

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«ПЕРМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В БИОЛОГИИ И ЭКОЛОГИИ

*Материалы региональной студенческой научной
конференции с международным участием*



Пермь 2020

УДК 57+58+59+613

ББК 28

Ф947

Фундаментальные и прикладные исследования Ф947 в биологии и экологии: материалы региональной студенческой научной конференции с международным участием / гл. ред. Н. Н. Паньков; отв. ред. А. Б. Крашенинников; Пермский государственный национальный исследовательский университет. – Пермь, 2020. – 155 с.

ISBN 978-5-7944-3557-3

Материалы конференции отражают результаты студенческих исследований по биологии и экологии, проводящихся в вузах г. Перми. Статьи сборника охватывают широкий спектр научных проблем в области биологии и экологии и представляют интерес для научных работников, преподавателей вузов и средних школ, аспирантов и студентов (биологов, экологов, географов).

УДК 57+58+59+613

ББК 28

Печатается по решению организационного комитета конференции

Редакционная коллегия:

М. А. Бакланов, С. В. Боронникова, А. А. Елькин, О. З. Еремченко, С. Л. Есюнин, А. Б. Крашенинников (отв. редактор), ***С. А. Овеснов, Н. Н. Паньков*** (гл. редактор), ***С. П. Тендрякова, О. Ю. Устинова***

ISBN 978-5-7944-3557-3

© ПГНИУ, 2020

Предисловие

Существенным (а ныне – и обязательным) компонентом подготовки специалиста является формирование навыков организации и проведения научно-исследовательской работы. Начало научной жизни у многих известных ученых связано со студенческими годами. При этом важно, чтобы студент умел подготовить к публикации результаты своих исследований, поскольку обязательным условием жизни научных идей является их распространение в среде специалистов. На биологическом факультете сформировалась традиция: публикация лучших работ, представленных на конференции.

Процесс изложения результатов своих исследований на бумаге (в виде курсовой или выпускной работы, статьи), как и подготовка доклада, является не менее важным элементом образовательного процесса, чем лекции, лабораторные и практические занятия, семинары. В ходе написания работы происходит процесс осмысления и обобщения понятий и положений, существующих в данной науке. Настоящее понимание сути поставленной задачи, изученности проблемы, научной и практической актуальности и значения своей работы приходит обычно при подготовке доклада, как наиболее концентрированной формы изложения результатов исследования.

В настоящий сборник включены только те материалы, которые были рекомендованы кафедрами. В целом они отражают научную проблематику, в разработке которой принимают участие студенты, специализирующиеся на соответствующих кафедрах вузов г. Перми.

Редакционная коллегия

Секция «Ботаника, генетика и экология растений»

Молекулярно-генетический анализ популяций плотвы обыкновенной (*Rutilus rutilus* L.) на территории Пермского края

Е.В. Нехороших, студент 4 курса биологического факультета ПГНИУ

Научный руководитель – канд. биол. наук, доцент **Ю.С. Васильева**

Проблема оценки и прогноза степени деградации водоемов под воздействием антропогенных загрязнений и глобальных изменений окружающей среды остается по-прежнему актуальной. Для оценки их состояния одним из наиболее удобных и показательных биологических объектов являются рыбы, в частности, плотва обыкновенная [1]. Молекулярно-генетические исследования популяций *R. rutilus* в бассейне р. Камы на территории Пермского края ранее не проводились. Результаты такого исследования важны для понимания факторов, определяющих генетическую структуру популяции, представителей одной из важных групп промысловых объектов – карповых рыб, в частности, плотвы обыкновенной.

Цель данной работы – провести молекулярно-генетический анализ пяти выборок из популяций плотвы обыкновенной *Rutilus rutilus* L. бассейна реки Кама на территории Пермского края.

Объектом исследований являлись 5 выборок *Rutilus rutilus* L. (сем. *Cyprinidae*): P1_ls – из Лысьвенского пруда, P2_snt – из Мотовилихинского пруда (г. Пермь), P3_sk – из Суксунского пруда, P4_us – из Судинского и Усановского прудов, P5_ch – из р. Камы, протекающей через г. Чайковский. Анализ полиморфизма ДНК проведен у 166 проб ДНК *R. rutilus*. Геномную ДНК выделяли модифицированным методом Д. Х. Кота-Санчеза [2]. В качестве оптимальных условий выделения использовали мягкие мышечные ткани, зафиксированных в этаноле 96% по 200 мг [3]. Для молекулярно-генетического анализа применялся ISSR-метод анализа полиморфизма ДНК [4]. Амплификацию ДНК проводили по типичной для ISSR-метода программе [5]. Ампликоны разделяли электрофорезом в 1,7% агарозном геле в 1xTBE буфере, окрашивали бромистым этидием.

Фотографирование и анализ электрофореграмм проводили с помощью системы гель-документации GelDoc и программы «Quantity One». Компьютерный анализ данных проведен с помощью программ POPGENE32 и GenAlEx 6.0. На основе матрицы бинарных признаков была рассчитана матрица генетических различий, на основании которой UPGMA-методом была построена дендрограмма, отражающая степень сходства исследуемых выборок. При молекулярно-генетическом анализе пяти выборок плотвы выявлено 137 ISSR-маркеров. Установлена высокая доля полиморфных локусов, исследуемых выборок ($P_{95}=0,956$). Ожидаемая гетерозиготность (He) на общую выборку составила 0,150. На наибольшем генетическом расстоянии (D) находятся P3_sk и P4_us ($D = 0,301$), на наименьшем – выборки P2_snt и P1_ls ($D = 0,143$). На дендрограмме изученные популяции сформировали 2 кластера (рис. 1). В первый кластер вошли выборки P1_ls, P2_snt и P3_sk, выборки P4_us и P5_ch образовали отдельный кластер. Узлы ветвления имеют не высокий индекс бутстрепа (около 50%), что говорит о низкой достоверности межкластерных различий. Такое распределение выборок на дендрограмме согласуется с их географическим расположением.

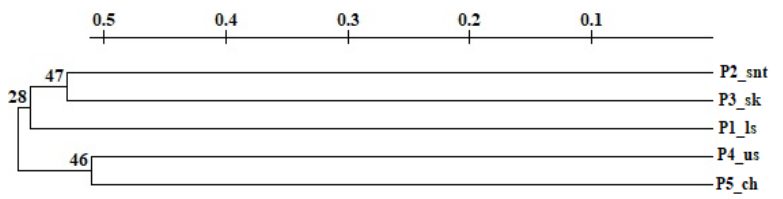


Рисунок 1. Дендрограмма генетического сходства 5 выборок *R. rutilus*, построенная UPGMA-методом; шкала сверху – генетическое расстояние; на дендрограмме цифрами указаны значения бутстрепа (в %)

Анализ генетической структуры показал, что большая доля из общего генетического разнообразия ($Ht = 0,247$) сосредоточена внутри выборок, а на межвыборочную компоненту приходится около 40% ($Gst = 0,393$) всей генетической изменчивости (табл.1).

Таким образом, изученные популяции плотвы обыкновенной в значительной степени дифференцированы. Для сохранения и восстановления рыбных ресурсов необходимо изучение генетического

разнообразия и структуры популяций с учетом внутри- и межпопуляционной дифференциации.

Таблица 1 – Генетическая структура 5 выборок *R. rutilus* на основании полиморфизма ISSR-маркеров

ISSR-праймер	<i>Ht</i>	<i>Hs</i>	<i>Gst</i>
ISSR-8	0,223 (0,210)	0,126 (0,007)	0,436
M1	0,226 (0,028)	0,128 (0,009)	0,433
CR-218	0,240 (0,017)	0,164 (0,010)	0,314
X11	0,261 (0,022)	0,152 (0,010)	0,420
M3	0,287 (0,014)	0,177 (0,008)	0,384
На общую выборку	0,247 (0,020)	0,150 (0,009)	0,393

Прим.: *Ht* – общее генное разнообразие; *Hs* – внутривнутрипопуляционное разнообразие; *Gst* – показатель подразделенности популяций

Библиографический список

1. Котегов Б.Г. Морфобиологические особенности плотвы *Rutilus rutilus* (L.) в антропогенных водоемах Удмуртии: дис. канд. биол. наук. Ижевск, 2002. 237 с.
2. Cota-Sanchez J.H., Remarchyk K., Ubayasena K. Ready-to-use DNA Extracted with a CTAB Method Adapted for Herbarium Specimens and Mucilaginous Plant Tissue // Plant Molecular Biology Reporter. 2006. Vol. 24, P.161–167.
3. Нехороших Е.В. Оптимизация методики выделения ДНК и анализ эффективности ISSR-праймеров для изучения генетического полиморфизма *Rutilus rutilus* L. бассейна реки Кама // Сборник материалов международной конференции «Проблемы антропогенной трансформации природной среды». Пермь: Перм. гос. нац...у-т, 2019. С. 275–277.
4. Zietkiewicz E., Rafalski A., Labuda D. Genome fingerprinting by simple sequence repeat (SSR) – anchored polymerase chain reaction amplification // Genomics. 1994. V. 20, P. 176–183.
5. Падутов В.Е., Баранов О.Ю. Воропаев Е.В. Методы молекулярно-генетического анализа. Минск: Юнипол, 2007. 176 с.

Биоразнообразии макромицетов на ООПТ «Осинская лесная дача»

Д.В. Патракова, студентка 2 курса магистратуры биологического факультета ПГНИУ

Научный руководитель – профессор *Л.Г. Переведенцева*

Грибы представляют собой большую группу гетеротрофных организмов. Распространены они почти повсеместно, во всех широтных ботанических зонах и растительных поясах, но особенно много их в лесах различного состава. Велика роль грибов в природе и жизни человека. Они участвуют в синтезе и распаде органических веществ, используются человеком как ценный пищевой продукт, а также могут служить индикаторами степени негативного влияния человека на природные сообщества. Взаимодействие растений и грибов поддерживают в равновесии химический состав атмосферы.

Грибы очень разнообразны. Макромицеты – грибы, общим признаком которых является наличие крупных плодовых тел, заметных невооружённым глазом. Большинство из макромицетов относятся к отделам базидиальных (Basidiomycota) и сумчатых (Ascomycota) грибов.

Усиливающееся с каждым годом антропогенное воздействие пагубно влияет на природу и приводит к снижению биоразнообразия многих видов живых организмов, в том числе и грибов. Многие редкие виды грибов исчезают, другие – меняют место обитания, а некоторые и способ питания. В связи с этим большое значение имеет исследование биоразнообразия грибов как на территории Пермского края в целом, так и на уже имеющихся особо охраняемых территориях (ООПТ).

Планомерное изучение разнообразия агарикоидных базидиомицетов на территории Пермского края было начато в 1975 году маршрутным и стационарным методами [1] и продолжается до настоящего времени.

Изучение макромицетов на ООПТ «Осинская лесная дача» никем не проводилось, в связи с чем мы занялись исследованием разнообразия грибов этой группы.

Цель работы: изучение биоразнообразия макромицетов на особо охраняемой природной территории «Осинская лесная дача». Для достижения поставленной цели необходимым было решение следующих задач:

1. выявить видовой состав макромицетов на ООПТ «Осинская лесная дача»;
2. провести анализ таксономической структуры макромицетов;
3. обнаружить редкие виды;
4. установить соотношение эколого-трофических групп макромицетов;
5. выявить видовой состав съедобных и несъедобных видов грибов.

Материалом послужили собственные сборы, проведенные в сентябре–октябре 2018 г. и в мае–октябре 2019 г. на ООПТ «Осинская лесная дача». Названия и объем таксонов приведены согласно базе данных MocoBank [2]. Для каждого гриба устанавливалась принадлежность к эколого-трофическим группам [3]: сапротрофы: *St* – на подстилке, *Hu* – на гумусе, *Le* – на древесине (ксилотрофы), *M* – на мхах (бриотрофы). Биотрофы: *Mr* – микоризообразователи; *P* – паразиты.

ООПТ «Осинская лесная дача» расположена на равнинно-предгорной местности. Древостой образован, в основном, темнохвойными древесными породами: елью и пихтой. При этом ель явно преобладает. По мере продвижения с севера на юг региона постепенно увеличивается количество лиственных пород. В напочвенном покрове преобладают зеленые мхи, на возвышениях рельефа – кислица, в понижениях – кукушкин лен [4]. Из широколиственных пород произрастают: липа, клен, ильм, вяз, иногда дуб, а среди кустарников – бересклет бородавчатый и лещина обыкновенная [5].

За время исследования нами на ООПТ было обнаружено 79 видов грибов, из них 4 вида относятся к 2 порядкам, 4 семействам и 4 родам отдела Ascomycota. Остальные 75 видов относятся к 6 порядкам, 25 семействам и 42 родам отдела Basidiomycota, список которых приводится далее.

Список видов макромицетов, обнаруженных на ООПТ «Осинская лесная дача»:

Отдел Ascomycota – сумчатые грибы. Порядок Helotiales – гелоциевые. Сем. *Chlorociboriaceae* – хлороцибориевые: *Chlorociboria* – хлороцибория (*C. aeruginascens* – х. сине-зеленоватая, *Le*, несъед.); сем. *Helotiaceae* – гелоциевые: *Bisporella* – биспорелла (*B. citrina* – б. лимонно-желтая, *Le*, несъед.).

