 6 видам (рис. 1).

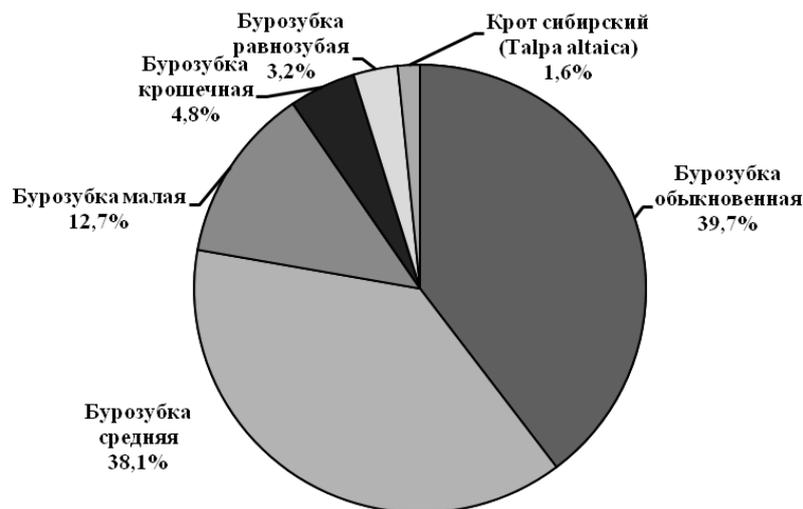


Рис. 1. Видовая структура насекомоядных Центральносибирского заповедника в 2019 г.

В соответствии с рисунком видно, что доминирующим видом среди насекомоядных является бурозубка обыкновенная с долей особей 39,7%, субдоминантами являются: бурозубка средняя (38,1%) и бурозубка малая (12,7%). Остальные виды немногочисленны.

Бурозубка обыкновенная (*Sorex araneus*). Многочисленный, доминирующий вид среди насекомоядных на исследуемой территории, второй по количеству отловленных экземпляров среди всех мелких млекопитающих. Данный вид не регистрировался только на месте низового пожара. На всех территориях, где встречалась бурозубка обыкновенная, она являлась доминирующим или субдоминирующим видом. Всего было отловлено 25 особей этого вида. В половой структуре наблюдается незначительное преобладание самок: 12 самок (52,2%) и 11 самцов (47,8%), у двух особей в связи с сильными повреждениями определить половую принадлежность не удалось. Обилие вида составляет 5,9 особей на 100 ловушкосуток (л. с.).

Бурозубка средняя (*Sorex caecutiens*). Субдоминантный вид среди насекомоядных и среди всех микромаммалий, доминирующий вид в окрестностях кордона «Лебедь» и «Столбовая». Встречалась на территории всех кордонов заповедника. Всего было отловлено 24 особи средней бурозубки. В половой структуре преобладают самки: 11 самок и 8 самцов (57,9% и 42,1% соответственно). Обилие вида составляет 5,6 особей на 100 л. с.

Бурозубка малая (*Sorex minutus*). Является субдоминантным видом среди насекомоядных. Всего было отловлено 8 особей данного вида. Встречалась на всех участках самого заповедника. В половой структуре в 2 раза преобладают самцы (4 самца и 2 самки). Обилие вида составляет 1,8 особей на 100 л. с.

Бурозубка крошечная (*Sorex minutissimus*). Встречалась только на кордоне «Лебедь» и «Столбовая». Всего было отловлено 3 особи. Все добытые особи были самками. Обилие вида составляет 0,7 особей на 100 л. с.

Бурозубка равнозубая (*Sorex isodon*). Встречалась только на кордоне «Столбовая». Было отловлено 2 особи. Половое соотношение самцов и самок равное. Обилие вида составляет 0,5 особей на 100 л. с.

Крот сибирский (*Talpa altaica*). Был отловлен лишь один самец на кордоне «Комса». Обилие вида составляет 0,2 особей на 100 л. с.

Грызунов во время исследования отловлено 57 экземпляров, они представлены 4 видами (рис. 2).

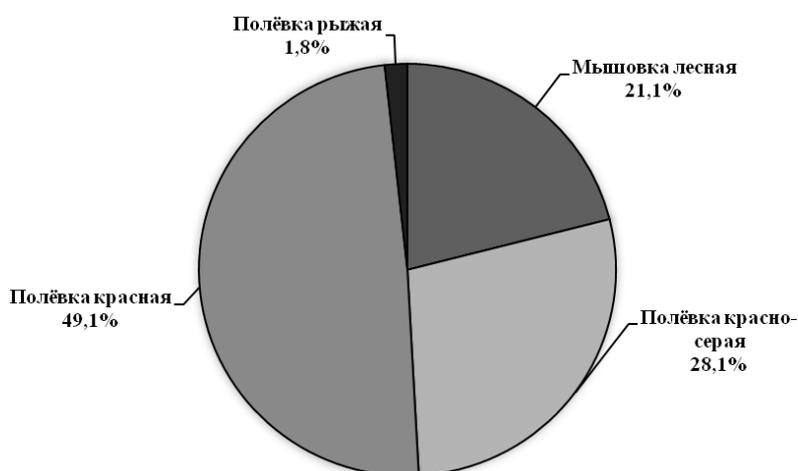


Рис. 2. Видовая структура грызунов Центральносибирского заповедника в 2019 г.

Доминирующим видом грызунов по результатам учетов является полевка красная (49,1%), субдоминантными видами являются полевка красно-серая (28,1%) и мышовка лесная (21,1%).

Мышовка лесная (*Sicita betulina*). Субдоминантный вид. Встречалась на всей территории самого заповедника. Всего было отловлено 12 особей. В отловах преобладали самки. Их численность в уловах в 3 раза была выше, чем самцов, что свидетельствует о восстановлении популяции. В учетах последних лет (2015–2018 гг.) не была зарегистрирована. Обилие вида составляет 2,8 особей на 100 л. с.

Полевка красно-серая (*Cletrionomys rufocanus*). Субдоминантный вид, является вторым среди всех грызунов по количеству пойманных особей. Красно-серая полевка встречалась на всех территориях кроме кордона «Лебедь». Всего отловлено 16 особей. По половой структуре преобладают самцы: 10 самцов на 6 самок. Обилие вида составляет 3,8 особей на 100 л. с.

Полевка красная (*Cletrionomys rutilus*). Доминантный вид на всей исследуемой территории. Особи данного вида были отловлены на всех участках проведения исследования. Всего было отловлено 28 красных полёвок. Поймано 16 самцов и 12 самок, преобладание самцов на 14,2%. Обилие вида составляет 6,6 особей на 100 л. с.

Полёвка рыжая (*Cletrionomys glareolus*). Был отловлен только один самец данного вида на кордоне «Столбовая». Обилие вида составляет 0,2 особи на 100 л. с.

Таким образом, в результате исследований было добыто 120 зверьков, принадлежащих к 2 отрядам: насекомоядные (63 особи) и грызуны (57 особей). Насекомоядные представлены 6 видами. Доминирующим видом среди насекомоядных является бурозубка обыкновенная с долей особей 39,7%, субдоминантами являются: бурозубка средняя (38,1%) и бурозубка малая (12,7%). Доминирующим видом грызунов по результатам учетов является полевка красная (49,1%), субдоминантными видами являются полевка красно-серая (28,1%) и мышовка лесная (21,1%).

#### **Библиографический список**

1. Карасева Е. В., Телицына А. Ю., Жигальских О. А. Методы изучения грызунов в полевых условиях. М. : Изд-во ЛКИ, 2008. 416 с.
2. Кучерук В. В. Новое в методах количественного учета вредных насекомоядных и грызунов // Организация и методы учета вредных грызунов и птиц. М. : Изд-во АН СССР, 1963. С. 160–188.
3. Тимошкина О. А. Методы полевых исследований мелких млекопитающих: методические указания. Красноярск : Краснояр. гос. аграр. ун-т, 2012. 20 с.
4. Попов В. А. Методика и результаты учета мелких лесных млекопитающих в Татарской АССР // Труды Общества естествоиспытателей при Казанском государственном университете. 1945. Т. 57 (1–2). С. 133–147.

### **ПОВРЕЖДАЕМОСТЬ ЛИСТЬЕВ ИНТРОДУЦИРОВАННЫХ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ ВРЕДИТЕЛЯМИ И БОЛЕЗНЯМИ В ПАРКОВЫХ НАСАЖДЕНИЯХ г. КИРОВА**

**В. В. Зиновьев<sup>1</sup>, С. В. Пестов<sup>1,2</sup>, М. Р. Герасимова<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Вятский государственный университет,  
vladislavzinovjev@yandex.ru

<sup>2</sup> Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,  
atylotus@mail.ru

В статье показаны результаты исследования повреждений листвы интродуцированных видов древесных растений в г. Кирове. Определены закономерности количественных показателей. Проведены сравнения с подобными исследованиями на других географических участках. Результаты нашей работы подтверждают мнение о том, что комплекс аборигенных вредителей древесных растений недостаточно сформирован.

Ключевые слова: интродуцированные виды, интродукция, вредители растений, энтомофаги, аборигенные виды, повреждение листвы.

В городской среде зеленые насаждения играют важную роль в поддержании санитарно-гигиенических норм. Также насаждения формируют рекреационные ресурсы для поддержания психофизиологических функций горожан. Инвазионные виды древесных растений воздействуют на аборигенную флору различными путями. Известно что, интродукция древесных растений (намеренная или случайная) может привести к тому что, вредители и возбудители болезней древесных продуцентов, изменяют свою численность, видовой состав и пространственное распределение [1]. К тому же, некоторыми авторами отмечено, что для интродукции новых неспецифичных видов растений способствует отсутствие на вновь заселяемых территориях комплекса организмов, которые могут повреждать растения. Таким образом, при отсутствии давления со стороны паразитов и хищников, инвазионные виды растений получают преимущество в конкурентной борьбе с аборигенными видами, которые занимают общую с интродуцентами экологическую нишу [2].

Также с процессом интродукции новых видов растений может происходить интродукция вредителей, которые обитают на растениях – хозяевах, и, следовательно, перемещаются с ним в новую среду обитания. По аналогии с растениями и другие организмы могут встраиваться в естественные биогеоценозы и вызывать в них негативные последствия, как для аборигенных видов, так и для людей, проживающих на данной территории [3]. Стоит добавить, что техногенная нагрузка может привести к негативным последствиям как и для растения, так и для паразитов, обитающих на растении.

Видовой состав интродуцированных древесных растений их биология, экология, повреждаемость различными видами вредителей были изучены в Архангельской области [4], Санкт-Петербурге [5], Республике Коми [1], на Южном Урале [2] и других регионах России.

Цель исследования – получение данных о повреждаемости листвы интродуцированных видов древесных растений на урбанизированной территории города Киров.

Сбор материал проводился в соответствии с ранее принятой методикой [6]. Каждая выборка состояла из 100 листьев (по 10 листьев с 10 деревьев). Период сбора биоматериала был июль – сентябрь 2020 года. Местом сбора материала были селитебные, рекреационные и промышленные районы г. Киров (дендрологический парк лесоводов Кировской области, парк Аполло, парк Победы, парк имени С. М. Кирова, Александровский сад, сквер имени 60-летия СССР, парк имени Ю. А. Гагарина). Для изучения выбирались только те виды растений, которые являются интродуцированными, произрастают повсеместно на всей территории города и количество деревьев является достаточным для исследования по выбранной методике. В общей сложности, изучено около одной тысячи листьев каждого вида растения.

В ходе исследования было выбрано для сравнительного анализа шесть видов деревьев и кустарников, которые были подвержены 15 типам вредителей, болезней и других патологий (табл.). Повреждение вредителями и болезнями растений варьировались в различных пределах. Наиболее повреждаемыми породами деревьев являлись карагана, боярышник обыкновенный и тополь бальзамический. Наименее повреждаемым был тополь серебристый. Самой массовой группой повреждений являлись пятнистости. Единично встречались повреждения, вызванные жесткокрылыми минерами, минирующими мушками. Также единично встречались ржавчины (вызванные паразитическими грибами), и свертывание листьев. Грызущие вредители стали единственными, которые повреждали все виды растений. Повреждения, вызванные галловыми клещиками, обнаружены не были.