Порядок Pezizales – пезизальные. Сем. *Discinaceae* – дисциновые: *Gyromitra* – строчок (*G. esculenta* – с. обыкновенный, *Mr*, *St*, яд., у/съед.); сем. *Morchellaceae* – сморчковые: *Ptychoverpa* – шапочка (*P. bohemica* – сморчковая шапочка, *Mr*, у/съед.).

Отдел Basidiomycota – базидиальные грибы. Порядок Agaricales – агарикальные. Сем. *Agaricaceae* – шампиньоновые: *Calvatia* – головач (*C. utriformis* – г. мешковидный, *Hu*, *St*, несъед.); *Cystoderma* – цистодермелла (*C. adnatifolia* – ц. приросше-пластинковая, *St*, несъед.); *Lycoperdon* – дождевик (*L. perlatum* – д. жемчужный, *Hu*, *St*, съед.; *L. pyriforme* – д. грушевидный, *Le*, *St*, несъед.); *Macrolepiota* – зонтик (*M. procera* – з. высокий, *Hu*, съед.; сем. *Amanitaceae* – мухоморовые: *Amanita* – мухомор, поплавок (*A. citrina* – м. лимонный, *Mr*, яд.; *A. muscaria* – м. красный, *Mr*, яд.; *A. porphyria* – м. порфиновый, *Mr*, яд.; *A. vaginata* – п. серый, *Mr*, съед.); сем. *Coprinaceae* – навозниковые: *Coprinopsis* – копринописис, навозник (*C. nivea* – н. белый, *Hu*, несъед.); сем. *Cortinariaceae* – паутинниковые: *Cortinarius* – паутинник (*C. armillatus* – п. браслетчатый, *Mr*, съед.; *C. mucosus* – п. слизистый, *Mr*, съед.; *C. triumphans* – п. триумфальный, приболотник, *Mr*, съед.); сем. *Hygrophoraceae* – гиgroфоровые: *Hygrophorus* – гиgroфор (*H. agathosmus* – г. душистый, *Mr*, о.р., несъед.; *H. hypothejus* – г. поздний, *Mr*, съед.; *H. olivaceoalbus* – г. оливково-белый, *Mr*, несъед.; *H. piceae* – г. еловый, *Mr*, несъед.); сем. *Mycenaceae* – миценовые: *Mycena* – мицена (*M. filipes* – м. нитевидноножковая, *St*, несъед.; *M.*

galericulata – м. колокольчатая, *Le*, несъед.; *M. haematopus* – м. пурпурномлечная, *Lep*, несъед.; *M. pura* – м. чистая, *St*, яд.; *M. sanguinolenta* – м. красномлечная, *St*, *Le*, несъед.); сем. *Omphalotaceae* – омфалотовые: *Gymnopus* – гимнопус (*G. androsaceus* – г. тычинковидный, *Fd*, *St*, несъед.; *G. dryophilus* – г. дубравный, *St*, съед.; *G. perforans* – г. продырявливающий, *Fd*, *St*, несъед.); сем. *Physalacriaceae* – физалакриевые: *Armillaria* –

армиллария, опёнок (*A. mellea* – о. осенний, *Le*, *P*, съед.); *Strobilurus* – стробилурус, шишколюб (*S. stephanocystis* – ш. увенчанный, *St*, несъед.; сем. *Pluteaceae* – плутеевые: *Pluteus* – плутей (*P. cervinus* – п. олений, *Le*, *Mr*, съед.); сем. *Schizophyllaceae* – схизофилловые, щелелистниковые: *Schizophyllum* – щелелистник (*S. commune* – щ. обыкновенный, *Le*, несъед.); сем. *Strophariaceae* – строфариевые: *Galerina* – галерина (*G. atkinsoniana* – г. Аткинсона, *Le*, несъед.; *G. hypnorum* – г. гипсовая, *M*, несъед.; *G. unicolor* – г. окаймленная, *Le*, яд.); *Kuehneromyces* – кюнеромицес (*K. mutabilis* – опенок летний, *Le*, съед.); сем. *Tricholomataceae* – трихоломовые, рядовковые: *Ampulloclitocybe* – ампуллоклитоцибе, говорушка (*A. clavipes* – г. булавоногая, *St*, съед.); *Cantharellula* – кантареллула (*C. umbonata* – к. бугорковая, *St*, съед.); *Clitocybe* – говорушка (*C. dealbata* – г. побеленная, *St*, яд.; *C. odora* – г. душистая, *St*, *Mr*, несъед.; *C. phyllophila* – г. листолюбивая, *St*, яд.); *Infundibulicybe* – инфундибулицибе (*I. geotropa* – говорушка подогнутая, *St*, о. р, съед.; *I. gibba* – говорушка ворончатая, *St*, съед.); *Lepista* – леписта (*L. flaccida* – л. рыже-бурая, *St*, несъед.); *Tricholoma* – рядовка (*T. albobrunneum* – р. бело-бурая, *Mr*, яд.; *T. batschii* – р. надломленная, *Mr*, о. р, несъед.; *T. fulvum* – р. желто-бурая, *Mr*, несъед.; *T. imbricatum* – р. черепитчато-чешуйчатая, *Mr*, несъед.; *T. terreum* – р. землистая, *Mr*, съед.); *Tricholomopsis* – трихоломопсис, рядовка (*T. rutilans* – р. желто-красная, *Le*, съед.).

Порядок *Boletales* – болетальные. Сем. *Boletaceae* – трубчатые, болетовые: *Boletus* – болет, боровик (*B. edulis* – белый гриб березовый, *Mr*, съед.); *Chalciporus* – халципор, масленок (*C. piperatus* – перечный гриб, *Mr*, несъед.); *Leccinum* – лекцин, подберезовик, подосиновик (*L. scabrum* – подбер. обыкновенный, *Mr*, съед.; *L. versipelle* – подос. желто-бурый, *Mr*, съед.); сем. *Gomphidiaceae* – мокруховые: *Chroogomphus* – хроогомф, мокруха (*C. rutilus* – х. пурпуровый, *Mr*, съед.); сем. *Hygrophoropsidaceae* – гигрофоропсидовые: *Hygrophoropsis* – гигрофороп (*H. aurantiaca* – лисичка ложная, *St*, *Le*, съед.); сем. *Paxillaceae* – паксилловые, свинушковые: *Paxillus* – свинушка (*P. involutus* – с. тонкая, *Mr*, яд.); сем. *Suillaceae* – суилловые, маслёнковые: *Suillus* – маслёнко (*S. granulatus* – м. зернистый, *Mr*, съед.; *S. luteus* – м. поздний, *Mr*, съед.; *S. variegatus* – м. желто-бурый, *Mr*, съед.).

Порядок *Hymenochaetales* – гименохетовые. Сем. *Hymenochaetaceae* – гименохетовые: *Coltricia* – сухлянка (*C. perennis* – с. двухлетняя, *Le*, несъед.); *Inonotus* – инонотус (*I. obliquus* – трутовик усеченный, чага, *Le*, несъед.).

Порядок *Polyporales* – полипоровые. Сем. *Fomitopsidaceae* – фомитопсисовые: *Fomitopsis* – фомитопсис (*F. pinicola* – трутовик окаймленный, *Le*, несъед.); *Piptoporus* – пиптопорус (*P. betulinus* – березовая губка, *Le*, несъед.); сем. *Ganodermataceae* – ганодермовые: *Ganoderma* – ганодерма (*G. lipsiense* – трутовик плоский, *Le*, несъед.); сем. *Polyporaceae* –

полипоровые: *Daedaleopsis* – дедалеопсис (*D. confragosa* – трутовик трехцветный, *Le*, несъед.); *Fomes* – фомес (*F. fomentarius* – трутовик настоящий, *Le*, несъед.).

Порядок Russulales – руссулальные. Сем. *Auriscalpiaceae* – аурискальпиевые: *Auriscalpium* – аурискальпиум (*A. vulgare* – шишколюб обыкновенный, *St*, несъед.); сем. *Hericiaceae* – герициевые: *Hericum* – гериций (*H. coralloides* – ежовик коралловидный, *Le*, о. р., несъед.); сем. *Russulaceae* – сыроежковые: *Lactarius* – млечник, груздь (*L. deliciosus* – рыжик сосновый, *Mr*, съед.; *L. pubescens* – белянка, *Mr*, съед.; *L. resimus* – г. настоящий, *Mr*, съед.; *L. torminosus* – волнушка, *Mr*, съед.); *Russula* – сыроежка (*R. aeruginea* – с. зеленая, *Mr*, съед.; *R. albonigra* – с. бело-черная, *Mr*, съед.; *R. foetens* – валуй, *Mr*, съед.; *R. pseudo-olivascens* – с. селедочная, оливковая, *Mr*, съед.).

Порядок Thelephorales – телефоровые. Сем. *Bankeraceae* – банкеровые: *Sarcodon* – саркодон (*S. imbricatus* – ежовик черепитчатый, *St*, *Mr*, съед.).

К отделу Basidiomycota относится 95%, а к отделу Ascomycota причислено 5% от общего числа видов. Это объясняется тем, что на территории Пермского края, в том числе, и на ООПТ «Осинская лесная дача» ранее не проводилось планомерное изучение макроскопических сумчатых грибов. Самым многочисленным является пор. Agaricales, который включает 12 семейств с различным числом видов. В совокупности к этому порядку относится 47 видов грибов, что составляет 59% от общего числа видов. Среди всех семейств преобладают представители сем. *Tricholomataceae* (14 видов; 17,8% от общего числа видов) и сем. *Russulaceae* (8 видов; 10%). Большая доля представителей этих семейств подчеркивает бореальный характер микобиоты. По 5 видов (по 6,3%) обнаружено в семействах *Mycenaceae* и *Agaricaceae*. Менее, чем по 5 видов грибов содержится в 25 семействах, в том числе, 14 семейств оказались одновидовыми. Самыми крупными по числу видов оказались роды *Mycena* и *Tricholoma*. В остальных 44 родах было менее 5 видов грибов. Нами выявлено недостаточное число видов в роде *Cortinarius*, что несвойственно бореальной микобиоте. Вероятно, требуется продолжение исследования микобиоты с целью выявления скрытого биоразнообразия, характерного для этой группы организмов.

В результате исследования нами обнаружен новый вид для Пермского края – *Tricholoma batschii* (рядовка надломленная), относится к сем. *Tricholomataceae* (рядовковые) пор. Agaricales (агарикальные). Данный вид рядовки предпочитает расти на песчаных грунтах в сосновых лесах. Распространение – по всему лесному поясу территории Европы. Активное плодоношение гриба происходит поздней осенью. Образует микоризу с хвойными породами деревьев.

Кроме того, было отмечено 3 вида, которые встречаются очень редко на территории Пермского края. Это *Infundibulicybe geotropa* (говорушка подогнутая), относящаяся к сем. *Tricholomataceae* (пор. Agaricales), *Hygrophorus agathosmus* (гигрофор душистый), сем. *Hygrophoraceae* (пор. Agaricales), *Hericum coralloides* (ежовик кораллоидный) сем. *Hericiaceae* пор. Russulales.

Все обнаруженные нами грибы относятся к 7 эколого-трофическим группам: микоризообразователи, подстилочные сапротрофы, ксилотрофы, бриотрофы, гумусовые сапротрофы, паразиты и сапротрофы на опаде. Наиболее многочисленными оказались микоризные макромицеты – 38 видов (42% от общего числа видов. Самым многочисленным порядком являются агарикальные грибы (Agaricales) с такими родами, как: *Hygrophorus*, *Tricholoma*, *Amanita*, *Cortinarius*, *Pluteus* и *Clitocybe*, следовательно, 50% от общего числа видов среди базидиальных грибов данной группы). Подстилочные сапротрофы находятся следующими по видовому разнообразию в количестве 24 видов (26,4%). Отдел Basidiomycota в большинстве составляют агарикальные грибы, которые по количеству видов в данном отделе они составляют 83%. Группа ксилотрофов насчитывает 21 вид (23%). Гумусовые сапротрофы составляют 4 вида (4,4%), все они из порядка Agaricales. Роды: *Macrolepiota*, *Calvatia* и *Lycoperdon* – это грибы семейства *Agaricaceae*. Из семейства *Coprinaceae* в данную группу входит *Coprinopsis comatus* – навозник белый. Самыми малочисленными группами стали: сапротрофы на опаде (2 вида; 2,2%) – *Gymnopus androsaceus* (гимнопус тычинковидный) и *Gymnopus perforans* (гимнопус продырявливающий); бриотрофы (1 вид) – *Galerina hypnorum* (галерина гипновая); паразиты (1 вид) – *Armillaria mellea* (опенок осенний) (рисунок 1).

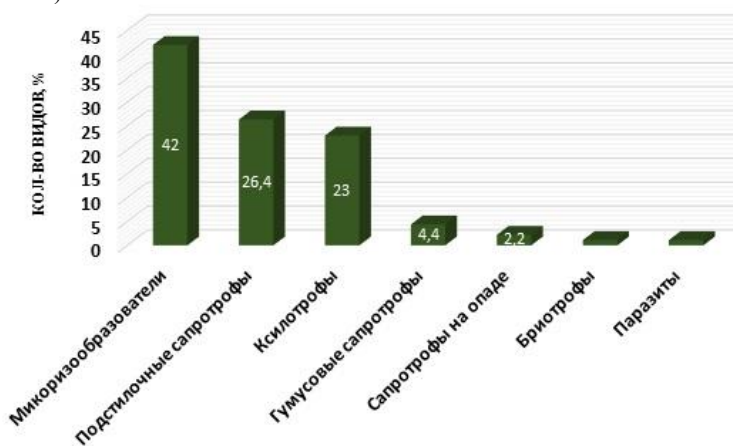


Рисунок 1 – Соотношение видов в эколого-трофических группах макромицетов на ООПТ «Осинская лесная дача» (в процентах от общего числа видов)

По пищевой ценности грибы были подразделены на 4 группы: съедобные, несъедобные, ядовитые и условно-съедобные. Наибольшее число видов являлись съедобными – 36 видов (46% от общего числа видов). Ровно половина съедобных грибов относилась к порядку Agaricales (18 видов). В порядке Russulales съедобными грибами являются 8 видов из родов: *Russula* и *Lactarius*.

А также единственный представитель из порядка Thelephorales – *Sarcodon imbricatus* (ежовик черепитчатый). Чуть меньше, 32 вида (42%) было несъедобных макромицетов, 66% из которых находится в порядке Agaricales. Ядовитых было идентифицировано лишь 9 видов (11%), это представители отдела Basidiomycota пор. Boletales – *Paxillus involutus* (свинushка тонкая) и пор. Agaricales (89%). Самая малочисленная группа – условно-съедобные грибы, в которую входит всего 2 вида (2%) из отдела Ascomycota – *Ptychoverpa bohemica* (сморчковая шапочка) и *Gyromitra esculenta* (строчок обыкновенный).

Таким образом, на ООПТ «Осинская лесная дача» выявлено 79 видов макромицетов, из которых 75 видов относятся к 42 родам, 25 семействам, 6 порядкам отдела базидиальные грибы, а 4 вида относятся к 4 родам, 4 семействам, 2 порядкам отдела сумчатые грибы. В микобиоте преобладают представители сем. *Tricholomataceae* (14 видов; 17,8% от общего числа видов) и сем. *Russulaceae* (8 видов; 10%). Обнаружен новый вид для Пермского края – *Tricholoma batschii* (рядовка надломленная). Грибы входят в состав 7 эколого-трофических групп, из числа которых преобладают микоризные грибы и подстилочные сапротрофы, что характерно для ненарушенных бореальных ценозов.

По пищевой ценности выявлены 4 группы грибов, большая часть которых съедобны (36 видов; 46% всей микобиоты).

Библиографический список

1. Переведенцева Л.Г. Напочвенные макромицеты в лесных биогеоценозах Прикамья // Материалы симпозиума. Л.: Наука, 1977. С. 96–68.
2. MycoBank Database. URL:[http:// www.mycobank.org](http://www.mycobank.org) (дата обращения 13.04.2020).
3. Коваленко А.Е. Экологический обзор грибов из порядков Polyporales s. str., Boletales, Agaricales s. str., Russulales в горных лесах центральной части Северо-Западного Кавказа // Микология и фитопатология. 1980. Т.14, вып.4. С. 300–314.
4. Овеснов С.А. Местная флора. Флора Пермского края и ее анализ: учеб. пособие по спецкурсу. Пермь: Перм. гос. ун-т., 2009. 171 с.
5. География России. Пермский край. URL:<http://www.old.perm.ru> (дата обращения: 28.04.2019).

Молекулярно-генетический анализ редкого вида растений *Pulsatilla flavescens* (Zucc.) Juz. Северного Казахстана

Ю.Ю. Пинаева¹, Н.Н. Бельтюкова¹, Я.В. Сбоева¹, Г.Ж. Султангазина², И.С. Бейшова³, В.А. Ульянов², Р.С. Бейшов²

¹Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2 курс магистратуры биологического факультета

²Костанайский государственный университет им. А. Байтурсынова

³НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана»

Научный руководитель – доцент **Н.Н. Бельтюкова**

Pulsatilla flavescens (Zucc.) Juz. – прострел желтеющий занесён в Красную книгу Казахстана [1]. Лимитирующими факторами этого вида является хозяйственная деятельность человека (распашка земель, выпас скота), сбор цветущих растений на букеты [2]. В настоящее время для сохранения генофондов редких видов растений активно используются молекулярно-генетические методы, основанные на анализе количественных характеристик генетического разнообразия популяций [3].

Целью данной работы является проведение молекулярно-генетического анализа пяти ценопопуляций, расположенных на территории Костанайской области около села Щербакново (Pf1), села Озерное (Pf2) и на территории Акмолинской области около села Макинка (Pf3), села Катарколь (Pf4) и Золотоборского лесничества (Pf5) Северного Казахстана. Для анализа генетического полиморфизма был применен метод межмикросателлитного анализа (ISSR – Inter Simple Sequence Repeats) [4] с использованием пяти эффективных праймеров, выявленных ранее (ISSR1 – (AC)₈T, ISSR3 – (TG)₈AA, M1 – (AC)₈CG, X11 – (AGC)₆G, M27 – (GA)₈AC) [5].

В пяти ценопопуляциях *P. flavescens* было выявлено 146 ISSR-PCR маркеров, среди которых 132 оказались полиморфными ($P_{95}=0,904$). В суммарной выборке число амплифицированных ISSR-PCR маркеров варьировало в зависимости от ISSR-праймера от 23 (ISSR3) до 37 (ISSR1). Число полиморфных фрагментов ДНК в суммарной выборке растений варьировало от 23 до 31, а их размеры – от 180 до 1500 пн.

© Пинаева Ю.Ю., Бельтюкова Н.Н., Сбоева Я.В., Султангазина Г.Ж., Бейшова И.С., Ульянов В.А., Бейшов Р.С., 2020

Доля полиморфных локусов в общей выборке *P. flavescens* в зависимости от ISSR-праймера колебалась от 0,857 (X11) до 1,000 (M27, ISSR3) и в среднем составила 0,904. Ожидаемая гетерозиготность (H_E) по локусам в общей выборке *P. flavescens* составила 0,204. В ценопопуляциях эта величина варьировала от 0,165 в Pf2 до 0,245 в Pf5.

Абсолютное и эффективное число аллелей на локус (n_a) на общую выборку составило 1,238 и 1,345, соответственно. Эти параметры имеют высокие значения ($n_a = 1,473$, $n_e = 1,410$) в пятой ценопопуляции (Pf5), а наименьшие ($n_a = 1,062$, $n_e = 1,281$) – во второй ценопопуляции (Pf2). Было обнаружено 6 редких фрагментов: три в первой (Pf1), по одному в остальных ценопопуляциях (Pf4, Pf5), за исключением третьей.

Большей равномерностью распределения частот аллелей ($\mu = 1,802$) характеризуется пятая ценопопуляция (Pf5), а наименьшей ($\mu = 1,730$) – вторая ценопопуляция (Pf2). Наиболее сбалансированной структурой разнообразия характеризуется пятая ценопопуляция (Pf5) с долей редких морф равной 0,099, а наименее сбалансированной ($h = 0,135$) – вторая ценопопуляция (Pf2). Информационный Индекс Шеннона также выявил наибольшее разнообразие в пятой ценопопуляции (Pf5) и составил 0,369, а наименьшее – во второй ценопопуляции Pf2 со значением 0,248.

Общее генное разнообразие в суммарной выборке (H_T) *P. flavescens* составило 0,281, среднее генное выборочное разнообразие (H_S) в ценопопуляциях *P. flavescens* равно 0,204. Таким образом, средняя гетерозиготность в ценопопуляциях *P. flavescens* ниже, чем в общей выборке. Наименьшие показатели доли гетерозиготных генотипов выявлены с помощью праймера ISSR-1, определенная им ожидаемая гетерозиготность составляет 0,241, а самые высокие значения этого показателя отмечены у праймера ISSR-3 ($H_S = 0,338$). Изученные ценопопуляции *P. flavescens* слабо дифференцированы, наибольшая часть всего наблюдаемого генетического разнообразия сосредоточена внутри популяций 72,7%, а на долю межпопуляционной изменчивости приходится 27,3%.

На основании матрицы бинарных данных невзвешенным парно-групповым методом (UPGMA) построена дендрограмма, отражающая степень сходства исследуемых ценопопуляций по ISSR-спектрам (рисунок 1).

Ценопопуляции *P. flavescens* на дендрограмме объединились в кластеры согласно их географическому расположению. Один кластер образовали первая и вторая ценопопуляция в связи с их расположением на территории Костанайской области. Другой кластер образовали

остальные изученные ценопопуляции, расположенные на территории Акмолинской области.

Таким образом, на основании проведенного ISSR-анализа генетического полиморфизма пяти ценопопуляций *Pulsatilla flavescens* (Zucc.) Juz. Северного Казахстана можно заключить, что изученные ценопопуляции этого вида характеризуются высокими показателями генетического разнообразия и низкой генетической подразделенностью ценопопуляций. Самые высокие показатели генетического разнообразия отмечены в ценопопуляции, расположенной в Акмолинской области (Золотоборское лесничество), а самые низкие в ценопопуляциях, расположенных в Костанайской области (Pf1, Pf2).

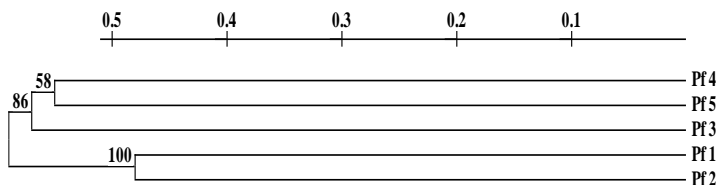


Рисунок 1 – UPGMA-дендрограмма генетического сходства 5 ценопопуляций *P. flavescens*, построенная на основании полиморфизма ISSR-маркеров; шкала сверху – генетическое расстояние; указаны значения бутстрепа (в %)

Работа выполнялась в рамках проекта грантового финансирования Министерства образования и науки Республики Казахстан на 2018-2020 гг. № AP05132458 «Молекулярно-генетический анализ генофондов популяций редких видов растений Северного Казахстана», номер государственной регистрации 0118РК00404.

Библиографический список

1. Красная книга Казахстана. 2-е изд., испр. и доп. Астана: ТОО «АртРпп1XX1», 2014. Т. 2. Растения. 452 с.
2. Гайворон Е. и др. Редкие и исчезающие растения Северо-Казахстанской области // Материалы III Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы науки и образования в области естественных и сельскохозяйственных наук», посвященной 90-летию академика Е.А. Букетова. Т.1., 2015. С. 22-27.
3. Боронникова С.В. Молекулярно-генетический анализ и оценка состояния генофондов ресурсных видов растений Пермского края. Пермь: Перм. гос. нац. исслед. ун-т., 2013. 239 с.

4. Zietkiewicz E., Rafalski A., Labuda D. Genome Fingerprinting by Simple Sequence Repeat (SSR)-Anchored Polymerase Chain Reaction Amplification // *Genomics*. 1994. V. 20. № 2. P. 176-183.

5. Шакирова А.Р. Подбор эффективных ISSR-праймеров для редких видов растений *Pulsatilla flavescens* (Zucc.) Juz. и *Pulsatilla patens* (L.) Mill. // Симбиоз-Россия 2019: материалы XI Всерос. Конгр. молодых ученых-биологов с межд. участием (Пермь, 13–15 мая 2019 г.): Перм. гос. нац. исслед. ун-т, 2019. С. 162-164.

Анализ генетического разнообразия клонов черники обыкновенной (*Vaccinium myrtillus* L.) в ООПТ «Сосновый бор» на основании полиморфизма межмикросателлитных маркеров

Т.А. Сафонова, 2 курс магистратуры, ПГНИУ

Научный руководитель – доцент канд. биол. наук, доц. кафедры ботаники и генетики растений *М.А. Данилова*

Черника обыкновенная - это невысокий ветвистый листопадный кустарничек 15-50 см. Черника является типичным представителем рода Вакциниум (*Vaccinium* L.), широко распространенным в Пермском крае [3]. Популяции состоят преимущественно из парциальных образований (кустов и побегов), соединенных корневищами, именно это вызывает затруднение в разделении клонов на отдельные особи.

Тотальная ДНК выделена из листьев и стеблей 108 кустов черники с использованием методики выделения ДНК С.О. Роджерса и Э. Дж. Бендича [4] в которой в качестве сорбента использовался PVPP [2]. Молекулярно-генетический анализ черники проведен при помощи межмикросателлитного анализа полиморфизма ДНК (Inter Simple Sequence Repeats – ISSR-метод). Амплификацию проводили в термоциклере «My Cycler» (Bio-Rad, USA) с пятью эффективными ISSR-праймерами, подобранными ранее [1] по стандартной программе ISSR-метода. Температура отжига в зависимости от G/C-состава праймеров варьировалась от 52° до 64°С. Продукты амплификации разделяли путем электрофореза в 2% агарозном геле, который окрашивали бромистым этидием и фотографировали в проходящем ультрафиолетовом свете в системе гель-документации GelDoc XR (Bio-Rad, USA). Компьютерный анализ полиморфизма ДНК проведен с помощью специализированного макроса GenAlEx6.5 для MS-Excel.

Компьютерный анализ полученных данных проведен с помощью программы POPGENE1.31 [5] была построена дендрограмма методом UPGMA.

При молекулярно-генетическом анализе *V. myrtillus* выявлено 33 ISSR-маркера (табл. 1), из которых 17 были полиморфными ($P_{95}=0,485$). Число ISSR-маркеров *V. myrtillus* варьировалось в зависимости от праймера от 5 (праймер ISSR3) до 8 (праймер ISSR1), а их размеры - от 200 до 1600 пн. Число полиморфных маркеров в общей выборке *V. myrtillus* варьировалось от 0 до 5, а доля полиморфных локусов в зависимости от ISSR-праймера колебалась от 0 до 0,714. Праймер ISSR-3 не выявил полиморфизм вообще, а самые высокие значения полиморфизма были с праймером X10 (Таблица 1).