Таблица

**Средняя повреждаемость листьев интродуцированных растений (%)  
в г. Кирове на период июля – сентября 2020 г.**

Группа повреждений	Ирга	Карагана	Клен американский	Боярышник обыкновенный	Тополь бальзамический	Тополь серебристый
Повреждения насекомыми						
Галловые тли	–	–	–	3,5	1,0	–
Чешуекрылые минеры	1,0	13,0	–	20,5	25,0	56,0
Жесткокрылые минеры	–	–	–	–	1,0	–
Минирующие мушки	3,0	–	–	–	–	–
Грубое объедание	1,0	–	–	–	–	–
Краевые погрызы	13,0	26,0	12,7	26,0	8,0	–
Скелетирование	1,0	–	5,0	–	56,0	–
Дырчатые погрызы	10,0	5,0	17,3	10,0	15,0	2,0
Свертывание листа	–	–	–	–	1,0	–
Сосущие насекомые	–	100,0	8,7	11,5	–	–
Повреждение микозами						
Пятнистости	38,0	7,0	5,0	81,0	97,0	–
Ржавчина	–	–	0,3	–	–	–
Мучнистая роса	–	92,5	38,3	–	–	–
Небиологические поражения						
Хлорозы	3,0	–	1,3	28,5	1,0	–
Некрозы	2,0	0,5	4,7	1,0	2,0	–

Сравнивая полученные нами данными с исследованиями, которые были проведены на интродуцированных породах деревьев в г. Сыктывкаре в 2007–2009 гг. (территории, которая географически наиболее близка к району исследования) [1], то можно отметить следующие закономерности и различия. Как и в Кирове, так и в Сыктывкаре среди членистоногих вредителей преобладающими являлись сосущие насекомые. Также грызущие вредители являлись единственными, которые повреждали все исследуемые виды растений. Стоит отметить, что такие повреждения как пятнистости в Кирове являлись самыми массовыми, в отличие от Сыктывкара. К тому же, в Сыктывкаре

были выявлены повреждения галловыми клещиками, чего нельзя сказать о наших исследованиях, однако количество повреждений чешуекрылыми минерами на территории г. Кирова было значительно выше, чем на территории г. Сыктывкара.

В ходе исследования было выявлено 15 типов повреждений, которые повреждали листья 6 видов древесных растений. Самыми массовыми повреждениями являлись те, которые были вызваны патогенными грибами или вирусами. Среди членистоногих вредителей наиболее многочисленными являлись сосущие насекомые. Членистоногие вызывающие погрызы листьев, были единственными вредителями, которые повреждали все группы древесных растений. Наиболее сильно повреждаемым растением являлась карагана, а наименее повреждаемым был тополь серебристый. Различные виды растений повреждаются комплексом вредителей и болезней с разной интенсивностью. Данное явление может говорить о том, что аборигенные комплексы энтомофагов и болезней, еще не адаптировались ко всем потенциально возможным источникам пищевых ресурсов в равной степени, что подтверждает мнение о том, что комплекс паразитирующих организмов действующих на интродуцентов не сформирован в должной степени, тем самым, отсутствие этого комплекса позволяет интродуцентам находится в конкурентном преимуществе по сравнению с аборигенными видами.

*Работа выполнена в рамках государственного задания Института биологии Коми НЦ УрО РАН по теме «Оценка и прогноз отсроченного техногенного воздействия на природные и трансформированные экосистемы подзоны южной тайги» № 0414-2018-0003.*

#### **Библиографический список**

1. Мингалева Н. А., Пестов С. В., Загирова С. В. Жизненное состояние и биоповреждение листьев интродуцированных деревьев и кустарников в зеленых насаждениях города Сыктывкара // Лесной журнал. 2012. № 4. С 25–32.
2. Поврежденность филофагами листьев инвазионного *Acer Negundo* и аборигенных *Betula Pendula* и *Salix Caprea* / Д. В. Веселкин, Н. Б. Куянцев, О. Е. Чащина, А. Г. Мумбер, Н. А. Замшина, Д. А. Молчанова // Экология. 2019. № 6. С 403–409.
3. Ижевский С. С. Инвазия чужеземных насекомых – угроза экологической и экономической безопасности России // АгроXXI. 2008. № 4–6. С. 34–36.
4. Ежов О. Н. Вредители и болезни городских зеленых насаждений Архангельского промышленного узла // Лесной журнал. 2008. № 3. С. 45–50.
5. Мусолин Д. Л. Членистоногие-филофаги Ленинграда и Ленинградской области // Экология и защита леса. Л., 1989. С. 74–76.
6. Пестов С. В. Мониторинг фитопатологического состояния листьев деревьев и кустарников // Биоиндикаторы и биотестсистемы в оценке окружающей среды техногенных территорий / под общ. ред. Т. Я. Ашихминой, Н. М. Алалыкиной. Киров : О-Краткое, 2008. С. 228–241.

## СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА В ПИТАНИИ СТЕРЛЯДИ (*ACIPENSER RUTHENU*, 1758) СРЕДНЕГО ТЕЧЕНИЯ р. ВЯТКИ

К. А. Култышева, Л. А. Букина  
ФГБОУ ВО «Вятская ГСХА»,  
ksushakult@mail.ru, l.bukina5@gmail.com

В статье приводятся сведения об особенностях питания стерляди в среднем течении реки Вятка. Охарактеризованы основные и второстепенные группы кормовых объектов питания данного вида осетровых. Установлено преобладание в питании личинок ручейников и хирономид двух видов.

Ключевые слова: стерлядь, *Acipenser ruthenus*, осетровые, питание, хирономиды, мотыльки, ручейники, Вятка.

Стерлядь (*Acipenser ruthenus*) – самый мелкий представитель семейства осетровых рыб. Промысловая ценность вида обуславливает необходимость решения вопроса о восстановлении численности или об интродукции стерляди в новые места обитания. Для решения подобных задач очень важно знать биологию вида, его образ жизни, особенности питания и размножения. На данный момент степень изученности кормового рациона стерляди в р. Вятке недостаточна. В связи с этим изучение вопросов питания вида в настоящее время остается актуальным.

Целью настоящей работы явилось изучение спектра кормового рациона стерляди и его динамика по сезонам года.

Материал для исследования собран от стерляди, которая была безвозмездно изъята органами рыбоохраны Росрыболовства у граждан, осуществлявших рыболовство запрещенными орудиями и способами ее добычи.

Сбор ихтиологического материала проводился с мая 2017 по август 2019 гг. в среднем течении р. Вятки в четырех районах Кировской области: Юрьянском, Орловском, Советском и Уржумском, на участках реки Вятки от 265 до 665 км главного судового хода.

Объектом исследования являются кормовые объекты в питании стерляди. Всего обработано 88 экземпляров рыб, из них 40 экземпляров составили самки, 28 экземпляров самцы, ювенильных особей насчитывалось 20 рыб. Исследовано 32 полных желудка.

Полный биологический анализ состоял из подробного рассмотрения 36 пластических и 6 меристических признаков по методике И. Ф. Правдина [1] у 88 экземпляров стерляди. Содержимое желудочно-кишечного тракта исследовали по Е. В. Боруцкому и др. [2]. Систематическую принадлежность кормовых объектов устанавливали по определительным таблицам [3]. Для определения личинок хирономид и мотыльков использовалась методика кариологического исследования [4]. Определение возраста у стерляди проводили по шлифам спилов маргинальных лучей грудных плавников [5]. Срез плавников

производился при помощи мини дрель гравера «Вихрь» Г-160 ГВ. Всего в ходе исследования было изготовлено более 1000 срезов. Определена стадия зрелости половых продуктов на основе универсальных шести балльных шкал [6]. Оборудование, которое использовалось в работе: стереоскопический микроскоп МБС-1, микроскоп Микромед С-11 (увеличение 4,7-12,5<sup>x</sup>), фотонасадка камеры марки DCM 510, весы лабораторные марки Cas-MW-1200. Статистическая обработка проводилась с использованием вариационно-статистических методов Excel.

Морфометрические исследования стерляди позволили выявить вариацию размерно – линейных показателей от 26,4 см до 45 см (табл. 1). Масса тела рыб колебалась от 55,1 г до 388 г. Большинство рыб 65,5% оказались возраста четырехлеток (3+) и пятилеток (4+). По одному экземпляру рыб оказалось при минимальном возрасте в 2 года и максимальном – 8 лет.

Таблица 1

**Линейный и весовой рост стерляди среднего течения р. Вятки**

Статистические параметры	Возраст, лет					
	3+	4+	5+	6+	7+	8+
Длина, см						
M±m	33,8±8,4	33,9±6,9	35,7±17,9	39,5±15,3	42,7±21,5	44,9±0,0
Cv,%	35,6	30,6	35,9	25,9	30,4	0,0
min–max	26,4–30,3	29,2–41,2	30,5–39,1	36,5–41,8	40,8–45,0	44,9
Вес, г						
M±m	141,3±8,2	154,7±14,3	166,4±24,1	289±22,73	266,9±61,6	388,3±0
Cv,%	17,3	62,6	48,7,2	22,7	87,1	0,0
min–max	55,1–290,0	75,4–302	93,6–196,7	244–316	205–328,5	388

Встречаемость наполнения желудка составляет 36,4%.

Проведенные исследования по изучению кормового рациона стерляди выявили доминирующее значение в спектре питания следующие отряды трех систематических групп: ручейники (58,8%), двукрылые (32,5%) и поденки (3%). При этом в желудках встречались виды беспозвоночных организмов, которых не удалось отнести ни к какому вышеперечисленному отряду насекомых. Это зависело, главным образом, от состояния исследуемых проб, которые оказались достаточно в плохом качестве для последующего определения видов. Неопределенные объекты питания составили 5,7% (рис. 1).

Из представителей данных отрядов удалось определить пять видов с точностью до вида: ручейники гидропсихе (*Hydropsyche ornatula*), триенодес (*Triaenodes bicolor*), лептоцерус (*Leptocerus aterrimus*); хирономиды *Chironomus plumosus* и *Cricotopus algarum*; два вида только до подсемейств Ceratopogoninae и Dasyheleinae; один вид до рода Поденки (*Thienemanniella*) (рис. 2).

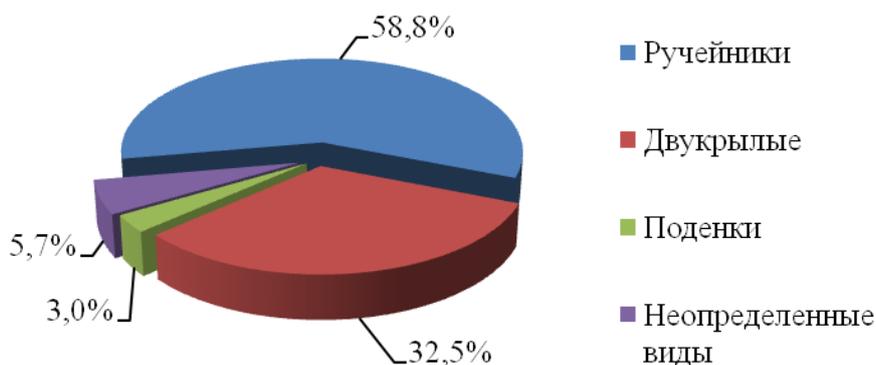


Рис. 1. Соотношение систематических групп в пищевом рационе стерляди

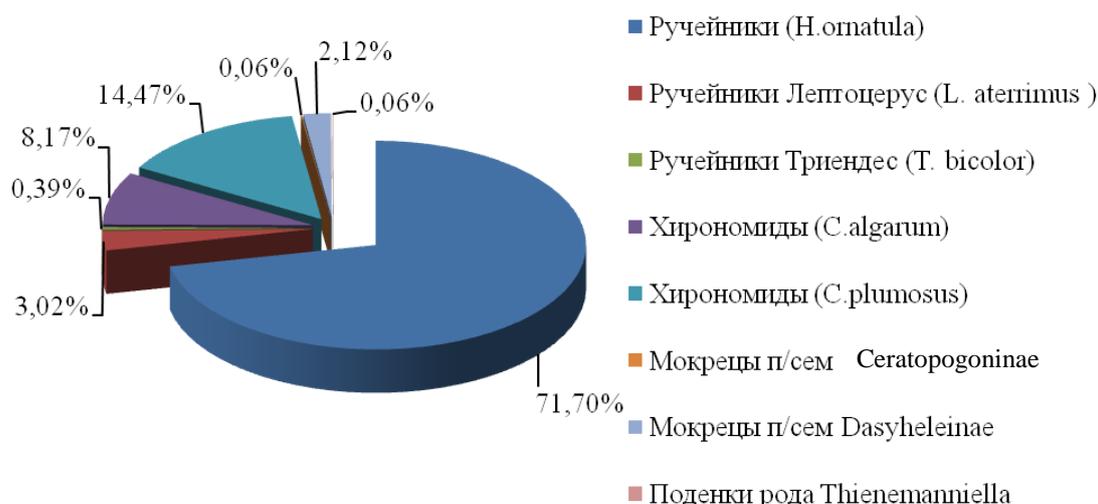


Рис. 2. Соотношение кормовых объектов в пищевом рационе стерляди

Среди личинок ручейников, как по численности, так и по биомассе преобладал вид гидропсихе (*H. ornatula*). Кроме этого обнаружены пустые домики ручейников триенодес (0,4%) и лептоцерус (3%). В большинстве случаев личинки ручейников являются олигосапробами и служат показателями чистоты воды [7]. Они весьма требовательны к этому показателю, поэтому могут служить хорошими биоиндикаторами качества воды. В связи с этим, можно сделать вывод о достаточно хорошем и пригодном для использования качестве воды в р. Вятке.

Среди личинок хирономид, как по численности так и по биомассе преобладали личинки хирономид *Chironomus plumosus* (14,5%), вторыми по численности были личинки хирономид вида *Cricotopus algarum* (8,2%). Хирономиды вносят большой вклад в продуктивность естественных водоемов, играя при этом важную роль в процессах деструкции растительной пищи, приводящие к процессу самоочищения водоема.

Единично встречались мокрецы (*Heleidae*) двух подсемейств – (*Ceratopogoninae*) (0,06%) и *Dasyheleinae* (2,12%). Единично встречались куколки поденок рода *Thienemanniella* (0,06%).

Высокие индексы наполнения желудков приурочены к осеннему и летнему периоду года (табл. 2). На протяжении всего периода исследований в рационе стерляди доминировали личинки ручейников. На втором месте стоят личинки двукрылых, которые доминировали в рационе стерляди в осенний период (66,7%).

Таблица 2

**Сезонная динамика встречаемости кормовых объектов  
в пищевом рационе стерляди (в %)**

Сезон года	Исследовано желудков (в %)	Объекты питания (в %)		
		Ручейники	Двукрылые	Поденки
Весна	13,3	100	50,0	0,0
Лето	40,4	89,5	47,4	5,3
Осень	60,0	88,9	66,7	0,0
Зима	18,2	50,0	50,0	0,0
Итого:	36,4	87,5	53,1	3,1

При исследовании изменчивости пищевого рациона по возрастным группам, было отмечено преобладание в питании почти всех возрастов личинок ручейников и хирономид, их соотношение меняется в зависимости от возраста рыбы. Значимых отличий по спектру пищевых организмов в зависимости от размерно-весовых параметров стерляди не выявлено.

Выводы: 1. Морфометрические исследования позволили выявить вариацию следующих показателей: размерно-линейных от  $26,4 \pm 12,3$  до  $45,0 \pm 23,5$  см и весовых от  $55,1 \pm 12,3$  г до  $388,3 \pm 0,0$  г. Возрастной состав стерляди представлен особями в возрасте от 3+ до 8+ лет. Преобладающей возрастной группой являются особи возрастом 3+ и 4+ (65,5%).

2. Спектр пищевых компонентов включает 3 систематические категории: ручейники (58,8%), двукрылые (32,5%) и поденки (3%). Неопределенные кормовые объекты в рационе стерляди составили 5,7%. Доминирующими объектами питания являются – *H. ornatula*, *C. plumosus* и *C. algarum*.

3. Высокие индексы наполнения желудков приурочены к осеннему (60%) и летнему периоду года (40,4%). Большое значение в питании играют личинки ручейников и двукрылых. Личинки ручейников и хирономид, выступая в качестве биоиндикаторов, могут свидетельствовать о состоянии поверхностных вод в местах вылова стерляди в среднем течении р. Вятки.

**Библиографический список**

1. Правдин И. Ф. Руководство по изучению рыб. 3-е изд., перераб. и доп. Ленинград : Ленинградский государственный университет, 1966. 245 с.
2. Руководство по изучению питания рыб в естественных условиях / Е. В. Боруцкий, А. В. Ассман, М. В. Желтенкова, А. Ф. Карпевич, Е. Н. Бокова, К. Р. Фортунатова, Л. А. Чаянова. М. : Изд-во АН СССР, 1961. 262 с.
3. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. 1994–2004. Т. 1–6. СПб. : ЗИН РАН, 396 с., 632 с., 444 с., 1000 с., 836 с., 528 с.

4. Голыгина В. В., Ермолаева О. В., Брошков А. Д. Хирономиды – модельный объект карио-логических исследований : методическое пособие. Новосибирск : Новосибирский государственный университет, 2013. 46 с.

5. Чугунова Н. И. Руководство по изучению возраста и роста рыб. М. ; Изд-во АН СССР, 1959. 164 с.

6. Сакун О. Ф., Буцкая Н. А. Определение стадий зрелости и изучение половых циклов рыб. Мурманск : ПИНРО, 1968. 47 с.

7. Качалова О. Л. Ручейники (Trichoptera). Определитель насекомых европейской части СССР. Т. 4. Ч. 6. Л. : Наука, 1987. 200 с.

## **МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА АРАЛЬСКОЙ ПЛОТВЫ (*RUTILUS RUTILUS ARALENSIS*) ИЗ оз. ТУЗКАН АЙДАР-АРНАСАЙСКОЙ СИСТЕМЫ ОЗЕР УЗБЕКИСТАНА**

**С. М. Намозов**

*Институт зоологии Академии наук Республики Узбекистан,  
sirojiddin.namozov.90@mail.ru*

Изучена морфологическая характеристика аральской плотвы (*Rutilus rutilus aralensis*) из оз. Тузкан Айдар-Арнасайской системы озер. Проанализированы масса тела, 19 морфометрических признаков, 5 меристических признаков у 79 особей плотвы, отловленных в январе-феврале 2020 г. на оз. Тузкан Айдар-Арнасайской системы озер. Методами статистического анализа рассчитаны основные выборочные показатели: средние арифметические значения; выборочные ошибки.

Ключевые слова: аральская плотва, морфометрические признаки, меристические признаки, статистический анализ.

Айдар-Арнасайская система озер (ААСО), площадь которой составляет около 350 тыс. га является крупнейшим рыбохозяйственным водоёмом республики Узбекистан. Аральская плотва – *Rutilus rutilus aralensis* Berg 1916 основная промысловая рыба в водоеме. Эта небольшая рыба составляет самый многочисленный вид рыб, и часто представляет собой основную биомассу всей ихтиофауны водоема. Однако, в связи с малыми размерами и коротким жизненным циклом, плотва относится к числу малоценных рыб, хотя и составляет значительную часть уловов. По этим причинам, а также по тому значению, какое плотва имеет в наших естественных водоемах, она заслуживает гораздо большего внимания, чем многие другие, более ценные рыбы.

Представляется актуальным дать характеристику морфометрических показателей аральской плотвы (*Rutilus rutilus aralensis* Berg, 1916) из оз. Тузкан ААСО, что и явилось целью данной работы

Материалом для работы послужили выборки рыб, отловленных в оз. Тузкан ААСО в январе-феврале 2020 гг.

Отлов рыб производили сетями, ячейками 30 мм. С 25 января по 8 февраля 2020 г. отловлено 79 экземпляров плотвы (n). У отловленных рыб на аналитических весах с точностью до 5 мг определяли массу тела; штангенциркулем с точностью до 0,02 мм измеряли 19 морфометрических признаков (рис.) [1]. По каждому признаку рассчитывали основные выборочные показатели: среднее арифметическое значение ( $\bar{x}$ ), дисперсию ( $\sigma^2$ ), среднее квадратическое отклонение ( $\sigma$ ), ошибку средней арифметической (m), коэффициент вариации (Cv%) [2]. Все расчёты проводились в компьютерной программе Excel.

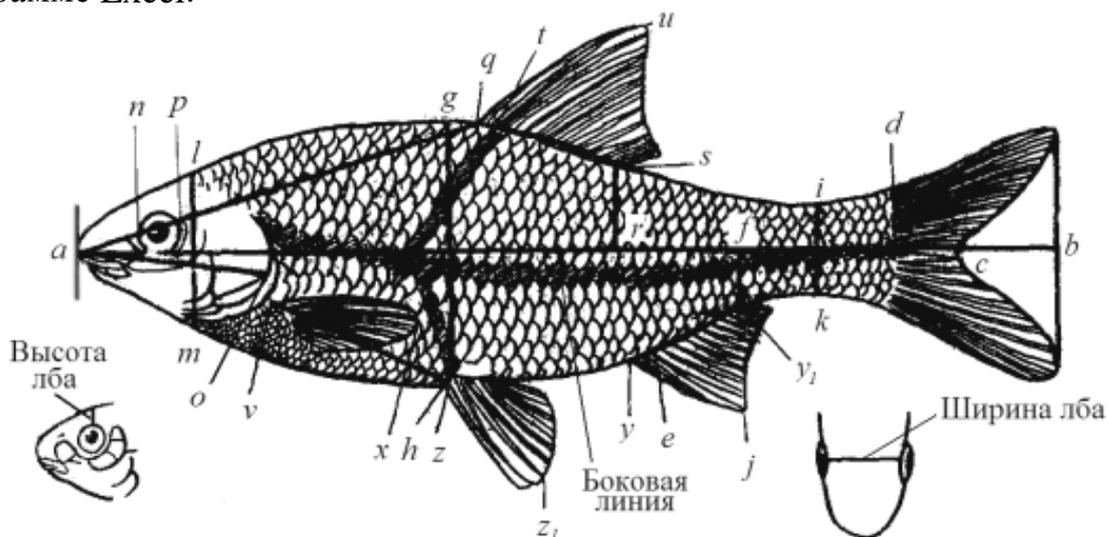


Рис. Схема измерений карповых рыб

Отловленные экземпляры плотвы относятся к подвиду плотва аральская (*Rutilus rutilus aralensis* Berg, 1916), которая представляет собой жилую форму.

Эколого-биологический анализ показал, что в исследуемой выборке плотвы число чешуи в боковой линии варьирует от 39 до 44; глоточные зубы однорядные с 6-5, 5-5, 6-4 зубами в ряду, число лучей в грудных и брюшных плавниках неизменно и составляет, соответственно, 12 и 9. Морфофизиологический анализ исследуемой выборки плотвы показал, что средняя масса тела  $89,7 \pm 0,03$  гр. Указанные признаки характерны для вида в целом [3]. Соотношение полов достоверно смещено в сторону самок (критерий значимости Стьюдента (t) составляет соответственно: 5,51 при  $P < 0,001$ ). Доля самок составляет  $53 \pm 9\%$ . Это существенно превышает долю самок в популяциях плотвы оз. Тузкан Айдар-Арнасайских систем озёр. Эколого-биологической особенностью изучаемой популяции плотвы является раннее половое созревание. В литературе отмечается, что плотва становится половозрелой в основном в возрасте 2–3 года, все отловленные в озере Тузкан самки, начиная с 2-летнего возраста, характеризуются IV степенью зрелости гонад (непродолжительное преднерестовое состояние) [4, 5].

Таблица

## Морфометрические признаки Аральской плотвы из оз. Тузкан ААСО

№	Признаки	n	min	max	$\bar{x}$	m	$\sigma^2$	$\sigma$	Cv%
1.	<i>ad</i> ёки <i>l</i>	158	130	181	159,3	1,25	123,7	11,1	7,0
2.	<i>ao</i>	158	30	46	39,8	0,32	8,1	2,8	7,2
В % длины тела									
3.	<i>an</i>	158	5,9	8	6,8	0,04	0,1	0,4	5,3
4.	<i>np</i>	158	4,7	7	5,5	0,07	0,4	0,6	10,8
5.	<i>po</i>	158	8,8	14	12,7	0,10	0,7	0,9	6,8
6.	<i>ao</i>	158	21,9	28	25,0	0,11	0,9	0,9	3,8
7.	<i>lm</i>	158	16,0	19	17,5	0,11	1,0	1,0	5,7
8.	<i>w</i>	158	8,2	13	9,2	0,09	0,7	0,8	9,0
9.	<i>gh</i>	158	30,1	35	32,1	0,13	1,4	1,2	3,7
10.	<i>ik</i>	158	10,2	15	11,1	0,08	0,5	0,7	6,3
11.	<i>aq</i>	158	48,2	54	51,2	0,19	2,8	1,7	3,3
12.	<i>rd</i>	158	34,9	43	38,8	0,19	3,0	1,7	4,4
13.	<i>fd</i>	158	16,2	22	19,2	0,14	1,6	1,3	6,5
14.	<i>qs</i>	158	13,8	17	15,5	0,09	0,6	0,8	5,0
15.	<i>tu</i>	158	19,6	25	22,4	0,15	1,7	1,3	5,8
16.	<i>yy<sub>1</sub></i>	158	11,0	20	13,3	0,14	1,7	1,3	9,7
17.	<i>ej</i>	158	11,8	16	13,7	0,10	0,9	0,9	6,7
18.	<i>vx</i>	158	17,2	21	18,9	0,10	0,8	0,9	4,6
19.	<i>zz<sub>1</sub></i>	158	15,8	21	17,9	0,12	1,1	1,0	5,7
20.	<i>vz</i>	158	25,3	29	27,3	0,15	1,7	1,3	4,8
21.	<i>zy</i>	158	21,6	28	24,4	0,17	2,3	1,5	6,2
В % длины головы									
22.	<i>an</i>	158	23,8	33	27,8	0,18	2,6	1,6	5,8
23.	<i>np</i>	158	19,0	31	22,4	0,28	6,2	2,5	11,1
24.	<i>w</i>	158	31,0	51	37,4	0,44	15,3	3,9	10,5

Примечание: *C* – хвостовой плавник; *D* – спинной плавник; *A* – анальный плавник; *P* – грудной плавник; *V* – брюшной плавник. *ad* или *l* – длина рыбы без *C*; *ao* – длина головы; *an* – длина рыла; *np* – диаметр глаза (горизонтальный); *po* – заглазничный отдел головы; *ao* – длина головы; *lm* – высота головы у затылка; *fw* – ширина лба; *gh* – наибольшая высота тела; *ik* – наименьшая высота тела; *aq* – антедорсальное расстояние; *rd* – постдорсальное расстояние; *fd* – длина хвостового стебля; *qs* – длина основания *D*; *tu* – наибольшая высота *D*; *yy<sub>1</sub>* – длина основания *A*; *ej* – наибольшая высота *A*; *vx* – длина *P*; *zz<sub>1</sub>* – длина *V*; *vz* – расстояние между *P* и *V*; *zy* – расстояние между *V* и *A*.