Таблица 1 - Характеристика ISSR-PCR маркеров *V. myrtillus*

ISSR-праймеры	Нуклеотидная последовательность (5'→3')	Длина фрагментов, пн	Число полиморфных ISSR-PCR маркеров (их частота)				
			Vm_1	Vm_2	Vm_3	На общую выборку	
						всего	полиморфных
ISSR-1	(AC) _{8T}	320-1000	2 (0,250)	2 (0,250)	4 (0,500)	8	5 (0,625)
ISSR-3	(TG) _{8AA}	370-800	0	0	0	5	0
ISSR-9	(ACG) _{7G}	240-700	1 (0,167)	1 (0,167)	3 (0,500)	6	4 (0,667)
X10	(AGC) _{6C}	250-1600	2 (0,286)	3 (0,429)	3 (0,429)	7	5 (0,714)
M1	(AC) _{8CG}	200-950	1 (0,143)	2 (0,286)	3 (0,429)	7	3 (0,429)

Примечание: в скобках указана доля полиморфных локусов.

Ожидаемая гетерозиготность (H_e) в выборке составила 0,030. Эффективное число аллелей (n_e) равно 1,407. Абсолютное число аллелей (n_a) на локус на общую выборку составило 1,546 (0,506). В изученных ценопопуляциях *V. myrtillus* выявлено 6 редких ISSR-маркеров. В каждой ценопопуляции по 2 редких маркера.

В пределах каждой ценопопуляции генетическое разнообразие очень низкое, а большая доля приходится на генетическое разнообразие в третьей популяции. Получена внутриклональная ожидаемая

гетерозиготность для трех ценопопуляций ($H_{e1}=0,0016$; $H_{e2}=0,0018$; $H_{e3}=0,0074$) и ожидаемая гетерозиготность для целой ценопопуляции ($H_{e1}=0$; $H_{e2}=0,014$ $H_{e3}=0,030$). При сравнении отдельных клонов в пределах общей популяции было получено значение $G_{st}=0,9539$, оно приближается к 1, что говорит о высоком уровне дифференциации между клонами. Значение может не достигать 1 по нескольким причинам: из-за неточного определения границ клонов, мутаций внутри клонов.

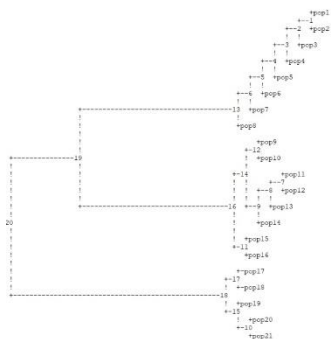


Рисунок 1 - Кластеризация на основании генетической дистанции с учетом деления на клоны

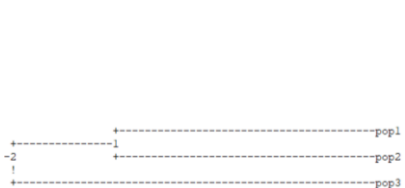


Рисунок 2 - Кластеризация на основании генетической дистанции без учета деления на клоны

При анализе матрицы без учета разделения на клоны наблюдалось перемешивание особей из разных клонов между собой при кластеризации и построении дендрограммы, но три ценопопуляции выделялись одинаково в обоих случаях (рис. 1 и рис. 2).

Таким образом, изученная выборка черники характеризуется невысоким генетическим разнообразием ($P_{95}=0,485$; $H_e=0,030$; $n_e=1,018$), в пределах каждой популяции клоны генетически дифференцированы между собой слабо. Данный вывод сделан исходя из результатов сравнения внутриклональной ожидаемой гетерозиготности и ожидаемой гетерозиготности для целой ценопопуляции.

Библиографический список

1. Данилова М.А., Фатыхова В.О. Генетическая дифференциация между ценопопуляциями черники (*Vaccinium myrtillus* L.) в

рекреационно-парковой зоне г. Перми // Современные научные исследования и разработки. 2018. № 4(21)-2. С. 169–172.

2. *Нечаева Ю.С.* Оптимизация методики выделения ДНК некоторых хвойных видов растений Пермского края // Материалы международной конференции «Синтез знаний в естественных науках. Рудник будущего: проекты, технологии, оборудование». Пермь, 2011. С. 278-282.

3. *Овеснов С.А.* Конспект флоры Пермской области. Пермь: Изд-во Перм. ун-та, 1997. 252 с.

4. *Rogers S.O., Bendich A.J.* Extraction of DNA from milligram amounts of fresh, herbarium and mummified plant tissues // *Plant Molecular Biology*. – 1985. V. 5. № 2. P. 69–76.

5. *Yeh F. C. et. all.* POPGENE, the Microsoft Windows-based user-friendly software for population genetic analysis of co-dominant and dominant markers and quantitative traits // Department of Renewable Resources, Univ. of Alberta, Edmonton. Alta, 1999. 238 p.

Биоразнообразие водорослей в районах воздействия галитовых отходов Пермского края

В.А. Сердюк, студент 2 курса магистратуры биол. факультета ПГНИУ

Научный руководитель – д-р биол. наук, проф. *Л.В. Новоселова*

На долю Пермского края приходится 100% производимых в России калийных удобрений. Выделение хлористого калия из руды связано с образованием значительных по объему галитовых отходов и жидких глинисто-солевых шламов, складываемых в солеотвалах и шламонакопителях, которые являются источниками загрязнения атмосферы. В долинах рек формируются очаги засоления [1].

Для изучения альгофлоры отобраны пробы объемом 1,5 л из водных объектов солеотвалов вблизи городов Соликамск и Березники: 16.07.2019 у солеотвалов СКРУ-1 (лужа глубиной 10–15 см площадью 6–7 м² в 3–4 м от северной стороны солеотвала, 59°38'02.03"N 56°45'32.87"E) и БКПРУ-3 (ручей глубиной 30 см, шириной 1–2 м в 2–3 м от южной стороны солеотвала, 59°16'18.55"N 56°50'05.33"E); 27.06.2019 в долине реки Лёнва (солёный родник и 15 м ниже родника по течению реки Лёнва, 59°19'0.84"N 56°49'20.40"E). Исследование проб проходило в лаборатории водной микробиологии «Института

экологии и генетики микроорганизмов» – филиал ПФИЦ УрО РАН, благодарим к.б.н., старшего научного сотрудника П.Г. Беляеву за консультации. Названия таксонов, приведенные в таблице 1, соответствуют AlgaeBase [2]. Дана оценка частоты встречаемости водорослей с использованием шкалы Стармаха [3]: 0 – очень редко (вид присутствует не в каждом препарате); 1 – единично (1–6 экз. в препарате); 2 – мало (7–16 экз. в препарате); 3 – порядочно (17–30 экз. в препарате); 4 – много (31–50 экз. в препарате); 5 – абсолютное преобладание (более 50 экз. в препарате).

Всего обнаружен 41 таксон водорослей: 28 – Bacillariophyta, 4 – Euglenophyta, 4 – Cyanophyta (Cyanobacteria), 4 – Chlorophyta, 1 – Charophyta. По отношению к солености воды водоросли разделяют на галофобы, предпочитающие воды с содержанием солей до 0,2 ‰, индифференты 0,2–0,3 ‰, галофилы 0,4–0,5 ‰ и солоноватоводные – мезогалофобы более 0,5 ‰ [4]. О засолении свидетельствует высокое содержание хлоридов (Na⁺, K⁺, Cl⁻), 20661 мг/дм³ в соленом роднике, 12463 мг/дм³ в реке Лёнва (таблица 2).

Таблица 1 – Список водорослей в зонах воздействия галитовых отходов

Место; число таксонов	Оценка	Таксоны
Соленый родник; 25	0	Euglenophyta: <i>Euglenaria caudata</i> (E.F.W.Hubner) Karnowska-Ishikawa, Linton & Kwiatowski
	1	Bacillariophyta: <i>Craticula cuspidata</i> (Kutzing) D.G.Mann, <i>Diatoma mesodon</i> (Ehrenberg) Kutzing, <i>Fragilaria vaucheriae</i> (Kutzing) Petersen, <i>Frustulia saxonica</i> Rabenhorst, <i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehrenberg) Grunow, <i>Surirella brebissonii</i> Krammer & Lange-Bertalot, <i>Planktolingbya limnetica</i> (Lemmermann) Komarkova-Legnerova & Cronberg*. Cyanophyta: <i>Planktothrix agardhii</i> (Gomont) Anagnostidis & Komarek. Euglenophyta: <i>Euglena proxima</i> P.A. Dangeard
	2	Bacillariophyta: <i>Amphora ovalis</i> Kutzing, <i>Ctenophora pulchella</i> (Ralfs ex Kutzing) D.M. Williams & Round**, <i>Cyclotella meneghiniana</i> Kutzing*, <i>Fragilaria mesolepta</i> Rabenhorst, <i>Staurosira binodis</i> (Ehrenberg) Lange-Bertalot**
	3	Bacillariophyta: <i>Navicula rhynchocephala</i> Lange-Bertolot
	4	Bacillariophyta: <i>Diatoma moniliformis</i> subsp. <i>ovalis</i> (F. Fricke) Lange-Bertalot, Rumrich & G.Hofmann, <i>Fragilaria crotonensis</i> Kitton*, <i>Melosira varians</i> C. Agardh*, <i>Navicula cryptocephala</i> Kutzing*, <i>Navicula radiosa</i> Kutzing

	5	Bacillariophyta: <i>Diatoma tenuis</i> C. Agardh, <i>Fragilaria capucina</i> Desmazieres, <i>Fragilariforma bicapitata</i> (Mayer) D.M. Willims & Round. Charophyta: <i>Spirogyra</i> sp.
Река Лёнва; 21	1	Bacillariophyta: <i>Amphora ovalis</i> Kutzing, <i>Fragilaria pinnata</i> Ehrenberg*, <i>Navicula amphibian</i> , <i>Paraplaconeis placentula</i> (Ehrenberg) M.S. Kulikovskii & Lange-Bertalot, <i>Staurosira tabellaria</i> (W.Smith) Leuduger-Fortmorel, <i>Surirella brebissonii</i> Krammer & Lange-Bertalot
	2	Bacillariophyta: <i>Achnanthes lanceolata</i> (Breb) Grun., <i>Nitzschia dissipata</i> (Kutzing) Rabenhotst*. Cyanophyta: <i>Planktothrix agardhii</i> (Gomont) Anagnostidis & Komarek
	3	Bacillariophyta: <i>Cyclotella meneghiniana</i> Kutzing*, <i>Fragilaria mesolepta</i> Rabenhorst, <i>Navicula radiosa</i> Kutzing, <i>Stephanodis hantzschii</i> Grunow. Charophyta: <i>Spirogyra</i> sp.
	4	Bacillariophyta: <i>Diatoma tenuis</i> C. Agardh, <i>Melosira varians</i> Agardh*, <i>Navicula capitatoradiata</i> Germain
	5	Bacillariophyta: <i>Fragilaria vaucheriae</i> (Kutzing) Petersen, <i>Navicula cryptocephala</i> Kutzing*. Cyanophyta: <i>Planktolingbya limnetica</i> (Lemmermann) Komarkova-Legnerova & Cronberg*. Chlorophyta: <i>Ulothrix zonata</i> (F. Weber & Mohr) Kutzing
Лужа у СКРУ-1; 2	0	Euglenophyta: <i>Anabaena</i> sp.**, <i>Chrysosporium minus</i> (Kiselev) Komarek**
Ручей у БКПРУ-3; 3	0	Chlorophyta: <i>Chlamydomonas</i> sp.**, <i>Chlorococcum</i> sp.**, <i>Lemmermannia triangularis</i> (Chodat) C.Bock & Krienitz**

Примечание: * Галофил; ** Мезогалоб

Таблица 2 – Химический состав воды в соленом роднике и реке Лёнва

Объект	pH	Содержание ионов, мг/дм ³										Сухой остаток, мг/дм ³	Минерализация, мг/дм ³	
		НСO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Fe			NH ₄ ⁺
Солёный родник	6,8	171	300	12445	10,1	<0,2	802	21,6	5476	2740	0,576	54,7	30700	22020,98
Река Лёнва	6,7	130	141	8359	<0,2	<0,2	954	196	2895	1209	<0,1	13,5	14800	13897,5

В роднике доля галофилов составляет 20% (5 видов из 25), в реке Лёнва – 29% (6 видов из 21), 12% (4 вида из 34) галофилов встречаются как в роднике, так и в реке. В роднике 8% (2 вида из 25) составляют мезогалобы, которые не выявлены в реке. Индифференты в роднике составляют 72% (18 таксонов из 25), в реке – 71% (15 таксонов из 21). На солеотвалах встречаются исключительно мезогалобы.

Благодарим за химический анализ воды к.г.н., заведующую лабораторией биогеохимии техногенных ландшафтов

Естественнонаучного института ФГБОУ ВПО «Пермский государственный национальный исследовательский университет» Е.А. Хайрулину.

Библиографический список

1. Хайрулина Е.А. Ландшафтно-геохимические процессы в районе разработки Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей (Пермский край) // География и регион. Материалы между народной научно-практической конференции. ПГУ. Пермь, 2015. – С. 157–163.