Анализ изменчивости анализируемых признаков показал, что коэффициенты вариации большинства признаков не превышают нормального диапазона изменчивости (табл.). Минимальный коэффициент вариации (3,3%) отмечен для антедорсального расстояния (*aq*). Максимальные коэффициенты вариации отмечены для диаметра глаза (*np*, 11,1%).

## Библиографический список

1. Правдин И. Ф. Руководство по изучению рыб. 4-е изд. М. : Пищевая промышленность, 1966. С. 32–51.
2. Лакин Г. Ф. Биометрия. М. : Вьшшая школа, 1990. С. 37–52.

3. Берг Л. С. Рыбы пресных вод СССР и сопредельных стран. Москва-Ленинград : Изд-во АН СССР, 1949 Ч. 2. С. 505–512.

4. Ўзбекистон ва қўшни худудлар балиқлари аниқлагичи. Ўқув қўлланма / И. М. Мирабдуллаев, У. Т. Мирзаев, А. Р. Кузметов, З. О. Кимсанов. Тошкент : Сано стандарт, 2011. Б. 56–57.

5. Салихов Т. В., Камилов Б. Г., Атаджанов А. К. Рыбы Узбекистана (определитель). Ташкент : «Chinor ENK», 2001. С. 36–41.

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ СВЯЗИ КРОВСОСУЩИХ КОМАРОВ С РАСТЕНИЯМИ

*Е. В. Панюкова<sup>1</sup>, Т. К. Тертица<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, panjukova@ib.komisc.ru*

<sup>2</sup> *ФГБУ Печоро-Илычский природный биосферный заповедник,  
tertiza.t@mail.ru*

В статье представлен опыт применения фенологических методов наблюдения для оценки экологических связей имаго кровососущих комаров с цветущими растениями. Определены причины биотопической приуроченности комплексов видов комаров (Diptera: Culicidae), которые можно использовать для оценки состояния природных ландшафтов. Выявлена зависимость между элементами биоценозов и видовым составом комаров.

Ключевые слова: растения, кровососущие комары, фенология, экология, трофические связи, гидротермический коэффициент.

В северных широтах комары семейства Culicidae образуют огромное количество биомассы в биоценозах, участвуя при этом в круговоротах вещества и энергии водных и наземных экосистем. Экологическая роль в биоценозах данных представителей животного мира остается малоизученной.

Общеизвестно, что самцы семейства Culicidae на протяжении всей жизни питаются растительными соками, нектаром и пьют воду. Самки комаров, кроме крови, также питаются растительными углеводами, им свойственно двойственное питание. Вода и углеводы принимаются комарами на протяжении всей их жизни, а способность к кровососанию самки приобретают только после спаривания. Кровь необходима самкам для созревания яиц. Имаго комаров после вылупления из находящихся в воде куколок проводят несколько часов или суток на растительности вблизи водоемов. В этот период самки комаров не способны к кровососанию и питаются только нектаром и соками растений. Запас углеводов в зобу обеспечивает их энергетические потребности до приема крови [1]. Личинки Culicidae питаются различными видами водорослей [2].

Нами начато изучение связей фенологии цветковых растений с циклом развития кровососущих комаров семейства Culicidae для выяснения основ биотопической приуроченности видов комаров.

Целью данного исследования стало изучение трофических связей имаго комаров с растениями. Для многолетних исследований был выбран равнинный Якшинский участок Печоро-Илычского государственного заповедника и прилегающие к нему территории. Территория заповедника включает три природных района: равнинный, предгорный и горный. Равнинный район заповедника, к которому относится Якшинский участок, занимает западную часть междуречья рек Печоры и Илыча, здесь отмечены 24 из 27 известных для заповедника видов комаров [3].

Сборы имаго комаров выполнены в 2016–2019 гг., в 882 и 883 кварталах заповедника. На 13 пробных площадях заповедного биопрофиля, который был заложен для мониторинговых наблюдений более 40 лет назад [4], нами выполнены сборы в различные периоды цикла развития кровососущих комаров. Определены три периода для наблюдений: стадия личинки, стадия куколки и вылет имаго. Личинок комаров из водоемов собирали при помощи эмалированной кюветы (13x18x2) и фиксировали в 70% этаноле для последующего определения. Основным методом полевых исследований имаго был сбор нападающих на предплечье учетчика имаго самок в пробирку с 70% спиртом для дальнейшей идентификации в лабораторных условиях. В момент сборов отмечали температуры воды и воздуха спиртовым термометром. Определение видов комаров осуществляли по морфологическим ключам в лаборатории [5–6]. Одновременно были выполнены фенологические наблюдения за растениями, отмечали в какой стадии находится растение (начало или конец цветения, плодоношение) для клюквы, кассандры, марьянника, черники, брусники, княженики, багульника, морошки, майника двулистного, рябины, фиалки, седмичника и герани лесной. Кластерный анализ проводили в программе-надстройке ExcelToR расширяющей возможности Microsoft Excel по статистическому анализу данных за счет использования опций статистического пакета R [7]. При кластерном анализе использовали метод «невзвешенного среднего» (UPGMA). Для расчета гидротермического коэффициента увлажнения Селянинова (ГТК), который характеризует уровень влагообеспеченности территории, использовали формулу:  $K = R * 10 / \Sigma t$ ; где R представляет собой сумму осадков в миллиметрах за период с температурами выше +10 °C,  $\Sigma t$  определяет сумму температур в градусах Цельсия (°C) за то же время [8]. Данные метеорологических наблюдений брали по метеостанции поселка Якша. Сравнивали изменения ГТК по годам, отклонения оказались малозначительными (1,28–1,32). Изучаемая территория относится к зоне избыточного увлажнения. В таких условиях развитие кровососущих комаров происходит при наиболее благоприятных условиях.

В результате проведенных фенологических наблюдений установлено, что существуют зависимости сроков вылета из куколок имаго кровососущих комаров с массовым цветением кустарничковых растений, доминирующих в данных локалитетах (черника, брусника). Составлена биоценотическая амплитуда (табл. 1), которая дает представление о частоте встречаемости видов кровососущих комаров в изученных местообитаниях.

**Биоценотическая амплитуда видов семейства Culicidae (Diptera)  
в разных локалитетах на территории Якшинского участка  
Печоро-Ильчского заповедника**

Вид	№ локалитетов
1. <i>Aedes communis</i>	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13
2. <i>A. punctor</i>	1, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 11, 12, 13
3. <i>A. cataphylla</i>	2, 4, 6, 7, 10, 11, 13
4. <i>A. diantaeus</i>	2, 5, 6, 11, 13
5. <i>A. intrudens</i>	4, 6, 8, 11, 13
6. <i>A. pullatus</i>	2, 4, 11, 12
7. <i>A. cinereus</i>	4, 8, 11, 13
8. <i>A. excrucians</i>	4, 8, 11
9. <i>Culex torrentium</i>	4, 8, 11
10. <i>A. behningi</i>	10, 11
11. <i>A. impiger</i>	11, 12
12. <i>A. hexodontus</i>	11, 12
13. <i>A. riparius</i>	4, 11
14. <i>A. sticticus</i>	4
15. <i>A. mercurator</i>	2
16. <i>A. cantans</i>	11
17. <i>A. vexans</i>	11
18. <i>A. euedes</i>	11
19. <i>A. cyprius</i>	11
20. <i>A. pionips</i>	11
21. <i>Culiseta bergrothi</i>	11
22. <i>Cs. alaskaensis</i>	11
23. <i>Anopheles messeae</i>	11
24. <i>Culex pipiens</i>	11

*Примечание:* номера локалитетов соответствуют: 1. верховое болото, 2. сосняк-лишайниково-брусничный (охранная зона), 3. ельник, 4. заболоченный ельник, 5. лесовосстановление, 6. бечевник, 7. сосняк лишайниково-брусничный (буферная зона), 8. сосняк лишайниковый, 9. сосняк зеленомошно-брусничный (гарельник 40-летний), 10. березняк, 11. пойменный луг, 12. Гусиное болото, 13. пойменный ивняк.

Так, наибольшим видовым разнообразием характеризуется луговое сообщество на правом берегу р. Печора (локалитет № 11), где встречены 23 вида комаров, из них 10 редких видов, которые собраны только здесь. В данном локалитете отмечено наибольшее разнообразие цветковых растений, соком и нектаром которых питаются имаго комаров. Растительность служит не только местом питания, но и укрытия от внешних губительных для имаго комаров факторов среды (ветра, дождя и прямых солнечных лучей).

Биоценотическая амплитуда дает представление о высокой или низкой специфичности местообитаний кровососущих комаров. Наиболее эвритопен вид комара *Aedes communis* De Geer, 1776 на Якшинском участке заповедника и прилегающих территориях. Этот вид массовый для лесной зоны. На основе кластерного анализа видового состава кровососущих комаров в пределах рав-

нинного Якшинского участка Печоро-Илычского заповедника нами выделены сосново-болотный и елово-пойменный комплексы видов комаров (табл. 2).

Таблица 2

**Комплексы видов кровососущих комаров в ландшафтных условиях  
верхнего течения р. Печора**

Название комплекса видов комаров	Всего видов в комплексе	Виды с высокой специфичностью местообитаний (стенотопные)	Виды с низкой специфичностью местообитаний (эвриотопные)
Сосново-болотные	10	<i>Culiseta bergrothi</i>	<i>Aedes cataphylla</i> , <i>A. communis</i> , <i>A. cinereus</i> , <i>A. dianthaeus</i> , <i>A. excrucians</i> , <i>A. intrudens</i> , <i>A. punctor</i> , <i>Culex pipiens</i> , <i>C. Torrentium</i>
Елово-пойменные	14	<i>Aedes cantans</i> , <i>A. behningi</i> , <i>A. euedes</i> , <i>A. hexodontus</i> , <i>A. impiger</i> , <i>A. pullatus</i> , <i>A. pionips</i> , <i>A. riparius</i> , <i>A. cyprius</i> , <i>A. vexans</i> , <i>A. nigrinus</i> , <i>A. mercurator</i> , <i>A. leucomelas</i> , <i>Culiseta alaskaensis</i>	

Исследования топических и трофических связей комаров семейства Culicidae с цветковыми растениями представляют интерес для оценки состояния природных ландшафтов, как метод биологической оценки среды. Изменения в видовом составе кровососущих комаров могут свидетельствовать об изменениях в растительном покрове территории.

Статья подготовлена в рамках госбюджетной темы отдела экологии животных «Систематика, распространение и пространственная организация фауны и населения наземных и водных животных таежных и тундровых экосистем европейского северо-востока России» (№ гос. регистрации: АААА-А17-117112850235-2). Благодарим администрацию и коллектив «Печоро-Илычского государственного заповедника» за организацию исследований на охраняемой территории.

**Библиографический список**

1. Балашов Ю. С. Паразитизм клещей и насекомых на наземных позвоночных. СПб. : Наука, 2009. 357 с.
2. Panyukova E. V., Novakovskaya I. V., Patova E. N. Larval algae nutrition of *Aedes communis* (De Geer, 1776) // Russian Entomol. J. 2018. Vol. 27. No. 4. P. 443–449. doi: 10.15298/rusentj.27.4.13
3. Панюкова Е. В. Фауна кровососущих комаров (Diptera: Culicidae) Печоро-Илычского заповедника Республики Коми // Паразитология. 2018. Т. 52. № 6. С. 476–484.
4. Взаимосвязи компонентов лесных и болотных экосистем средней тайги Приуралья / под. ред. В. И. Василевич. Л. : Наука, 1980. 254 с.
5. Гуцевич А. В., Мончадский А. С., Штакельберг А. А. Комары сем. Culicidae // Фауна СССР. Насекомые Двукрылые. 1970., Л. : Наука. Т. 3. Вып. 4. 384 с.
6. Гуцевич А. В., Дубицкий А. М. Новые виды комаров фауны Советского Союза // Паразитологический сборник ЗИН РАН. СПб. : Наука, 1981. Т. 30. С. 97–165.

7. Новаковский А. Б. Взаимодействие Excel и статистического пакета R для обработки данных в экологии // Вестник Института биологии Коми НЦ УрО РАН. 2016. № 3 (197). С. 26–33.

8. Селянинов Г. Т. Методика сельскохозяйственной характеристики климата // Мировой агроклиматический справочник. Л.; М., 1937. С. 5–29. 428 с.