2. Guiry M.D. AlgaeBase. 1996 – 2020. URL: <https://www.algaebase.org> (дата обращения 24.05.2020).

3. Гелашвили Д.Б. Экологический мониторинг, методы биомониторинга. Учебное пособие. – Н. Новгород: изд-во ННГУ, 1995. – 192 с.

4. Фадеева Т.В., Чайковский И.И., Чиркова Е.П. Биота места разгрузки рассолов Людмилинской скважины (Соликамск, Россия) / Горный институт УрО РАН. Пермь, 2019 – С. 5.

Влияние инвазии борщевика Сосновского на биоразнообразии сосудистых растений ООПТ «Липовая гора» города Перми

Д.Н. Тиунов, магистрант 2 курса биологического факультета ПГНИУ

Научный руководитель – доцент *Е.Г. Ефимик*

В статье представлены результаты исследования инвазии борщевика Сосновского на охраняемом природном ландшафте местного значения «Липовая гора» г. Пермь. Внедрение инвазивного вида *Heracleum sosnowskyi* Manden. в естественные и антропогенно-измененные экосистемы ведет к нарушению их функционирования, тем самым представляя угрозу их видовому разнообразию. На особо охраняемых природных территориях (ООПТ) задача сохранения биоразнообразия относится к числу приоритетных, поэтому изучение распространения борщевика Сосновского, его экологических и биологических особенностей, влияние на биоразнообразие растений, является актуальным.

Целью исследования являлось изучение характера и степени влияния инвазии борщевика Сосновского на биоразнообразие сосудистых растений естественных и антропогенных экосистем ООПТ «Липовая гора».

Исследование инвазии борщевика Сосновского на ООПТ «Липовая гора» проводилось в весенне-летний период 2019 г. Геоботанические описания биотопов с распространением борщевика Сосновского, а также этих же биотопов, в которых данный вид еще не проник, были проведены на пробных площадках в соответствии с рекомендациями учебного пособия «Биоразнообразие и экология высших растений» [1]. Всего в ходе исследований было описано 12 различных растительных сообществ (с борщевиком и без него). Видовая принадлежность собранного материала определялась на кафедре ботаники и генетики растений с использованием «Иллюстрированного определителя растений Пермского края» [2].

Для определения степени изменения фитоценозов после инвазии борщевика Сосновского был использован коэффициент различия видового состава биотопов (с борщевиком и без борщевика) K_{pw} [3].

$$K_{pw} = \frac{2b - 2c}{a + b - c},$$

где a – число видов в более богатом сообществе,

b – число видов в менее богатом сообществе,

c – число видов, общих для двух сообществ.

Одним из важнейших последствий внедрения в естественные фитоценозы борщевика Сосновского является обеднение видового состава. *H. sosnowskyi*, являясь трансформером, согласно западной инвазионной школе [4], способен изменять биоразнообразие природных сообществ в значительной степени, тем самым представляя угрозу биологическому разнообразию местной флоры.

В результате анализа списков видов описанных сообществ было выявлено, что инвазия борщевика в фитоценозы ведет к снижению биоразнообразия сосудистых растений примерно на 26,4 % (до 12 видов растений). Степень сокращения биоразнообразия сосудистых растений в исследуемых биотопах варьирует в пределах от 9 до 16 видов, что в процентном выражении составляет 18–33 %.

В сообществах с участием борщевика малоуязвимы сорно-рудеральные, теневыносливые и влаголюбивые виды травянистых растений. Данные виды растений составляют основную фитомассу в

исследуемых биотопах. Наиболее постоянные виды растений в ассоциации борщевика: *Urtica dioica*, *Arctium tomentosum*, *Aegopodium podagraria*, *Geum rivale*, *Geum urbanum*, *Filipendula ulmaria* в первом и во втором подъярусах травяно-кустарничкового яруса, в третьем подъярусе обычны *Glechoma hederacea*, *Alchemilla vulgaris* с присутствием *Ranunculus acris* и *Ranunculus cassubicus*. Из-за больших размеров листьев травостой под пологом растений борщевика редок или представлен единичными особями. Флористическая насыщенность сообществ с участием борщевика составляет 7–14 видов на 100 м². Стоит отметить, что незначительную конкуренцию на описанных биотопах составляли лопух паутинистый, борец высокий, таволга обыкновенная, которые, имея достаточно крупные листовые пластинки, как и борщевик, занимали средний или верхний подъярусы сообществ.

Доля участия борщевика в проективном покрытии очень высока и равна 75–100 %.

В ходе исследований было отмечено, что борщевик в исследуемых биотопах может образовывать практически монодоминантные сообщества, вытесняя типичные луговые виды: *Galium mollugo*, *Melilotus officinalis*, *Potentilla anserina*, *Trifolium hybridum*, *Ajuga reptans*, *Viola mirabilis*, *Carum carvi* и ряд других.

Внедрение борщевика Сосновского на ООПТ «Липовая гора», несмотря на незначительные масштабы его распространения, приводит к деформации фитоценозов, сокращая биоразнообразие сосудистых растений в сообществах. Причиной этого явления служат морфо-физиологические особенности борщевика: аллелопатическая активность, наличие крупных листьев, высокая семенная продуктивность, быстрое расселение семян с помощью ветра, животных, транспорта. Было отмечено, что основными коридорами внедрения растения являются дороги, просеки и трасса газопровода, заброшенные поля, расположенные в окрестностях территории Ботанического сада, что говорит о большом значении высокой антропогенной нагрузки для успешного распространения борщевика на ООПТ.

Изучение особенностей внедрения инвазионного вида *H. sosnowskyi* в состав природных сообществ, оценка их дальнейшего распространения важны для прогноза и поиска путей управления процессами адвентивизации флоры.

Результаты изучения инвазий имеют большое значение для разработки стратегии сохранения биологического разнообразия, комплексной программы экологической безопасности, оптимизации ландшафтов и перспективного развития ООПТ города Перми.

Библиографический список

1. Биоразнообразие и экология высших растений: учеб. пособие по учебной практике / С.А. Овеснов, Е.Г. Ефимик; Перм. гос. ун-т. Пермь, 2009. 129 с.

2. Иллюстрированный определитель растений Пермского края / С.А. Овеснов, Е.Г. Ефимик, Т.В. Козьминых и др.; под ред. доктора биол. наук С.А. Овеснова. Пермь: Кн. мир, 2007. 743 с.

3. Овеснов С.А. Местная флора. Флора Пермского края и ее анализ. Пермь: Перм. гос. ун-т, 2009. 215 с.

4. Ryšek P., Richardson D.M., Rejmánek M., Webster G.L., Williamson M., Kirschner J. Alien plant in checklist and floras: towards better communication between taxonomists and ecologists // Taxon. Vol. 53. №1. 2004. P. 131–143.

Биоразнообразие опылителей *Syringa* L. на территории учебного ботанического сада им. профессора А.Г. Генкеля ПГНИУ и сквера г. Перми

А.С. Чугайнова, магистрант 2 курса биологического факультета ПГНИУ

Научный руководитель – д-р биол. наук, проф. кафедры ботаники и генетики растений **Л.В. Новоселова**

Представители рода *Syringa* L. изучены в отношении морфологии, онтогенеза, сезонного ритма развития и цветения, биологических особенностей. Относительно небольшое число работ посвящено вопросам биологии цветения и опыления некоторых видов и культиваров. Посещаемость растений насекомыми упоминается в работах польских авторов В. Denisow и М. Strzałkowska-Abramek (2013), а также в работах М.А. Иванова и Е.А. Шаренковой (1970) в условиях г. Иркутска [1, 2]. Авторы отмечают, что на цветках наблюдались различные группы насекомых, включая пчел, хотя их

численность была крайне низкой (1–2 опылителя в час). Изучение опылителей *Syringa* L. имеет большое значение для селекционных работ.

Наблюдение за опылением было проведено с 20 мая по 10 июня 2019 г. в период массового цветения *S. vulgaris*. Объектами исследования являются 17 культиваров *S. vulgaris*, расположенных в один ряд вдоль оранжереи, коллекции сиригания учебного ботанического сада им. профессора А.Г. Генкеля ПГНИУ: с простой формой цветка – 'Congo', 'Sensation', 'Minchanka', 'Lebedushka', 'Andenken an Ludwig Spath', 'Frank Paterson', 'Krasnaja Moskva', 'Konstantin Zaslouov', 'Rochester'; с махровой формой цветка – 'Aigul', 'Emile Gentil', 'Hantengri', 'Velikaya Pobeda', 'P.P.Konchalovskiy', 'Condorcet', 'Kolhoznitsa', 'Jeanne d'Arc'. Наблюдения также проводились за 20 кустами несортовой сирени в сквере на территории г. Перми. Насекомые фиксировались и определялись с помощью определителей [3,4].

Насекомые-опылители имеют специальные приспособления (волоски на теле, наличие хоботка и др.) для сбора нектара и пыльцевых зерен, которые они используют для своего питания и для выкармливания потомства. Они переносят пыльцевые зерна с тычинок одного цветка на рыльце пестика другого, обеспечивая оплодотворение растений. Насекомые-посетители не имеют приспособлений для сбора и переноса пыльцевых зерен и чаще всего не участвуют в репродуктивной жизни растений, а наносят ущерб, поедая лепестки, тычинки и другие части растений.

Данные наблюдений показали эпизодичную посещаемость растений насекомыми, видовой состав которых не отличался разнообразием и представлен опылителями и посетителями (таблица 1).

Таблица 1 – Биоразнообразие опылителей *Syringa* L.

Видовой состав	Систематическое положение	Среднее число экземпляров в день	Время посещения, ч.
Ботанический сад им. проф. А.Г. Генкеля ПГНИУ			
<i>Apis mellifera</i> L. (Пчела медоносная)	Отряд <i>Hymenoptera</i> (Перепончатокрылые), семейство <i>Apidae</i> (Пчелиные)	5	10:00 – 18:00
<i>Bombus hortorum</i> L. (Шмель садовый)		3	

<i>Polygonia c-album</i> L. (Углокрыльница с-белое)	Отряд <i>Lepidoptera</i> (Чешуекрылые), семейство <i>Nymphalidae</i> (Нимфалиды)	1	12:00 – 17:00
<i>Aglais urticae</i> (Крапивница)		3	
<i>Vanessa cardui</i> (Репейница)		2	
<i>Cetonia aurata</i> L. (Бронзовка золотистая)	Отряд <i>Coleoptera</i> (Жесткокрылые), семейство <i>Scarabaeidae</i> (Пластинчатоусые)	4	12:00 – 15:00
<i>Palomena prasina</i> (Щитник зелёный древесный)	Отряд <i>Hemiptera</i> (Полужесткокрылые), подотряд <i>Heteroptera</i> (Клопы), семейство <i>Pentatomidae</i> (Настоящие щитники)	2	12:00 – 15:00
Сквер на территории г. Перми			
<i>Apis mellifera</i> L. (Пчела медоносная)	Отряд <i>Hymenoptera</i> (Перепончатокрылые), семейство <i>Apidae</i> (Пчелиные)	3	10:00 – 18:00
<i>Bombus hortorum</i> L. (Шмель садовый)		2	
<i>Aglais urticae</i> (Многоцветница крапивная)	Отряд <i>Lepidoptera</i> (Чешуекрылые), семейство <i>Nymphalidae</i> (Нимфалиды)	1	12:00 – 17:00
<i>Vanessa cardui</i> (Чертополоховая углокрыльница)		1	

Наиболее активными и эффективными опылителями *S. vulgaris* являются *Apis mellifera* L. и *Bombus hortorum* L. Данные опылители политрофны и способны собирать нектар и пыльцевые зерна со всех доступных энтомофильных растений [5]. *Apis mellifera* L. и *Bombus hortorum* L. облетают цветки для сбора нектара в теплую и солнечную погоду, перелетая с одного соцветия на другое. Отмечается, что численность *Apis mellifera* L. возрастает при непосредственной близости пасеки. На цветках *Syringa* L. также отмечается много насекомых вблизи пасеки.

Небольшой вклад в опыление *S. vulgaris* вносят представители видов *Polygonia c-album* L., *Aglais urticae* и *Vanessa cardui*, отмеченные в теплую и солнечную погоду. При сборе нектара данные представители на короткое время садились на соцветия *S. vulgaris*.

Представители видов *Cetonia aurata* и *Palomena prasina* играют незначительную роль в опылении цветков *S. vulgaris*. Они наносят больше ущерба цветкам, чем пользы, так как опыление происходит во время кормления и перемещения с одного цветка на другой. *Cetonia aurata* в процессе кормления повреждает тычинки и лепестки, что приводит к усыханию цветков. Жуки были отмечены в теплую и сухую погоду, они редко перелетали с одного соцветия на другое, а долгое время находились на одном растении. Иногда жуки посещали цветки не только ради пищи, но использовали их как место спаривания, не принимая участия в опылении. Представители вида *Palomena prasina* отмечались в сухую солнечную погоду. Они также повреждали растения *S. vulgaris*, поедая листья и цветки.

Для посещения насекомые чаще предпочитали культивары с простыми цветками. Возможно, это связано с тем, что цветки махровых культиваров с редуцированными тычинками, а столбик и рыльце пестика зачастую деформированы.

Исходя из результатов наблюдений, можно сделать вывод, что, несмотря на энтомофильность цветков *Syringa*, в условиях городской среды наблюдается низкая активность насекомых-опылителей.