## **РАЗНООБРАЗИЕ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ НА ТЕРРИТОРИИ КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

**С. В. Пестов**

*Вятский государственный университет,  
Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, atylotus@mail.ru*

В работе кратко описана история эколого-фаунистических исследований беспозвоночных Кировской области. Представлены данные о числе видов всех классов и типов беспозвоночных, известных в настоящее время на территории области. Всего отмечено 8019 видов беспозвоночных, из 13 типов, 30 классов и 43 отрядов.

Ключевые слова: беспозвоночные, биоразнообразие, Кировская область.

Беспозвоночные (Invertebrata) – группа животных, лишенные позвоночника и внутреннего костного скелета. На сегодняшний день известно более 1,5 млн. видов беспозвоночных [1]. К беспозвоночным относятся около 97% всего количества видов животных живущих сегодня на Земле. К беспозвоночным в ранге подцарства, до недавнего времени относили и подвижных лишенных способности к фотосинтезу одноклеточных организмов. В настоящее время их относят к самостоятельному царству Protozoa или Protista.

Начало исследованиям фауны беспозвоночных Кировской области положено в конце XIX-начале XX века. К этому времени относятся публикации С. А. Зернова по планктонным ракообразным, Л. К. Круликовского по насекомым, моллюскам, М. Д. Рuzского, Н. О. Кокуева, Ю. Селенкина по перепончатокрылым, С. Дремцова по вредителям сельского и лесного хозяйства [2].

После революции большой вклад в изучение беспозвоночных был сделан сотрудниками НИИ краеведения при педагогическом институте. Организаторами этих исследований выступали А. Д. Фокин и А. И. Шернин. Масштабные исследования паразитических червей проводились гельминтологическими экспедициями института паразитологии АН СССР по инициативе К. И. Скрябина. Свободноживущих плоских червей изучал Н. В. Насонов, описав с территории области 6 новых видов.

Публикации в 1950–1970-х годах фауна насекомых активно изучалась Э. К. Леви, В. А. Копысовым, Э. Л. Кононовой и Л. Г. Сысолетиной и А. Н. Чарушиной [3]. Сведения о галлообразующих насекомых и клещах представлены в книге А. Д. Фокина [4]. Фауну дождевых червей изучал

И. Д. Устинов, фауну клещей Н.Г. Брегетова, А. И. Шернин, В. А. Королева и др. Видовой состав нематод вредителей культурных растений изучен Н. М. Алалыкиной. Первое обобщение данных по фауне беспозвоночных было сделано в начале 1970-х годов в двухтомном издании «Животный мир Кировской области» [2, 5]. В 2001 г. вышло дополнение [6].

С 1980-х годов по различные группы насекомых изучаются Г. И. Юфревым. В 1980–1990-е годы паразитов рыб изучала М. А. Гревцева. Наземных и водных моллюсков с середины 1990-х годов изучает Т. Г. Шихова, в т. ч. опубликованы сведения о новых для региона видах. Дополнение к фауне паразитов млекопитающих имеются в работах О. В. Масленниковой с начала 2000-х гг. В 1990–2010 гг., благодаря исследованиям Н. Н. Ходырева, значительно увеличилась изученность свободноживущих нематод.

В 2000–2010-е гг. фауна насекомых исследовалась Л. Г. Целищевой, Г. А. Ануфриевым, С. В. Пестовым, С. В. Дедюхиным, С. П. Решетниковым, Т. И. Кочуровой. В работах С. Л. Есюнина 2009–2015 гг. проведена ревизия паукообразных области, Описан вид *Centromerus nurgush* Tanasevitch et Esyunin, 2013, не найденный до сих пор за пределами Кировской области.

Оценка биоразнообразия беспозвоночных была сделана Н. М. Алалыкиной в 2003 г. [7]. Уточненные данные по насекомым Кировской области опубликованы нами ранее [3]. По результатам обработки коллекций и сборов 2020 г. фауна насекомых была дополнена 45 видами. Целью настоящей работы является оценка числа видов беспозвоночных в целом известных к настоящему времени на территории области.

Изучение животного мира Кировской области шло неравномерно. Отдельные группы беспозвоночных изучались более интенсивно, другие фрагментарно и по многим из них трудно дать даже предварительную оценку числа видов. К числу хорошо изученных групп можно отнести моллюсков, пауков, дождевых червей. Значительное увеличение числа видов можно ожидать среди паразитических червей беспозвоночных (мермитид), почвенных панцирных и мезостигматических клещей, водных ракообразных. Из насекомых слабо изучена фауна паразитических перепончатокрылых, насекомых, развивающихся в грибах и гнилой древесине, комаров-хируномид. Слабо изучены многие семейства микрочешуекрылых, равнокрылые подотряда Sternorrhyncha.

Данные по фауне содержатся в почти 500 публикациях. К настоящему времени на территории Кировской области отмечено 8019 видов беспозвоночных, из 13 типов, 30 классов и 43 отрядов. Около 90% всех видов относятся к типу членистоногих (табл.).

**Сведения о количестве видов объектов животного мира,  
принадлежащих к беспозвоночным**

№ п/п	Тип (класс)	Общее число видов
1	2	3
	<b>Тип Acanthocephala– Скребни</b>	<b>5</b>
1	Класс Eoacanthocephala– Настоящие скребни	5
	<b>Тип Annelida– Кольчатые черви</b>	<b>33</b>
2	Класс Hirudinea – Пиявки	8
3	Класс Oligochaeta – Малощетинковые черви	25
	<b>Тип Arthropoda – Членистоногие</b>	<b>7212</b>
4	Класс Arachnida – Паукообразные	601
5	Класс Chilopoda – Губоногие	11
6	Класс Crustacea – Ракообразные	96
7	Класс Diplopoda – Двупарноногие	17
8	Класс Entognatha – Скрыточелюстные	42
9	Класс Insecta – Насекомые	6445
	<b>Тип Bryozoa – Мшанки</b>	<b>4</b>
10	Класс Euristomata – Настоящие мшанки	1
11	Класс Phylactolaemata – Покрыторотые	3
	<b>Тип Cnidaria – Стрекающие</b>	<b>8</b>
12	Класс Hydrozoa – Гидроидные	4
13	Класс Muxozoa – Миксозои	4
	<b>Тип Gastrotricha – Брюхоресничные черви</b>	<b>2</b>
14	Класс Chaetonotida	2
	<b>Тип Mollusca – Моллюски</b>	<b>142</b>
15	Класс Bivalvia– Двустворчатые моллюски	27
16	Класс Gastropoda– Брюхоногие моллюски	115
	<b>Тип Nematoda – Нематоды</b>	<b>413</b>
17	Класс Chromadorea – Хромadoreи	274
	Класс Dorylaimea – Дорилаймеи	29
18	Класс Enopea – Эноплеи	100
19	<b>Тип Nematomorpha– Волосатики</b>	<b>1</b>
20	Класс Gordioida	1
	<b>Тип Platyhelminthes – Плоские черви</b>	<b>153</b>
21	Класс Aspidogastrea– Аспидогастры	1
22	Класс Cestoda – Цестоды	37
23	Класс Monogenoidea – Моногенеи	37
24	Класс Trematoda – Трематоды	35
25	Класс Turbellaria – Ресничные черви	43
	<b>Тип Porifera – Губки</b>	<b>5</b>
26	Класс Demospongiae – Обыкновенные губки	5

1	2	3
	<b>Тип Rotifera – Коловратки</b>	<b>35</b>
27	Класс Archeorotatoria	5
28	Класс Eurotatoria	4
29	Класс Hemirotatoria	1
30	Класс Monogononta	25
	<b>Тип Tardigrada – Тихоходки</b>	<b>6</b>
31	Класс Eutardigrada– Настоящие тихоходки	6

Перечень видов известный для территории области к настоящему времени отражает только часть того видового разнообразия. По предварительным оценкам, число видов беспозвоночных, которые может обитать на территории области может превышать 25000 видов.

*Работа выполнена в рамках государственного задания Института биологии Коми НЦ УрО РАН по теме «Оценка и прогноз отсроченного техногенного воздействия на природные и трансформированные экосистемы подзоны южной тайги» № 0414-2018-0003.*

#### Библиографический список

1. Animal biodiversity: An update of classification and diversity in 2013 / Ed. Zhi-Qiang Zhang (ED.). Auckland : Magnolia Press, 2013. 82 p. (Zootaxa. Vol. 3703)
2. Животный мир Кировской области. Вып. 1. Киров, 1972. 303 с.
3. Пестов С. В. Разнообразие насекомых Кировской области // Материалы IV городских науч.-практ. зоологических чтений памяти ученого-естествоиспытателя Сергея Владимировича Маракова. Киров : Радуга-ПРЕСС, 2020. С. 30–33.
4. Фокин А. Д. Каталог галлов на растениях Кировской области и смежных районов. Киров. Обл. краевед. музей, 1966. 34 с.
5. Животный мир Кировской области. Вып. 2. Киров, 1974. 525 с.
6. Животный мир Кировской области (беспозвоночные животные). Т. 5. 2001. 232 с.
7. Алалыкина Н. М. О многообразии животного мира Кировской области // Актуальные проблемы регионального экологического мониторинга: теория, методика, практика : материалы Всерос. науч. школы. Киров, 2003. С. 181–183.

### НОВЫЕ МЕСТА ОБИТАНИЯ ПОЗВОНОЧНЫХ ЖИВОТНЫХ, ЗАНЕСЁННЫХ В КРАСНУЮ КНИГУ ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ НА ТЕРРИТОРИИ ВЕЛИКОУСТЮГСКОГО РАЙОНА

*А. С. Пьянкова, В. М. Рябов*  
Вятский государственный университет,  
*Anastasia.pyankova9@yandex.ru, ryapitschi@yandex.ru*

Представлены материалы по распространению видов позвоночных животных, внесенных в Красную книгу Вологодской области на территории Великоустюгского района. Выявлено пребывание видов ранее не отмеченных на территории данного района.

Ключевые слова: Красная книга, Великоустюгский район, позвоночные животные, локалитет.

Для сбора информации о распространении позвоночных животных, занесённых в Красную книгу Вологодской области на территории Великоустюгского района нами было использовано анкетирование и опрос местного населения (преимущественно среди рыбаков, охотников, работников лесного хозяйства). Также использовали опросные анонимные данные, полученные непосредственно от рыбаков на рр. Северная Двина, Сухона, Стрига, Юг во время выездов на данные реки.

В Красной книге Вологодской области [1] для 14 видов позвоночных животных отмечено пребывание (обитание) в Великоустюгском районе. В результате анкетирования нами была получена информация о обитании 16 видов позвоночных животных, ранее не отмеченных для территории Великоустюгского района.

Далее приводим аннотированный список этих животных (в скобках указана категория охраны [1]).

Класс Костные рыбы – *Osteichthyes*

Сиг-пыжьян – *Coregonus lavaretus pidschian (Gmelin)* (1 (CR)). Встречается в р. Северная Двина, преимущественно в мае, реже в летние месяцы).

Хариус европейский – *Thymallus thymallus* (3 (VU)). Встречается в р. Ямжа, р. Стрига, р. Сухона. В районе памятника природы «Мыс Бык» отмечены рыбы весом до 700 г.

Стерлядь – *Acipenser ruthenus* (2 (EN)). Обитает в р. Сухона от ур. Опок до г. Красавино (р. Северная Двина).

Подкаменщик обыкновенный – *Cottus gobio* (4 (DD)). Отмечен повсеместно в рр. Сухона, Стрига, в малых реках рядом с санаторием Бобровниково.

Класс Миноги – *Cephalaspidomorphi*

Речная минога – *Lampetra fluviatilis* (4 (DD)). Известен случай добычи в р. Юг, рядом с д. Карасово.

Класс Птицы – *Aves*

Серый гусь – *Anser anser* (4 DD). На весеннем и осеннем пролете изредка встречается в районе д. Куприяново.

Пискулька – *Anser erythropus* (2 EN). На весеннем пролете зафиксирована встреча у д. Погорелово.

Лебедь-кликун – *Cygnus cygnus* (3 VU). На весеннем и осеннем пролете отмечены у д. Погорелово и в районе д. Куприяново.

Крохаль большой – *Mergus merganser* (3 VU). В гнездовой период встречается у д. Погорелово. На весеннем и особенно осеннем пролете весьма обычен по р. Юг.

Куропатка белая – *Lagopus lagopus* (3 VU). Регулярно встречается в окрестностях д. Уржумово и д. Погорелово.

Куропатка серая – *Perdix perdix* (2 EN). Известна встреча данного вида в окрестностях д. Демьяново.

Журавль серый – *Grus grus* (3 NT). В гнездовой период встречаются в районе д. Куприяново. В августе и сентябре образует значительные предотлетные скопления в пойме р. Юг.

Гаршнеп – *Lymnocyptes minutus* (3 VU). Встречается в районе д. Куприяново.

Филин – *Bubo bubo* (2 EN). Встречи данного вида регулярно происходят в окрестностях д. Погорелово и д. Куприяново.

Ястребиная сова – *Surnia ulula* (3 VU). Обитает в районе д. Погорелово.