Библиографический список

1. Denisow B., Strzałkowska-Abramek M. Characteristics of blooming and pollen in flowers of two *Syringa* species (f. Oleaceae) // Acta agrobotanica. 2013. Vol. 4, № 66. P. 65–72.

2. Шаренкова Е.А., Иванов М.А. Биология цветения и эмбриология некоторых видов сирени // Бюллетень главного ботанического сада. 1970. Вып. 76. С. 41–51.

3. Определитель насекомых Европейской части СССР. Т. 3: Перепончатокрылые. Ч. 1 // АН СССР, Зоолог. ин-т ; под общ. ред. Г. С. Медведева. Л.: Наука, Ленингр. отд-ние, 1978. 584 с. : ил., карт. (Определители по фауне СССР, издаваемые Зоологическим институтом АН СССР ; вып. 119).

4. Атлас-определитель беспозвоночных животных города Перми [Электронный ресурс]: монография // под общ. ред. М.Я. Лямина; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Электрон. дан. Пермь, 2014.

5. Демьянова Е.И. Антэкология: учеб. пособие по спецкурсу / Е.И. Демьянова; Перм. гос. ун-т. Пермь, 2010. 116 с.: ил. ISBN 978-57944-1581-0

Биоразнообразие макромицетов ООПТ «Липовая гора»

А.В. Ярома, студентка 2 курса магистратуры биологического факультета ПГНИУ

Научный руководитель – профессор *Л.Г. Переведенцева*.

На восточной границе г. Перми, на территории Свердловского и Мотовилихинского районов, расположен уникальный охраняемый природный ландшафт местного значения – «Липовая гора», один из 19 особо охраняемых природных территорий (ООПТ) г. Перми, занимающий площадь 585,0 га [1]. На ООПТ «Липовая гора» довольно хорошо изучен видовой состав высших растений [2], но планомерное исследование макромицетов, являющихся важным звеном гетеротрофного блока экосистем, не проводилось. Учитывая, что макромицеты участвуют в поддержании устойчивости и стабильности природных сообществ, а антропогенное воздействие на экосистемы отрицательно сказывается на биоразнообразии грибов, мы занялись изучением макромицетов ООПТ «Липовая гора».

Цель работы – изучение биоты макромицетов ООПТ «Липовая гора». Для достижения поставленной цели были поставлены следующие задачи:

- 1) выявить видовой состав биоты макромицетов исследуемой территории;
- 2) определить таксономическую структуру установленной биоты макромицетов исследуемой территории;
- 3) проанализировать эколого-трофическую структуру выявленной микобиоты;
- 4) выявить редкие и нуждающиеся в охране виды грибов Пермского края;
- 5) оценить значимость грибов ООПТ «Липовая гора» для человека и в качестве экспонатов на экологической тропе.

Сбор материала проводился маршрутным методом на ООПТ «Липовая гора» в сентябре–октябре 2018 г. и с мая по октябрь 2019 г. Названия и объем таксонов приведены согласно базе данных MocoBank [3]. Для каждого гриба устанавливалась принадлежность к эколого-трофическим группам [4]: симбиотрофы (микорообразователи) – *Mr*, подстилочные сапротрофы – *St*, сапротрофы на древесине (ксилотрофы) – *Le*, гумусовые сапротрофы – *Hu*, паразиты на деревьях и кустарниках – *P*. Латинские названия сосудистых растений приводятся по «Иллюстрированному определителю растений Пермского края» [5].

В соответствии с ботанико-географическим районированием Пермского края [5] ООПТ «Липовая гора» находится в районе широколиственно-елово-пихтовых лесов. Основную часть флоры ООПТ составляют покрытосеменные растения, среди которых преобладающими являются представители класса двудольные. Такой состав и пропорции растений типичны для флор умеренных районов Голарктики. Основная площадь территории охраняемого ландшафта (около 70%) занята реликтовыми липняками травяными с преобладанием в

древостое *Tilia cordata* с незначительной примесью *Abies sibirica*. В кустарниковом ярусе таких лесов обычны *Sorbus aucuparia*, *Padus avium*, *Lonicera xylosteum*, *Sambucus sibirica*. Преобладающими растениями травяного яруса в пихтово-липовых лесах являются *Cicerbita uralensis*, *Aegopodium podagraria*, *Lathyrus vernus*, а также различные виды папоротников (*Matteuccia struthiopteris*, *Athyrium filix-femina*, *Dryopteris filix-mas*) [2].

За время исследования нами было обнаружено 69 видов грибов, которые относятся к 49 родам, 28 семействам, 10 порядкам и 2-м отделам (Ascomycota, Basidiomycota), список которых приводится далее.

Список видов макромицетов ООПТ «Липовая гора»

Отдел Ascomycota, порядок Helotiales – Гелоциальные. Сем. *Helotiaceae* – гелоциевые: *Bisporella* – биспорелла (*B. citrina* – б. лимонная, *Le*, несъед.).

Порядок Pezizales – пезизальные. Сем. *Pyronemataceae* – пиронемовые: *Scutellinia* – skutеллиния (*S. scutellata* – с. щитовидная, *Le*, несъед.).

Отдел Basidiomycota – базидиальные грибы, порядок Agaricales – агарикальные. Сем. *Agaricaceae* – шампиньоновые: *Agaricus* – шампиньон (*A. sylvaticus* – ш. лесной, *St*, съед.); *Calvatia* – головач (*C. excipuliformis* – дождевик удлиненный, *Hu*, съед.); *Lycoperdon* – дождевик (*L. perlatum* – д. шиповатый, *Hu*, съед.; *L. pyriforme* – д. грушевидный, *Le*, несъед.); *Leucoagaricus* – лейкоагарикус, белешампиньон (*L. nymphaeum* – белешампиньон девичий, *Hu*, съед.); *Macrolepiota* – макролепиота (*M. procera* – зонтик высокий, *Hu*, съед.). Сем. *Amanitaceae* – мухоморовые: *Amanita* – мухомор (*A. citrine* – м. лимонный, *Mr*, яд.; *A. fulva* – п. желто-коричневый, *Mr*, съед.; *A. rubescens* – м. красноющий, *Mr*, съед.; *A. umbrinolutea* – п. умброво-желтый, *Mr*, съед.). Сем. *Cortinariaceae* – паутинниковые: *Cortinarius* – паутинник (*C. alboviolaceus* – п. бело-фиолетовый, *Mr*, несъед.; *C. anomalus* – п. необычный, *Mr*, несъед.). Сем. *Hydnangiaceae* – гиднангиевые: *Laccaria* – лаковица (*L. laccata* – л. лаковая, *Mr*, съед.). Сем. *Inocybaceae* – волоконницеиевые: *Inocybe* – волоконница (*I. geophylla* – в. земляная, *Mr*, яд.; *I. lilacina* – в. земляная, лиловая, *Mr*, яд.). Сем. *Lyophyllaceae* – лиофилловые: *Lyophyllum* – лиофилл, рядовка (*L. connatum* – л. сросшийся, *St*, съед.). Сем. *Marasmiaceae* – марасмиевые: *Marasmius* – марасмиус, негниючник (*M. oreades* – опенок луговой, *Mr*, съед.); *Megacollybia* – мегаколлиябия (*M. platyphylla* – м. широкопластинчатая, *Le*, съед.). Сем. *Muscenaceae* – миценовые: *Mycena* – мицена (*M. galericulata* – м. колокольчатая, *Le*, несъед.; *M. haematopus* – м. пурпурномлечная, *Le*, несъед.; *M. pura* – м. чистая, *St*, яд.). Сем. *Omphalotaceae* – омфалотовые: *Gymnopus* – гимнопус (*G. dryophilus* – г. дубравный, *St*, съед.; *G. perforans* – г. продырявливающий, *St*, несъед.). Сем. *Physalaciaceae* – физалакриевые: *Armillaria* – армиллярия, опёнок (*A. mellea* – о. осенний, *Le*, *P*, съед.); *Flammulina* – фламмулина (*F. velutipes* – о. зимний, *Le*, *P*, съед.); *Strobilurus* – стробилурус, шишколюб (*S. stephanocystis* – ш. увенчаный, *St*, несъед.). Сем. *Pleurotaceae* – вешенковые: *Pleurotus* – вешенка (*P. ostreatus* – в. устричная, *Le*, *P*, съед.; *P. pulmonarius* – в. буковая, *Le*, *P*, съед.). Сем. *Pluteaceae* – плутеевые: *Pluteus* – плутей (*P. cervinus* – п. олений, *Le*, съед.; *P. podospileus* – п. наименьший, *Le*, несъед.). Сем. *Psathyrellaceae* – псатирелловые, хруплянковые: *Coprinellus* – копринеллус, навозник (*C.*

disseminatus – н. расеянный, *Le*, несъед.); *Psathyrella* – псатирелла, хрупянка (*P. candolleana* – опёнок Кандолля, *Hu*, съед.; *P. sarcocephala* – х. каштановая, *Le*, несъед.). Сем. *Strophariaceae* – строфариевые: *Galerina* – галерина (*G. unicolor* – г. окаймленная, *Le*, яд.); *Gymnopilus* – гимнопил, огнёвка (*G. penetrans* – г. проникающий, *Le*, несъед.); *Hebeloma* – гебелома (*H. mesophaeum* – гебелома буросрединная, *Mr*, несъед.); *Huophiloma* – гифолома, ложноопенок (*H. capnoides* – л. серопластинковый, *Le*, несъед.); *Kuehneromyces* – кюнеромицес (*K. mutabilis* – опенок летний, *Le*, съед.); *Pholiota* – чешуйчатка, огневка (*P. aurivella* – ч. золотистая, *Le*, съед.; *P. lubrica* (Pers.) Singer – ч. скользкая, *Le*, несъед.); *Stropharia* – строфария, кольцовик (*S. aeruginosa* – строфария синезеленая, *St*, съед.). Сем. *Tricholomataceae* – трихоломовые, рядовковые: *Ampulloclitocybe* – ампуллоклитоцибе, говорушка (*A. clavipes* – г. булавоногая, *St*, съед.); *Clitocybe* – говорушка (*C. gibba* – г. ворончатая, *St*, съед.; *C. nebularis* – г. осенняя, *St*, съед.); *Lepista* – леписта (*L. nuda* – л. фиолетовая, синички, *St*, съед.); *Tricholoma* – рядовка (*T. album* – р. белая, *Mr*, несъед.).

Порядок *Boletales* – болетальные. Сем. *Boletaceae* – трубчатые, болетовые: *Xerocomus* – моховик (*X. subtomentosus* – м. зеленый, *Mr*, съед.); *Leccinum* – лекциниум, обабок (*L. scabrum* – подберезовик обыкновенный, *Mr*, съед.).

Порядок *Geastrales* – звездниковые. Сем. *Geastraceae* – звездниковые: *Geastrum* – звездник (*G. fimbriatum* – з. бахромчатый, *Hu*, несъед.).

Порядок *Gomphales* – гомфовые. Сем. *Gomphaceae* – гомфовые: *Ramaria* – рамария (*R. stricta* – рогатик прямой, *Le*, несъед.).

Порядок *Hymenochaetales* – гименохетовые. Сем. *Hymenochaetaceae* – Гименохетовые: *Phellinus* – феллинус (*P. tremulae* – трутовик ложный осиновый, *Le*, несъед.).

Порядок *Polyporales* – Полипоральные. Сем. *Ganodermataceae* – ганодермовые: *Ganoderma* – ганодерма (*G. lipsiense* – т. плоский, *Le*, несъед.). Сем. *Fomitopsidaceae* – фомитописисовые: *Fomitopsis* – фомитописис (*F. pinicola* – т. окаймленный, *Le*, несъед.). Сем. *Polyporaceae* – полипоровые: *Daedaleopsis* – дедалеопсис (*D. confragosa* – д. бугристый, *Le*, несъед.); *Fomes* – трутовик (*F. fomentarius* – т. настоящий, *Le*, несъед.); *Picipes* – трутовик (*P. melanopus* – т. черноногий, *Le*, несъед.).

Порядок *Russulales* – руссулальные. Сем. *Amylostereaceae* – амилостереацевые: *Artomyces* – артомицес (*A. pyxidatus* – а. (клавикрона) крыночновидный, *St*, *Le*, несъед.). Сем. *Auriscalpiaceae* – Аурискальпиевые: *Auriscalpium* – Аурискальпиум (*A. vulgare* Gray – а. обыкновенный, *St*, несъед.). Сем. *Russulaceae* – сыроежковые: *Russula* – сыроежка (*R. aeruginea* – с. зеленая, *Mr*, съед.; *R. atropurpurea* – с. пурпуровая, *Mr*, несъед.; *R. claroflava* – с. светложелтая, *Mr*, съед.; *R. delica* – подгруздок белый, *Mr*, съед.; *R. foetens* – валуй, *Mr*, съед.; *R. xerampelina* – с. селедочная, *Mr*, съед.); *Lactarius* – млечник (*L. zonarius* – м. извилистый – *Mr*, съед.; *L. vietus* – м. блеклый – *Mr*, съед.).

Порядок *Thelephorales* – телефоровые. Сем. *Thelephoraceae* – Телефоровые: *Thelephora* – телефора (*T. palmata* – т. пальчатая, *St*, несъед.).

Большая часть, 67 видов (97%), относится к отделу *Basidiomycota*. Лишь 2 вида (3%) являются представителями отдела *Ascomycota*. Такое соотношение видов обусловлено, с одной стороны, тем, что среди сумчатых грибов много

меньше макромицетов, а другой стороны, изучение сумчатых грибов ранее не проводилось на территории ООПТ «Липовая гора».

Рассматривая объём всех порядков макромицетов, отметим, что основная часть видов содержится в порядке Agaricales (46 видов, или 66,7% от всего видового состава).

Вторым по количеству видов макромицетов выступает порядок Russulales (10 видов, или 14,5% от всего видового состава). За ним следуют порядок Polyporales (5 видов, 7,2%), Boletales (2 вида, 2,9%). В остальных порядках (Helotiales, Pezizales, Geastrales, Gomphales, Hymenochaetales, Thelephorales) по одному виду (1,4%). Среди семейств по количеству видов преобладают сем. *Strophariaceae* и *Russulaceae* (по 8 видов, по 11,6% от всего видового состава). Затем следует сем. *Agaricaceae* (6 видов; 8,7%), *Tricholomataceae* (5 видов, 7,4%). Остальные семейства представлены 4 и менее видами. Небольшое число видов, найденное на территории ООПТ, объясняется погодными условиями (в 2019–2020 гг. наблюдались низкая температура и высокая влажность), оказавшимися неблагоприятными для развития базидиом грибов.

Лидирующее положение среди родов по количеству видов занимает *Russula* (6 видов 8,6% от общего числа видов), *Amanita* (4 вида, 5,8%) и *Mycena* (3 вида, 4,3%), что отражает неморальный характер микобиоты. Остальные роды содержат 2 и менее видов. На ООПТ «Липовая гора» обнаружено 3 вида грибов, которые являются редкими для территории Пермского края. Это такие виды, как *Leucoagaricus nympharum* (Kalchbr.) Bon (= *Macrolepiota nympharum* (Kalchbr.) Wasser), *Pluteus podospileus* Sacc. & Cub. (= *Pluteus minutissimus* Maire), *Geastrum fimbriatum* Fr. (= *Geastrum tunicatum* Vittad.).

Эколого-трофическая структура микобиоты ООПТ «Липовая гора» представлена биотрофами: микоризные грибы и паразиты (всего 26 видов, 37,7% от общего числа видов) и сапротрофами: ксилотрофы, подстилочные и гумусовые сапротрофы (всего 43 вида, 62,3%). Таким образом, сапротрофы занимают лидирующее положение по количеству видов и по их разнообразию, что связано с их трофическими предпочтениями, с занимаемым ими субстратом.

Из эколого-трофических групп преобладают ксилотрофы, далее идут микоризные грибы, подстилочные сапротрофы (рисунок 1). Такое соотношение сопоставимо с микобиотой ненарушенных липняков Пермского края [6].

Ксилотрофы (*Le*), обитают на древесине: разлагающейся, сухойострой и т.п., представлены 24 видами (34,8% от общего числа видов) из семи порядков: Helotiales, Pezizales, Agaricales, Gomphales, Hymenochaetales, Polyporales, самым многочисленным из которых является Agaricales – 14 видов (58,3% от общего числа ксилотрофов). Среди всех ксилотрофов преобладают виды сем. *Strophariaceae* (6 видов) и *Polyporaceae* (3 вида).

Грибы-микоризообразователи (*Mr*) характерны практически для всех голарктических микобиот. Исследуемая территория не является исключением. Микоризные грибы занимают второе место по числу видов. В районе исследования к этой группе принадлежит 22 вида, что составляет 31,9% от общего количества видов. Данную группу составляют виды 3-х порядков: Agaricales, Boletales, Russulales.

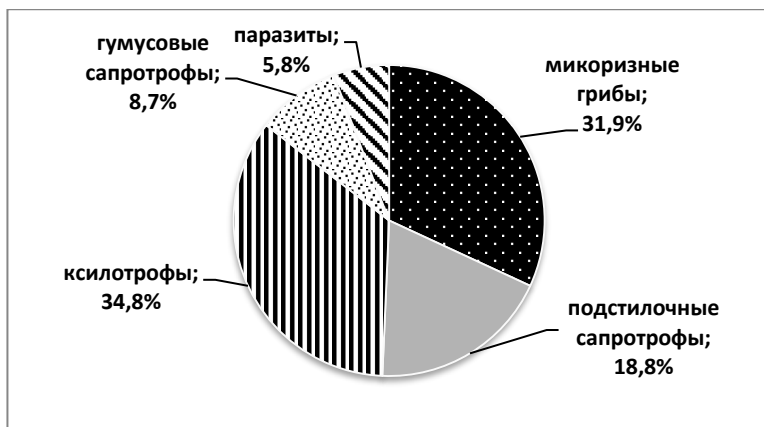


Рисунок 1 – Соотношение эколого-трофических групп грибов (в % от общего числа видов) ООПТ «Липовая гора»

Подстилочные сапротрофы (St) представлены 13 видами (18,8% от общего числа видов). Они выявлены в порядках: Agaricales – 11 видов, Russulales, Thelephorales (по одному виду). По числу видов преобладает сем. *Tricholomataceae* (4 вида).

Относительно высокая доля подстилочных сапротрофов в лесных ценозах подтверждает их значимость в лесах бореальной зоны, особенно, хвойных или смешанных с хвойными, характеризующихся значительной долей веществ, трудноразлагаемых для других групп редуцентов. Гумусовые сапротрофы (Hu) немногочисленны. Выявлено 6 видов (8,7% от общего числа видов). Больше всего их в порядке Agaricales – 5 видов (4 из которых принадлежат семейству *Agaricaceae*). Один вид, *Geastrum fimbriatum*, звездовик бахромчатый принадлежит к порядку Geastrales, сем. *Geastraceae*.

Грибы-паразиты являются самой малочисленной группой макромицетов. Выявлено 4 вида грибов (5,8%), паразитирующих на древесных растениях и кустарниках. Небольшое число паразитических макромицетов объясняется во многом недостаточной изученностью афиллофороидных грибов.

В ходе исследования на территории ООПТ «Липовая гора» было обнаружено 35 съедобных грибов (50,7% от общего количества видов), 29 несъедобных (42%) и 5 ядовитых (7,2%). На исследуемой территории ядовитыми являются: *Amanita citrina*, *Inocybe geophylla*, *I. lilacina*, *Mycena pura*, *Galerina unicolor*. Съедобные, несъедобные и ядовитые грибы следует рассматривать с ознакомительной целью, в качестве экспонатов на проводимых экскурсиях.

Таким образом, исходя из соотношения эколого-трофических групп грибов, ООПТ «Липовая гора» не испытывает высокой антропогенной нагрузки, но в то

же время, преобладание видов сем. *Strophariaceae* и *Russulaceae* говорит о повышении количества нарушенных локальных местообитаний.

Библиографический список:

1. Особо охраняемые природные территории г. Перми / под ред. С.А. Бузмакова и Г.А. Воронова. Пермь, 2012. 204 с.
2. Тиунов Д.Н., Ефимик Е.Г. Ботаническая характеристика ООПТ «Липовая гора» (г. Пермь) // Антропогенная трансформация природной среды. 2017. № 3. С. 78–80.
3. MocoBank. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.mocobank.org>, свободный (дата обращения: 10.10.2019).
4. Коваленко А.Е. Экологический обзор грибов из порядков Polyporales s. str., Boletales, Agaricales s. str., Russulales в горных лесах Центральной части Северо-Западного Кавказа // Микология и фитопатология. 1980. Т. 14. Вып. 14. С. 300–314.
5. Иллюстрированный определитель растений Пермского края / Отв. ред. С.А. Овсенов. Пермь: Книжный мир, 2007. 747 с.
6. Переведенцева Л.Г. Биота и экология агарикоидных базидиомицетов Пермской области: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. М., 1999. 26 с.

Секция «Экофизиология растений и экология почв»

Накопление Na^+ , K^+ , Ca^{2+} в *Triticum aestivum* L., *Secale cereale* L. и *Pisum sativum* L. при изменении реакции почвенной среды

К.И. Боталова, аспирант 3 курса биологического факультета ПГНИУ,
Н.Д. Ванышева, студент 4 курса биологического факультета ПГНИУ

Научный руководитель – профессор **О.З. Еремченко**

Изменение реакции почвенной среды – это распространенное последствие агрогенной и техногенной деятельности человека, при этом происходит снижение продуктивности растений, связанное с нарушениями минерального питания. При увеличении рН происходит осаждение ионов фосфора и металлов, нарушается ионный баланс питательных растворов [1]. На кислых почвах наряду с неблагоприятной реакцией повышена токсичность Al и Mn, характерна низкая доступность P, Ca, Mg, Fe [2].

Цель нашей работы – изучить накопление Na^+ , K^+ , Ca^{2+} в листьях трех культурных растений, выращенных на кислой (рН 5,2), нейтральной (рН 7,3) и щелочной (рН 8,4) почвах. Для выполнения этой цели кислую дерново-подзолистую почву нейтрализовали путем известкования; щелочную реакцию сформировали путем внесения Na_2CO_3 . На почвах с разной рН вырастили пшеницу мягкую яровую (*Triticum aestivum* L.) сорта Горноуральский, рожь посевную (*Secale cereale* L.) сорта Фаленская 4 и горох посевной (*Pisum sativum* L.) сорта Ямальский РС I.

В наших экспериментах содержание ионов K^+ , Na^+ и Ca^{2+} в листьях растений отличалось по вариантам опыта (таблица). На кислой почве в листьях гороха и пшеницы отмечено пониженное количество K^+ . Но у ржи значимых отличий с растениями на нейтральной почве не установлено, возможно, у этого растения в кислой среде возрастает селективность калиевых каналов; так, например, в корнях ячменя при уменьшении рН возростала проводимость калиевых селективных каналов клеточных мембран [3].

У всех трех испытуемых растений значимые различия в накоплении катионов установлены на варианте со щелочной почвой, при

одновременном увеличении отношения Na^+/K^+ . В цитоплазме клеток растений, благодаря высокой селективности калиевых каналов, концентрация K^+ существенно превышает концентрацию Na^+ . Кислые почвы в целом характеризуются дефицитом катионов, внесение на этом фоне даже относительно небольшого количества Na_2CO_3 способствовало накоплению Na^+ в листьях пшеницы, ржи и гороха. Транспорт Na^+ из почвы идет по электрохимическому градиенту через ионные каналы и/или при участии переносчиков [4]. В какой степени это движение зависит от щелочной среды ответить не просто, т.к. не представляется возможным отделить влияние Na^+ -засоления от щелочности. Имеются сведения о том, что щелочное засоление корневой среды нарушает проницаемость мембран, ионный баланс и селективную абсорбцию K^+ / Na^+ [5]. В наших опытах уровень накопления ионов Na^+ относительно невысокий, по этой причине мы не исключаем влияния щелочной реакции почвенной среды на баланс исследуемых катионов.

В листьях ржи на щелочной почве количество Na^+ и отношение Na^+ / K^+ было в 2-3 раза ниже по сравнению с остальными двумя растениями, что может свидетельствовать о более эффективном регулировании процессов поглощения и перераспределения ионов в этом растении. Возможно, рожь характеризуется наличием относительно высокоселективных калиевых каналов и калиевых переносчиков.

Нейтрализация почвы путем внесения карбоната кальция не оказало значимых различий в содержании Ca^{2+} в листьях по сравнению с растениями на кислой и щелочной почвах. Но на щелочной почве листья пшеницы, ржи и гороха содержали больше Ca^{2+} по сравнению с растениями на кислой почве. Известно, что ионы кальция через определенные сенсоры участвуют в регуляции специфического ответа растительной клетки на стрессы разной природы. Рожь оказалась в определенной степени способной к поддержанию уровня содержания Ca^{2+} и K^+ , что также свидетельствует об активном избирательном поглощении этим растением питательных катионов из щелочной почвы.

Таким образом, наши исследования показали, что подкисление и, особенно, подщелачивание почвы влияет на содержание в листьях элементов минерального питания, одновременно у растений может проявиться приспособительная реакция в форме высокоселективного поглощения катионов.

Таблица. Содержание катионов в листьях растений, мг/100 г сухой массы

Растения	pH почвы	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Na ⁺ / K ⁺	Na ⁺ / Ca ²⁺
Пшеница	5,2	2,8±0,1*	121,1±4,3*	67,9±4,9	0,02*	0,04*
	7,3	1,7±0,2	156,3±5,1	76,7±5,1	0,01	0,02
	8,4	18,3±1,7*	87,2±2,8*	143,9±9,4*	0,21*	0,13*
Рожь	5,2	1,2±0,1	136,1±11,7	61,1±4,8	0,01	0,02
	7,3	0,7±0,3	130,0±10,0	85,8±16,0	0,01	0,01
	8,4	7,9±0,4*	108,4±7,1	97,8±10,5*	0,07*	0,08*
Горох	5,2	1,2±0,20	147,3±11,8*	70,0±7,0	0,01	0,02
	7,3	1,3±0,2	185,3±6,4	83,0±2,3	0,01	0,02
	8,4	18,0±3,1*	110,0±4,2*	147,0±5,2*	0,16*	0,12*

* – Значимые различия в сравнении с растениями на нейтральной почве; выявленные с помощью критерия Краскела-Уоллиса при уровне $P < 0.05$

Библиографический список

1. Yang C.W., Wang P., Li C.Y., Shi D.C., Wang D.L. Comparison of effects of salt and alkali stresses on the growth and photosynthesis of wheat // *Photosynthetica*. 2008. V. 46. P. 107–114.
2. Shavrukov Y., Hirai Y. Good and bad protons: genetic aspects of acidity stress responses in plants // *Journal of experimental botany*. 2016. V. 67 (1). P. 15–30.
3. Amtmann A., Jelitto T.C., Sanders D. K⁺-Selective Inward-Rectifying Channel and Apoplastic pH in Barley Roots // *Plant Physiology*. 1999. V. 119. P. 331–338.
4. Davenport R., James R.A., Zakrisson-Progander A., Tester A., Munns R. Control of sodium transport in durum wheat // *Plant Physiology*. 2005. V. 137. P. 807–818.
5. Abdel Latef A.A., Tran L.S. Impacts of priming with silicon on the growth and tolerance of maize plants to alkaline stress // *Frontiers in Plant Science*. 2016. V. 7. P. 243–256.