Дрозд черный – *Turdus merula* (3 LC). Изредка встречается недалеко от д. Погорелово и в районе д. Куприяново.

Также было отмечено пребывание видов, не включенных в Красную книгу Вологодской области, но занесённых в Красную книгу Кировской области. К таковым относятся сёмга – *Salmo salar*, изредка встречающаяся весной в р. Малая Северная Двина и повсеместно обитающая во всех реках и небольших лесных речках сибирская минога – *Lethenteron kessleri*.

#### Библиографический список

1. Красная книга Вологодской области. Вологда : ВГПУ, Изд-во «Русь», 2006. Т. 3. Животные. 215 с.

## ПОЛОВОЗРАСТНАЯ СТРУКТУРА ИХТИОФАУНЫ р. ЕНИСЕЙ

**О. П. Сидорова, О. В. Масленникова**

*Вятская государственная сельскохозяйственная академия  
olgasidorova22091998@mail.ru, olgamaslen@yandex.ru*

В статье представлены результаты исследований ихтиофауны реки Енисей на территории заповедника «Центральносибирский». Определена половая и возрастная структура 77 видов рыб р. Енисей, таких как щука (*Esox lucius*), окунь (*Perca fluviatilis*), тугун (*Coregonus tugin*), плотва (*Rutilus rutilus*), язь (*Leuciscus ibus*), лещ (*Abramis brama*).

Ключевые слова: ихтиофауна, река Енисей, Центральносибирский заповедник, половозрастная структура рыб.

Зарегулирование и создание крупных водохранилищ (общей площадью около 13 тыс. км<sup>2</sup>) на Енисее и его притоках привело к значимым нарушениям условий обитания и воспроизводства многих видов рыб, заметно изменило их ареалы, вызвало перестройки в структуре рыбных сообществ [1].

На территории заповедника состав ихтиофауны изучен лишь у ценных видов рыб из отрядов лососеобразные (*Salmoniformes*) и осетрообразные (*Acipenseriformes*). Последние исследования по изучению состава рыб в р. Енисей проводились в 2011 г. В последние десятилетия идет увеличение инвазивных видов ихтиофауны, которые вытесняют наиболее ценные про-

мысловые виды рыб из отряда лососеобразные. В связи с этим изучение ихтиофауны и ее половозрастного состава реки Енисей Центральносибирского биосферного заповедника является необходимым и актуальным.

Цель данной работы: оценить половозрастной состав ихтиофауны р. Енисей и в устье его притоков на территории заповедника «Центральносибирский».

Сбор материала осуществляли с начала июля по конец августа 2019 г. Ихтиологические исследования проводились в окрестностях кордонов «Комса», «Лебедь» на акватории Енисея и его притоках. Вылов рыбы в научных целях производился на реке Енисей, а также в устьях рек Инзыревки и Лебедянки с помощью спиннинга и закидушки. Тугун был выловлен в р. Енисей и изъят у браконьеров.

Исследовано 77 экземпляров рыбы, из них 29 тугунов (*Coregonus tugin*), 28 щук (*Esox lucius*), 14 окуней (*Perca fluviatilis*), 3 плотвы (*Rutilus rutilus*), 2 язя (*Leuciscus ibus*), 1 лещ (*Abramis brama*).

Определение пола и стадий зрелости половых продуктов проводили в полевых условиях. Степень зрелости половых продуктов определялась по 6-балльной шкале. Возраст рыб определяли по чешуе [2]. При определении возраста рыб использовали микроскоп МБС-10.

Рыбное население р. Енисей было представлено возрастными группами от 2+ до 14+ лет.

Половозрастная структура щуки в р. Енисей представлена 7 возрастными группами от 2+ до 9+ лет. В уловах преобладали особи в возрасте 5+ – 7+ лет. Среди пойманных щук соотношение полов было примерно одинаково с небольшим преобладанием самок: 13 самок и 11 самцов (54,2% и 45,8% соответственно), 4 особи оказались неполовозрелыми (рис. 1).

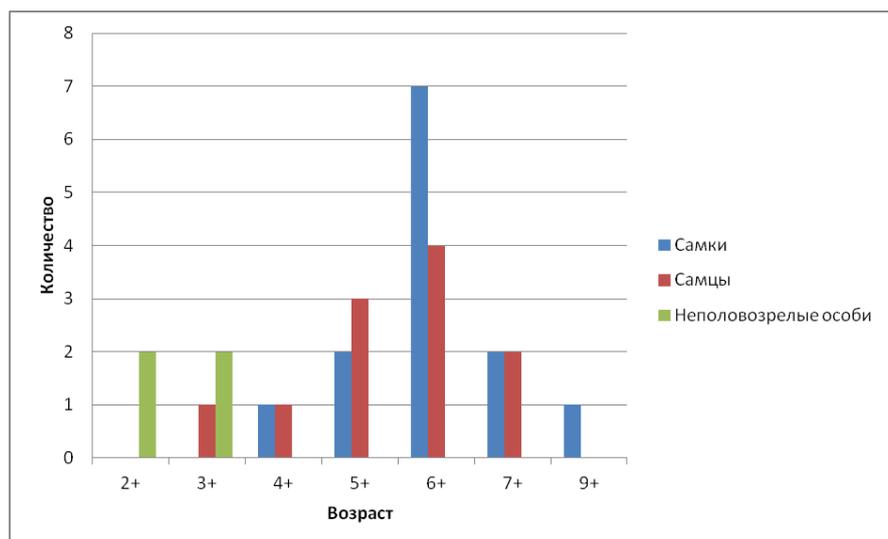


Рис. 1. Половозрастная структура щуки р. Енисей

Предельный возраст щуки в водоемах Сибири составляет 18 лет. В водоемах с хорошей кормовой базой щука достигает половой зрелости в 2+–3+ лет. Щука в р. Енисей становится половозрелой на 3+–5+ году при массе

400–600 г и длине до 40 см [3]. Как показали наши исследования, на территории заповедника щука становится половозрелой в возрасте 3+ – 4+, т. е. на четвертом – пятом году жизни, что свидетельствует о недостаточной кормовой базе. В возрасте 6+ лет нами было зарегистрировано наибольшее количество экземпляров рыб (7 экз.). Максимальный возраст среди выловленных щук составил 9+ лет.

На территории заповедника в р. Енисей исследований щуки не проводилось, она была изучена лишь в Долевых озерах заповедника. Здесь щука была представлена шестью возрастными группами от 4+ до 9+ лет. Наибольшее число особей было зарегистрировано в возрасте 7+ лет [4].

Речной окунь в наших уловах был представлен экземплярами 6 возрастных групп от 2+ до 9+ лет. В уловах преобладали половозрелые особи, число самцов и самок было примерно одинаковое с преобладанием самцов (58,3% и 41,7% соответственно), и лишь две особи оказались неполовозрелыми. В возрасте 5+ лет было выловлено одинаковое число самцов и самок. Максимальный возраст в улове среди окуней составил 9+ лет (рис. 2).

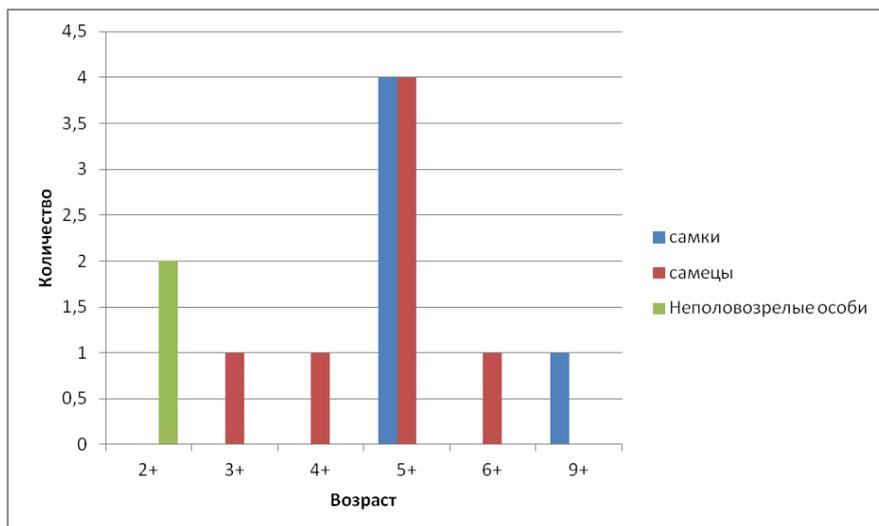


Рис. 2. Половозрастная структура окуня р. Енисей

По данным В. А. Заделенова и К. В. Поляевой [4] в Долевых озерах заповедника окунь в уловах был представлен экземплярами в возрасте от 4+ до 12+ лет. Наибольшее количество особей было выловлено в возрасте от 4+ до 10+ лет. В половом составе преобладали самки над самцами.

В более ранних исследованиях в верховьях и низовьях Енисея в уловах встречался окунь до 19+ лет [5]. В верховьях Енисея окунь созревает в 2+ – 4+ лет, а в низовьях Енисея в 3+ – 5+ лет [4]. Нами половозрелые особи были зарегистрированы в 3+ возрасте.

Тугун становится половозрелым в водоемах Сибири рано. Половой зрелости достигает в возрасте 1+ – 2+ при 6–13 см длины и массы до 23 грамм. Большинство тугуна нерестится 1 раз в жизни, а вероятность повторного нереста очень низка, так как большинство рыб, старше 2+ лет, гибнет [6]. В наших исследованиях экземпляры тугуна в р. Енисей были представлены

возрастными группами от 2+–3+ лет. Все особи были половозрелыми, соотношение полов было примерно одинаково с небольшим преобладанием самок: 16 самок и 13 самцов (55% и 45% соответственно). В р. Енисей тугун становится половозрелым и нерестится несколько позже.

Рыбы из семейства карповые (плотва, лещ, язь) были представлены в возрасте от 4+ до 14+ лет. В возрасте 4+ лет было выловлено 3 экземпляра рыбы (плотва и лещ). Язь был выловлен в 2 экземплярах в возрасте 10+ и 14+ лет. В уловах был зарегистрирован 1 лещ в возрасте 4+ лет (инвазивный вид). В возрасте 4+ лет 2 особи плотвы были неполовозрелыми. Продолжительность жизни плотвы в бассейне Енисея составляет 13+–17+ лет, половой зрелости достигает в возрасте 3+–5+ лет.

Продолжительность жизни язя в водоемах Сибири составляет 15–18 лет. В водоемах на юге Красноярского края язь достигает половой зрелости в 3+–4+, но в Большом, Малом и Верхнем Енисее половая зрелость наступает в 7+–8+ лет при 30–32 см длины и 500–600 г массы, а в низовьях Енисея в 7+ лет, что свидетельствует о бедной кормовой базе р. Енисей в результате антропогенного влияния (создание Красноярской ГЭС и водохранилища).

В водоемах Сибири лещ живет до 20 лет, достигая длины 75–80 см и массы 6–9 кг. Достигает половой зрелости в Енисее на 3+–4+ году при массе 400 г и длине тела 27 см [4].

Рыбное население р. Енисей были представлены возрастными группами от 2+ до 14+ лет. У щуки число самцов и самок примерно одинаково с небольшим преобладанием самок (45,8% и 54,2% соответственно). Половой зрелости в р. Енисей на территории заповедника щука достигает на четвертом – пятом году жизни (3+ –4+). У окуня половозрелые особи выявлены в возрасте 3+ лет, соотношение самцов и самок было примерно одинаковое с преобладанием самцов (58,3% и 41,7% соответственно). Тугун представлен возрастными группами от 2+–3+ лет, все особи были половозрелыми с небольшим преобладанием самок (55% и 45%).

#### **Библиографический список**

1. Заделенов В. А. Ресурсы и естественное воспроизводство осетровых рыб бассейна реки Енисей //Летопись природы государственного заповедника «Центральносибирский». 2011. Книга № 23. Архив ГПБЗ «Центральносибирский». 41 с.
2. Правдин И. Ф. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных). М., 1966. 146 с.
3. Попов П. А. Рыбы Сибири: распространение, экология, вылов. Новосибирск, 2007. 546 с.
4. Заделенов В. А., Поляева К. В. Ихтиофауна и паразиты рыб долевых озёр, Центральносибирский заповедник // Труды государственного заповедника «Центральносибирский». Красноярск : ООО «Поликор», 2012. Вып. 2(4). 288 с.
5. Подлесный А. В. Рыбы Енисея, условия их обитания и использования // Промысловые рыбы Оби и Енисея и их использование (Изв. ВНИОРХ. Т. 44). М., 1958. С. 97–178.
6. Вышегородцев А. А. Рыбы Енисея: справочник. Новосибирск : Наука, 2000. 188 с.

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА СООБЩЕСТВА ПТИЦ В РАЗЛИЧНЫХ ПО СТЕПЕНИ УРБАНИЗАЦИИ БИОТОПАХ

*Т. А. Сурнина, А. В. Аринина*

*Казанский (Приволжский) федеральный университет,  
tani-411@yandex.ru*

С ежегодным ухудшением экологической обстановки и увеличением общей антропогенной нагрузки на различные биотопы актуальным вопросом остается изучение и мониторинг состояния окружающей среды. Одним из объектов биоиндикации являются орнитоценозы.

Ключевые слова: мониторинг, биоиндикация, орнитофауна, горная территория.

Методы биоиндикации позволяют комплексно оценить влияние всесторонних факторов на территории. Исследователи применяют различные методы мониторинга и биоиндикации, часто используя разнообразные объекты флоры и фауны. Одним из удобных в изучении объектов являются орнитокомплексы. Анализируя изменения качественных и количественных характеристик сообществ птиц, а также их эколого-фаунистические характеристики можно оценить состояние различных по степени урбанизации ландшафтов. Об использовании птиц в оценке изменений, происходящих в природе под воздействием человека, писали И. В. Дьяконова и А. Ю. Околелов [1], А. Н. Соловьев [2], В. Д. Захаров [3]. Изучение особенностей распределения авифауны в биотопах с различной степенью урбанизации было основной целью нашего исследования.

Исследования проводили на территории посёлка Нижний Архыз Зеленчукского района республики Карачаево-Черкесия и его горных окрестностях. Наблюдения проводили методом линейного маршрутного учёта с учетом ширины полосы [4] в июне 2017–2019 гг. Видовое богатство рассчитали по индексам Маргалёфа и Шеннона-Уивера.

Заложенные маршруты отличаются характером антропогенной нагрузки. Горная территория испытывает воздействие выпаса скота, пешего и конного туризма, автотранспорта. На территории поселка располагаются 4 жилых дома, школа, детский сад, мастерские и лаборатории САО РАН. Территорию Аланского городища ежедневно посещают группы туристов и паломники, изредка проезжает легковой транспорт. В горной местности наблюдения проводили в утренние часы с 9 до 13 часов. На высоте 2500 м был заложен 1 маршрут (протяженность 9,025 км). У подножия гор наблюдения проводили в дневное время с 14 до 16 часов. Было заложено 2 маршрута: в черте поселка Нижний Архыз (протяженность 1,122 км) и в Аланском городище (2,26 км).

На исследуемой горной территории отмечено 70 видов птиц, относящихся к 19 семействам. Наибольшее количество особей принадлежат семейству вьюрковые (Fringillidae) и славковые (Sylviidae) – по 10 видов (28%). Многочисленно семейство ястребиные (Accipitridae) – 9 видов (13%). По доли участия видов в населении можно выделить 3 группы: доминантные – горный конёк *Anthus spinoletta* (16,19%) и московка *Parus ater* (15,08%); субдоминантные – 12 видов с суммарной долей участия 38,36%: зелёная пеночка *Phylloscopus trochiloides* (5,32%), обыкновенная чечевица *Carpodacus erythrinus* (3,55%), городская ласточка *Delichon urbica* (3,33%), пеночка-теньковка *Phylloscopus collybita* (3,33%), дрозд деряба *Turdus viscivorus* (3,33%), королевский (корольковый) вьюрок *Serinus pusillus* (3,1%), альпийская галка *Pyrhacorax graculus* (2,88%), буроголовая гаичка *Parus montanus* – 26 (2,88%), обыкновенный клест *Loxia curvirostra* (2,88%) белозобый дрозд *Turdus torquatus* (2,66%), щегол *Carduelis carduelis* (2,66%), зяблик *Fringilla coelebs* (2,44%); к второстепенным относится 56 видов с долей участия 46,56%. Общая плотность орнитонаселения – 1775,18 особи/км<sup>2</sup>. К многочисленным видам относятся: московка (203,9 ос./км<sup>2</sup>), городская ласточка (132,96 ос./км<sup>2</sup>), зелёная пеночка (110,36 ос./км<sup>2</sup>), буроголовая гаичка (108,59 ос./км<sup>2</sup>) и к обычным – 66 видов.

Фауногенетический анализ выявил принадлежность орнитофауны к 8 типам: транспалеарктическому, сибирскому, тибетскому, арктическому, монгольскому, средиземноморскому, европейскому и китайскому. Большинство видов относится к европейскому типу фауны – 27 видов (38,6%) и транспалеарктическому типу – 25 (35,7%). Пространственная структура орнитоценозов образуется при участии следующих групп. По месту расположения гнезд выделено 5 ярусов: на земле, в кронах деревьев, на кустарниках, в дуплах и антропогенное. Наибольшее количество видов гнездится в кронах деревьев – 21 вид (30%) и на земле – 19 видов (27,1%). По биотопической приуроченности половина видов 35 (50%) принадлежит к лесоопушечному комплексу. Виды относятся к четырем типам питания: питающиеся беспозвоночными 46 видов (65,7%), позвоночными животными 11 видов (15,7%), растительной пищей 4 вида (5,7%) и имеющие смешанное питание – 9 видов (12,9%). По приуроченности мест добывания корма выделено 5 ярусов питания: земля – 36 видов (51,4%), крона – 18 (25,7%), куст – 10 (14,3%), воздух – 5 (7,2%), ствол – 1 (1,4%). Индекс видового богатства Маргалефа данного сообщества составляет 10,15. Индекс Шеннона – 3,39.

Видовое богатство орнитофауны горной территории высокое, что объясняется мозаичностью и разнообразием биотопов. Лишь на данном маршруте встречены виды скального экологического комплекса. Своеобразные на данной высоте не зарегистрированы. По сравнению с другими маршрутами, территория обладает большей встречаемостью дневных хищников. Гнездятся следующие, включенные в Красную книгу России, виды: курганник *Buteo rufinus*, малый подорлик *Clanga pomarina*, черный гриф *Aegypius monachus*, белоголовый сип *Gyps fulvus*, бородач *Gypaetus barbatus*,

стервятник *Neophron percnopterus*, змеяд *Circaetus gallicus*, беркут *Aquila chrysaetos*. В течение трех сезонов встречался сапсан *Falco peregrinus*. Отмечена единичная встреча клушицы *Pyrhocorax pyrrhocorax*. На высоте примерно 2200 м гнездится колония альпийской галки *Pyrhocorax graculus*.

Летняя орнитофауна поселка Нижний Архыз состоит из 16 видов птиц 10 семейств. Преобладают семейства дроздовые (*Turdidae*) – 3 вида (18,75%) и синицевые (*Paridae*) – 3 вида (18,75%). Долю видов, обитающих на урбанизированной территории можно разделить на 2 группы: доминантные, к которым относятся домовый воробей (29,37%) и городская ласточка (21,68%); второстепенные виды – 14 видов с долей участия 48,95%. Общая плотность орнитонаселения – 1274,5 особи/км<sup>2</sup>. К лидерам по плотности населения относятся: домовый воробей – 374,3 ос./км<sup>2</sup> и городская ласточка – 276,3 ос./км<sup>2</sup>.

По фауногенетическому анализу орнитоценоз поселка принадлежит 6 типам: транспалеарктическому, сибирскому, монгольскому, средиземноморскому, европейскому и китайскому с преобладанием европейского типа фауны (50%). Пространственная структура образуется выделением видов по месту расположения гнезд и биотопической приуроченности. Вертикальная структура сложена 4 ярусами гнездования, антропогенное гнездование является доминантным, к нему относится 6 видов (37,5%); дуплогнездное – 5 видов (31,25%); кроногнездное – 4 вида (25%) и к наземногнездящимся принадлежит 1 вид (6,25%). Доминирует синантропный и лесоопушечный экологический комплекс (по 6 видов (37,5%)). Также 4 вида (25%) относятся к лесному комплексу. Доминируют питающиеся безпозвоночными – 12 видов (75%). Смешанное питание имеют 3 вида (18,75%) и 1 растительноядный вид (6,25%). На земле кормятся 8 видов (50%), на кронах – 5 (31,25%), в воздухе – 3 (18,75%). Индекс видового богатства Маргалефа – 3,02. Индекс Шеннона – 2,23.

Территория поселка испытывает сравнительно максимальную антропогенную нагрузку, здесь отмечено наименьшее количество видов, для которых характерна очень высокая плотность.

На территории Аланского городища было встречено 30 видов птиц из 10 семейств. Наибольшее количество особей принадлежит славковым *Sylviidae* – 11 видов (36,7%). Доминантами по численности особей является деревенская ласточка (15,6%) и зяблик (11,6%). Виды субдоминанты: певчий дрозд *Turdus philomelos* (9,1%), большая синица *Parus major* (7,8%), болотная камышевка *Acrocephalus palustris* (6,5%). Суммарная доля участия – 23,4%. На долю второстепенных видов приходится 25 видов (49,4%). Общая плотность авифауны – 1350,5 особи/км<sup>2</sup>. Наибольшая плотность наблюдается у деревенской ласточки – 424,8 ос./км<sup>2</sup> и большой синицы – 212,4 ос./км<sup>2</sup>.

На территории Аланского городища находятся как древние сооружения, так и относительно современные небольшие постройки. Чередование густой кустарниковой, древесной растительности с открытыми участками пойменного луга сформировали богатый видами орнитокомплекс. Авифауна Аланского

городища представлена 4 типами: европейским, транспалеарктическим, монгольским, китайским. Большинство видов принадлежит европейскому типу фауны – 20 видов (66,7%). Выделено 5 ярусов гнездования. Доминирующим типом является гнездование на кустарниках – 11 видов (36,7%) и кроногнездные – 9 видов (30%). Половина видов (15 или 50%) относится к лесоопушечному биотопическому экологическому комплексу. Преобладают питающиеся беспозвоночными (83,3%), присутствуют виды смешанного типа (13,4%) и растительноядные (3,3%). Большинство птиц ищут корм на земле (40%), на кустарниках – 33,4%, на кронах – 20%, в воздухе и на стволах (6,6%). Индекс видового богатства Маргалёфа – 5,8. Индекс Шеннона – 3.

Видовое разнообразие является самым простым и ёмким показателем для сравнения нескольких территорий. Наибольшее количество видов отмечено на горном маршруте, средний показатель – в Аланском городище и меньше всего в посёлке. Лишь этот показатель указывает нам на выраженную нарушенность ландшафта в Нижнем Архызе, по сравнению с горной местностью и городищем. Конечно, на этот показатель влияют и другие факторы, такие как протяженность исследованного маршрута и особенности ландшафта. Самый протяженный маршрут в горной местности, а значит видовое разнообразие вследствие этого значительно выше. Также на урбанизированных территориях не мало значение играет человека, который является одним из фактором изменения как качественного, так и количественного состава орнитофауны. В городах увеличивается количество синантропных видов, что сказывается на всём орнитокомплексе в целом. Сравнение плотности видов дает более качественную оценку. Показатель плотности орнитонаселения не зависит от длины маршрута. Анализировать можно как общую плотность, так и плотность каждого вида в отдельности. Наибольшей плотностью обладает горный биотоп (1775,18 особи/км<sup>2</sup>), затем Аланское городище (1350,5 особи/км<sup>2</sup>) и Нижний Архыз (1274,5 особи/км<sup>2</sup>). Этот показатель также указывает на меньшую нарушенность именно горного маршрута.

Еще одним показателем являются индексы видового богатства (Маргалёфа и Шеннона-Уивера). При сравнении 3 биотопов самым высоким показателем обладала также горная территория. Проверка на достоверность отличий по Шеннону показала, что у всех трех биотопов есть значимые отличия при  $\alpha=0,001$ .

Доминирование – также важный показатель состояния биотопа. Каждый биотоп может иметь свои виды индикаторы, их отсутствие или присутствие, а также их количество и плотность может многое сказать о биотопе. На городской территории наибольшая плотность и встречаемость характерна для синантропных видов. Они являются доминирующими в урбанизированных ландшафтах, что и подтверждает результат эколого-фаунистического анализа территории поселка Нижний Архыз, в котором преобладает антропогенное гнездование и синантропный экологический комплекс. Присутствие этих видов уже может сказать об определенной нарушенности городского биотопа. На горной территории количество синантропных видов минимально

и видами-доминантами являются горный конёк и московка. Но незначительное присутствие синантропных видов свидетельствует о начинающейся трансформации естественных биотопов. Здесь преобладают кроногневные виды и большее количество видов относится к лесоопушечному экологическому комплексу. Растительный ландшафт горной территории разнообразен. На одних участках преобладает древесная растительность, на других – поля с низкой травяной растительностью. Фитоландшафт влияет как на гнездование, так и кормление видов. Поэтому его состояние имеет прямое влияние на орнитокомплексы. В Аланском городище доминантами по численности особей является деревенская ласточка и зяблик. Преобладает гнездование в кустарниках и кормление птиц на земле. Умеренное антропогенное воздействие в виде немногочисленных экскурсий не оказывает отрицательного воздействия на орнитофауну Аланского городища и является тем случаем, когда деятельность человека способствует увеличению видового богатства орнитофауны, так как постройки стали нишами для укрытия и гнездования.

Влияние антропогенных факторов на горной территории в целом меньше, чем в предгорной местности. Влияет выпас скота, туристические группы и легковой автотранспорт. Но это является не только угнетающим фактором, так выпас скота и вытаптывание им травы создает возможность наземникам добывать себе пищу, привлекает хищников и падальщиков. Пасущиеся стада являются превалирующим фактором в выборе места гнездования альпийской галки.

Значительная антропогенная нагрузка отрицательно сказывается на количественно-видовом составе посёлка Нижний Архыз. Состав авифауны значительно беднее, по сравнению с другими биотопами. Птицы активно селятся в домах и парках, находя пропитание не только в самом посёлке, но и в прилегающих долинах.

Таким образом, эколого-фаунистическая характеристика орнитоценозов отражает степень антропогенного воздействия, но требует длительного и точного изучения.

*Исследования проведены при поддержке Казанского (Приволжского) федерального университета.*

#### **Библиографический список**

1. Дьяконова И. В. Околелов А. Ю. Население птиц как показатель качества среды // Вестник Томского государственного университета. 2014. Т. 19, Вып. 5. С. 1272–1275.
2. Соловьев А. Н. Биоиндикационное значение птиц в современных условиях // Современные проблемы природопользования, охотоведения и звероводства. 2012. Вып. 1. С. 236–237.
3. Захаров В. Д. Влияние рекреационной нагрузки на сообщества птиц в лесах Южного Урала // Изв. Челяб. Научного центра. 1998. Вып. 1. С. 75–80.
4. Равкин Ю. С. К методике учета птиц лесных ландшафтов // Природа очагов клещевого энцефалита на Алтае. Новосибирск, 1967. С. 66–75.

## ДИНАМИКА *HIRUNDO RUSTICA* И *DELICHON URBICUM* В г. КАЗАНИ, г. ОРСКЕ И КАРАЧАЕВО-ЧЕРКЕСИИ

Д. Р. Сиргалина

Казанский федеральный университет, [deankiss254@gmail.com](mailto:deankiss254@gmail.com)

В статье исследована динамика численности ласточки городской и ласточки деревенской на антропогенно-преобразованных территориях, а также их межвидовые взаимодействия. Изучены горизонтальное и вертикальное распределение видов. Были сравнены кормовые спектры и площади кормовых территорий.

Ключевые слова: динамика численности, городская ласточка, деревенская ласточка.

Несмотря на то, что городская и деревенская ласточки относятся к наиболее обыкновенным видам, в последнее время нами замечено снижение численности во многих районах России, а также Европе. На то есть множество причин: нехватка пищи, плохая погода (град нередко становится причиной гибели), естественные враги, такие как чеглок, дневные хищники, известен случай нападения грача на *Delichon urbicum* [1]. Также, очень часто ласточки являются хозяевами паразитов. Но самым главным врагом для этих птиц является человек. Начиная от прямого истребления и заканчивая гибелью птиц из-за изменений в окружающей среде по вине технического прогресса. Большой вред воронку наносит ремонт фасадов зданий с остеклением балконов. Сокращение численности деревенской ласточки происходит из-за исчезновения традиционных сельских зон, старых сельских домов, удобных для гнездования, а также из-за уничтожения лугов, служащих ласточкам для охоты. Сокращению вида также способствует увеличение количества автотранспорта. Но больше всего влияют на ласточек не действия отдельных людей, направленные прямо против этих птиц, а неумышленная деятельность человека. Асфальтируя дороги, люди думают не об избавлении от ласточек, а о транспорте и пешеходах. Также опасными являются ядохимикаты, направленные на борьбу с вредителями, а не с насекомыми, которыми питаются птицы. Именно такая неумышленная деятельность человека и привела к тому, что численность *Hirundo rustica* и *Delichon urbicum* снижается с каждым годом.

Наблюдения за распределением колоний вели линейным маршрутным учетом и точечным учетом в г. Казани, в г. Орске в летний период 2017–2020 гг. В Карачаево-Черкесии наблюдения проводили в течение трех сезонов с 22 по 28 июня 2017 г., с 20 по 28 июня 2018 г. и с 20 по 28 июня 2019 г. Суточную активность ласточек определяли визуальными наблюдениями с 9:00 до 20:00 в течение 15 дней для городской ласточки и в течение трех дней для деревенской ласточки. Для выявления активности кормления

птенцов регистрировали количество влетов взрослых особей в гнезда два раза в сутки по 10 минут.

Статистическая обработка результатов исследования осуществлялась с помощью программы Statistica 10.0. Количественные величины были представлены как среднее  $\pm$  стандартное отклонение. Для проверки статистических гипотез о виде распределения был применен критерий Shapiro-Wilk's. Во всех случаях распределение признаков не соответствовало закону нормального распределения. Выборки сравнивали непараметрическим тестом Краскелла-Уоллиса, апостериорный анализ провели тестом Ньюмана-Кейлса. Величину уровня значимости  $p$  принимали равной 0,05. Сравнение пищевых спектров считали по индексу Жаккара.

О численности *Delichon urbicum* и *Hirundo rustica* в прошлые века практические ничего не известно. В 1788 г. Д. Н. Зиновьев отнес городскую ласточку к «диким видам». В конце 18 века сведения о ласточках были опубликованы в орнитологических работах М. Д. Рузского. Далее А. А. Першаков определяет статус видов как «наиболее обыкновенных». Этот статус сохраняется и в настоящее время, но по нашим наблюдениям в последнее время численность ласточек сокращается, поэтому нужны детальные исследования.

В г. Казани около 20 лет назад на улице Сибирский тракт существовала колония городской ласточки. Гнезда находились под балконами вторых и третьих этажей жилых домов, но из-за увеличения автотранспорта колония исчезла. Большое число гнезд *Delichon urbicum* располагались в районах со старыми постройками. Так, в начале 80-х годов профессор И. И. Рахимов отмечал колонии городской ласточки по улицам Павлюхина, Белинского, Декабристов, Восстания. Но реконструкция зданий привела к тому, что к 2000 г. в Казани осталось лишь несколько колоний: на проспекте Ибрагимова, в речном порту, в районе старого автовокзала, в поселках Дербышки и Левченко.

Много лет подряд большая колония воронка гнездилась на опорах моста Ленинской дамбы у Казанского Кремля. Но в 2013 г. при полной реконструкции моста численность сильно сократилась. В 2017 г. единичные пары были замечены над р. Казанка в районе нового моста. Осмотр в 2019 г. выявил около 20 гнезд, которые были построены на опорах моста, но все гнезда были заброшены. При последующем обследовании мы так и не обнаружили там ласточек. В начале 2019 г. в мае городская ласточка была замечена в районе моста Миллениум, под ним находилось 235 гнезд. С левой стороны (восточная экспозиция) было 162 гнезда, а с правой (западная экспозиция) – 73. Не все гнезда были жилыми. В 2020 г. в июне мы также обследовали данное место и обнаружили там 7 жилых гнезд. Остальные гнезда были по-прежнему заброшены. Интересно то, что, несмотря на шум и интенсивный поток транспорта птицы не проявляют признаки тревоги.

Гнездование *Hirundo rustica* отмечалось в частном секторе Кировского и Московского районов и в ряде поселков, входящих в черту г. Казани: Кадышево, Савиново, Юдино. Также, в июле 2018 г. на территории аэродрома

«Куркачи» под козырьком крыльца помещения для отдыха персонала было обнаружено гнездо деревенской с тремя птенцами. Один из слетков выпал на землю. Когда мы пытались поднять птенца, чтобы поместить его обратно в гнездо, взрослые особи попытались на нас напасть и отгоняли от птенца. Ближайшее поселение деревенской ласточки было в 1 км от аэродрома в д. Ямашурма.

По опросу местных жителей, в г. Орске в 2017 г. небольшая колония деревенской ласточки гнездилась в окрестностях Орска, в гаражах п. Геологов. В 2018–2019 гг. ни одной пары в этом месте не осталось. Но в 2020 г. на Орском карьере управления нами было обнаружено около 12 особей *Hirundo rustica*. Гнезда находились внутри гаража. Птицы отлетали от места гнездования примерно на 100 м и садились на провода линии электропередачи высотой 7 м. Это первый раз, когда мы наблюдали деревенскую ласточку в данном месте.

В литературных источниках на территории Кавказа ласточка упоминается в списках первой половины 17 века и во второй половине 18 века [2]. В настоящее время в Карачаево-Черкессии деревенская ласточка распространена во всех населенных пунктах от г. Невиномысска до п. Нижний Архыз. Отдельные пары деревенских ласточек гнездятся в заброшенных храмах памятника Архызское городище. В 2018 г. в Северном храме находилось 38 гнезд, из которых 30 жилых, в Среднем храме – 3 жилых. В 2019 г. в Северном храме – 42 гнезда, из которых 14 жилых. В Среднем храме 11 гнезд, из которых 5 жилых. Колония увеличила свою численность по сравнению с 2018 г. Нежилые гнезда расположены достаточно низко, можно дотянуться рукой. Храмы регулярно посещаются туристами.

Городская ласточка предпочитает селиться в населенных пунктах с высотной застройкой (п. Зеленчук, п. Нижний Архыз). Гнезда устраивает на балконах жилых домов, на оконных откосах административных зданий. Нами был замечен интересный случай гнездования *Delichon urbicum* в естественном биотопе. Для постройки своих гнезд она использовала металлическую опору, высотой 2070 м. В 2017 г. колония состояла из 22 гнезд (9 гнезд на северной стороне балки и 13 – на южной). В 2018 г. численность колонии выросла до 44 гнезд (26 гнезд на южной стороне и 18 на северной). В этой колонии было также 1 гнездо деревенской ласточки.

При анализе горизонтальной структуры кормовых участков выяснилось, что территория, на которой ласточки охотятся, представляет собой открытые, лишенные древесной растительности участки. Радиус кормовой территории городской ласточки – 350 м. Радиус кормовой территории деревенской довольно небольшой: птицы отлетают не дальше 160 м от гнезд. На вертикальную структуру кормовых участков прямо влияет наличие или отсутствие пищевых конкурентов. При совместном обитании деревенской и городской ласточек, городская ласточка занимает ярус выше деревенской. В отсутствии городской ласточки деревенская охотится выше.

При сравнении активности кормления птенцов наблюдали межвидовые отличия. Частота кормления городской ласточки составляет 0,17 раз в мин. (n=210), деревенской – 0,22 раза в мин. (n=30). Пара городской ласточки, дно гнезда которого отвалилось и птенцы чудом держались внутри него, кормила птенцов значимо чаще ( $p=,00001$ ) соседей.

Сравнивая пищевые предпочтения изучаемых видов (по литературным источникам) выявили, что у городской и деревенской ласточек пищевой спектр совпадает на 56% .

Исходя из наших исследований, мы выяснили, что на урбанизированных территориях численность ласточек сокращается. За пределами городской территории наблюдается положительная динамика численности *Hirundo rustica* и *Delichon urbicum*, но в пределах города численность городской ласточки заметно снижается. Исходя из этого, необходимо предпринимать меры по сохранению численности ласточек, проводить мероприятия по привлечению их на гнездование в города. Необходимо увеличивать площади, занятые растительностью, бороться с загрязнением окружающей среды, строить искусственные гнездовья. Привлечение птиц поможет увеличить биоразнообразие, а это на данный момент является приоритетной задачей.

Выводы. 1. Поселение городской ласточки всегда колониально, тогда как деревенская живет микроколониями и единично.

2. Активность кормления птенцов выше у деревенской ласточки: частота кормления птенцов деревенской ласточкой составляет 0,22 раза в минуту (n = 210). Частота кормления птенцов городской ласточкой составляет 0,167 раз в минуту (n = 30).

3. При совместном обитании деревенской и городской ласточек, городская ласточка занимает ярус выше деревенской. В отсутствие городской ласточки деревенская охотится выше.

4. Пищевая конкуренция выше между городской и деревенской ласточками. Их пищевой спектр совпадает на 56%.

#### **Библиографический список**

1. Мерзликин И. Р. О факте хищничества грача на городскую ласточку // Беркут 9. 2000. Т. 1/2. С. 11.
2. Рахилин В. К. Орнитогеография России. Ин-т истории естествознания и техники им. С. И. Вавилова Рос. акад. наук. М. : Полиграфия, 1997. 252 с.

**Научное издание**

**БИОДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНЫХ И  
ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫХ СИСТЕМ**

Материалы

XVIII Всероссийской научно-практической конференции

с международным участием

18 ноября 2020 г.

Компьютерная верстка: Е. М. Кардакова

Дизайн обложки: В. В. Рутман

Вятский государственный университет,

610000, г. Киров, ул. Московская, 36.

Подписано к печати 10.11.2020. Формат 60 x 84/16.

Бумага офсетная. Гарнитура Times.

Усл. п. л. 16,66. Тираж 50 экз. Заказ 60.

Отпечатано с готового оригинал-макета

в типографии ООО «Издательство «Радуга-ПРЕСС».

610029, г. Киров, п. Ганино, ул. Северная, 49А. Тел. (8332) 26-23-90

E-mail: raduga-press@list.ru