Органическое вещество почв и техногенных поверхностных образований зоны многоэтажной застройки Индустриального района г. Перми

К.Р. Ибраева, студентка 4 курса биологического факультета ПГНИУ

Научный руководитель – доцент *Н.В. Москвина*

Органическое вещество почв – основной компонент, обеспечивающий плодородие и оптимальное функционирование урбофитоценозов [1,2]. С содержанием и составом органического вещества почв прямо или косвенно связаны стабильность почвенно-генетических свойств и устойчивость почвы к внешним воздействиям, питательный режим, сорбционная емкость почвенного поглощающего комплекса и активность по отношению к токсическим веществам [2]. В формировании гумусовых горизонтов в городской среде участвуют как природные, так и антропогенные факторы: гумусовые горизонты городских почв создаются из внесенного человеком органического материала (торфа, компоста); некоторое количество органического вещества поступает в городские почвы при аэральном загрязнении и разложении углеводов техногенного происхождения [1]. Целью нашей работы было определение группового и фракционного состава гумуса и изучение специфики процессов гумусообразования и гумусонакопления в основных почвенных разностях зоны многоэтажной застройки Индустриального района г. Перми.

Объектом исследования являлись гумусовые горизонты почв и ТПО зоны многоэтажной застройки Индустриального района г. Перми. Всего было заложено 30 прикопок. Урботрансформированные почвы были названы в соответствии с подходами, предложенными для почв и ТПО городских территорий в рамках классификации почв 2004 г. [3]. В образцах определили: мощность гумусовых горизонтов; рН вод. потенциометрическим методом; содержание карбонатов по Молодцову-Игнатовой; содержание органического углерода по Тюрину; содержание подвижных фосфатов фотометрическим методом в кислотной вытяжке по Кирсанову; содержание калия методом пламенной фотометрии в кислотной вытяжке по Кирсанову; групповой

и фракционный состав гумуса Плотниковой – Пономаревой. Полученные данные были обработаны с помощью программы Statistica.

В почвенном покрове исследуемой территории преобладали урбостратоземы техногенные, имеющие гумусовый горизонт мощностью 7-12 см, сформированный при естественном зарастании почвогрунтов травянистой рудеральной растительностью и широколиственными деревьями. При благоустройстве территории после строительства формируются квазиземы, у которых минеральные грунты покрыты слоем низинного торфа мощностью около 10 см. Со временем торф гумифицируется, торфяной слой обогащается минеральным веществом. В палисадниках домов относительно старой застройки представлены урбостратозёмы компостно-гумусовые, сформированные путем неоднократной подсыпки органомогенного материала и перемешивания его с нижележащими слоями почвы. Растительность обычно представлена декоративными видами с разной долей участия рудеральных видов. Мощность гумусированных горизонтов в урбостратозёмах варьировала от 20 до 30 см, обычно они имели тёмно-бурую окраску. Исходные техногенные грунты, состоящие из минерального или органо-минерального сырья, лишённые гумусированного слоя, были отнесены к литостратам.

Реакция среды исследуемых почв варьировала от слабокислой до слабощелочной (рН вод. 4,2-8,2). Слабокислая реакция среды встретилась в торфяных слоях квазиземов и ТПО. Сдвиг рН в щелочную сторону в городских почвах происходит из-за высвобождения карбонатов при воздействии кислых продуктов из строительного мусора, щебенки, кирпича и т. д. [2]. Все исследованные почвы и ТПО содержат карбонаты (от 2 до 7%), хорошо обеспечены подвижным фосфором и калием. Наибольшее содержание подвижных форм фосфора, калия, кальция и магния обнаружено в квазиземах, наименьшее – в ТПО.

Почвы и ТПО, не рекультивируемые целенаправленно, имели низкое и среднее содержание органического углерода – от 1,1 до 4% $C_{орг.}$ в ТПО, от 1 до 5% в урбостратоземах техногенных. В урбостратоземах компостно-гумусовых и квазиземах содержание $C_{орг.}$ возросло и составило соответственно 2-10% и 5-27%.

Экспериментальные исследования показали, что в целенаправленно рекультивируемых почвах – квазиземах и урбостратоземах компостно-гумусовых – образуется гумус фульватно-гуматного и гуматного типа: соотношение ГК:ФК 1,17-2,51. ТПО сохраняют зональные черты гумусообразования, тип гумуса гуматно-фульватный (ГК:ФК 0,65-0,83). В двух разрезах урбостратоземов техногенных соотношение ГК:ФК также было менее 1; в одном урбостратоземе техногенном величина ГК:ФК составила 1,58. Разрез 1 был заложен на придомовой территории, растительность в основном травянистая, ежегодно не скашивается. Возможно, этим обусловлено смещение типа гумуса в гуматную сторону. Во всех типах почв преобладает «свежая» фракция ГК, связанная с полуторными окислами, что свидетельствует о процессах гумусообразования, идущих в городской среде. В некоторых квазиземах (разрезы 3 и 4) велика доля фракции ГК2, связанной с кальцием и карбонатами. Вероятно, при минерализации торфа образуются гуминовые кислоты, которые связываются с карбонатами в городских почвах. Среди фульвокислот выделяется доля фракции 1 а. Это самые агрессивные «свежие» фульвокислоты, разрушающие почвенные минералы. Самым большим содержанием этой фракции отличались разрез 1 (урбостратозем техногенный), разрез 3 (квазизем), и разрезы 18 и 20 (ТПО). Фракция фульвокислот ФК2, связанных с ГК2 и карбонатами, преобладала в составе фульвокислот в урбостратоземах техногенных. В них преимущественно идет образование гуматно-фульватного типа гумуса (ГК:ФК 0,7-0,8), и образующиеся фульвокислоты вступают в реакцию с почвенными карбонатами.

Величина негидролизованного остатка в исследуемых почвах и ТПО колеблется от 25 до 48%; в квазиземах и урбостратоземах компостно-гумусовых среднее содержание гумина выше, чем в урбостратоземах техногенных и ТПО. По содержанию гумина рекультивируемые почвы приближаются к более южным – серым лесным и даже черноземам.

Таким образом, городские почвы и ТПО, не рекультивируемые целенаправленно, сохраняют зональные черты гумусообразования: содержание органического углерода в них низкое или среднее, тип гумуса гуматно-фульватный. При рекультивации и окультуривании почв путем внесения органики на поверхность изменяются процессы гумусообразования: появляются органогенные горизонты, по мощности

и свойствам значительно отличающиеся от гумусовых горизонтов зональных почв. Содержание органического вещества в таких горизонтах становится средним либо высоким, гумусообразование смещается в гуматную сторону и образуется гумус фульватно-гуматного и гуматного типа. Высокая доля «лабильной» фракции ГК свидетельствует об интенсивных процессах гумификации.

Библиографический список

1. Водяницкий Ю.Н. Органическое вещество в городских почвах (Обзор литературы) // Почвоведение, 2015. № 8. С 921-931.
2. Почва, город, экология // Под общей ред. Г.В. Добровольского. М.: Фонд "За экономическую грамотность", 1997. 256 с.
3. Прокофьева Т.В., Герасимова М.И., Безуглова О.С., Бахматова К.А., Гольева А.А., Горбов С.Н., Сивцева Н.Е. и др. Введение почв и почвоподобных образований городских территорий в классификацию почв России // Почвоведение, 2014. № 10. С. 1155-1164.

Содержание фенольных соединений в некоторых видах биологически активных кормовых трав

А.М. Кайгородова, студентка 4 курса биологического факультета ПГНИУ

Научный руководитель – доцент *Р.В. Кайгородов*

Продуктивность и состояние здоровья сельскохозяйственных животных существенно образом определяется рационом питания. Для обеспечения сбалансированного питания животных применяется сложная система кормов, которые содержат необходимые питательные вещества и энергию. Потребность в биологически активных веществах обеспечивается комбикормами, содержащими белково-витаминно-минеральные добавки. В последние годы развивается производство нового вида кормов – биологически активные корма. Биологически активные корма являются специально приготовленными, физиологически приемлемыми продуктами, содержащими в доступной форме необходимые животному организму энергию, питательные и

биологически активные вещества. Их применение направлено на решения целого комплекса проблем животноводства: воздействие неблагоприятных факторов на животных, низкая усвояемость кормов, заболеваемость и др. [1, 2]. Фенольные соединения выступают важнейшей группой биологически активных веществ в составе кормов, обладая антиоксидантными, антибактериальными, гепатопротекторными и прочими функциональными свойствами [3].

Цель нашей работы – определить суммарное содержание фенольных соединений в некоторых видах биологически активных кормовых трав.

Объектами исследований послужили: левзея сафлоровидная (*Rhaponticum carthamoides*), эспарцет песчаный (*Onobrychis arenaria*) и клевер открытозёвый (*Trifolium apertum*), собранные в фазу бутонизации на базе НИИ Сельского хозяйства «Пермский» (с. Лобаново, Пермский край). В кормопроизводстве используется вся надземная часть трав, поэтому анализ фенольных соединений проводили в растениях без дифференциации на органы. Сумму фенольных соединений и их отдельного класса флавоноидов проводили в спиртовых экстрактах воздушно-сухого измельченного растительного материала. Суммарное содержание фенольных соединений в эквиваленте галловой кислоты проводили по модифицированному методу Фолина-Чокальтеу при длине волны 750 нм. Суммарное содержание флавоноидов в эквиваленте кверцетина при длине волны 425 нм [4]. Измерения проводили в трехкратной повторности на спектрофотометре «СФ-2000». Математическую обработку данных проводили в программе «Past 3». Достоверность различий между вариантами подтверждали показателем наименьшей существенной разности (НСР).

Источниками фенольных соединений для сельскохозяйственных животных могут быть исключительно корма растительного происхождения. Для производства высококачественных кормов ведется поиск видов трав с повышенным содержанием биологически активных соединений, в частности фенольных веществ.

Данные по суммарному содержанию фенольных соединений и флавоноидов в исследуемых кормовых травах представлены в таблице.

К фенольным соединениям относятся вещества, содержащие одно и более ароматических (бензольных) колец, флавоноиды являются одним

из классов фенольных соединений с двумя ароматическими кольцами и имеют структуру скелета основного - С6-С3-С6 [3].

Таблица

Суммарное содержание фенольных соединений в надземной части (сухая биомасса без дифференциации на органы) биологически активных кормовых трав

Вид растения	Сумма фенольных веществ, %	Сумма флавоноидов, %
Клевер открытозёвый	4,73±0,23	0,6±0,05
Левзея сафлоровидная	5,80±0,40	2,1±0,18
Эспарцет песчаный	2,16±0,16	0,32±0,05
НСР	0.92	0.26

Примечание: ± - ошибка среднего.

Как показали результаты, исследованные виды кормовых трав достоверно отличались по суммарному содержанию фенольных соединений в целом, с максимальной концентрацией у левзеи сафлоровидной. По сумме флавоноидов максимальным содержанием отличалась также левзея сафлоровидная. Минимальное содержание фенольных соединений и флавоноидов установлено в надземной биомассе эспарцета песчаного.

Исследованные растения могут отличаться по содержанию индивидуальных фенольных соединений и составу других биологически активных веществ (алкалоиды, витамины, гормоны).

По данным литературы в составе левзеи сафлоровидной содержится комплекс экидистеронов, обладающих иммуностимулирующим, общеукрепляющим и целым комплексом других ветеринарных свойств [5]. В связи с этим необходимы дальнейшие исследования состава кормовых биологически активных трав для оценки их значения в кормопроизводстве.

Библиографический список

1. Кормопроизводство: краткий курс лекций направления подготовки 35.03.04 Агрономия / Сост.: А.А. Беляева // ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ. Саратов, 2016. 112 с.

2. Савченко И.В. Инновационные технологии заготовки высококачественных кормов: науч. аналит. обзор. М: ФГБНУ «Росинформагротех», 2017. 196с.

3. Запрометов М.Н. Фенольные соединения: распространение, метаболизм и функции в растениях. М.: Наука, 1993. 271 с.

4. Руководство по методам контроля качества и безопасности биологически активных добавок к пище. М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. 240 с.

5. Волошин В.А., Матолинец Д.А., Морозков Н.А., Майсак Г.П. Роль левзеи сафлоровидной в кормлении молочных коров // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2019, №49(5). С. 52-60.

Содержание низкомолекулярных антиоксидантов в растениях в условиях техногенного засоления

А.С. Куприна, студентка 4 курса биологического факультета ПГНИУ

Научный руководитель – к.б.н., доцент *О.А. Четина*

На территории Верхнекамского месторождения солей производится добыча сырья, которая неизбежно ведет к образованию промышленных отходов и складированию их на поверхности, вследствие чего отмечаются очаги вторичного засоления почвенного покрова. На техногенно-засоленных почвах происходит смена растительных сообществ на более устойчивые, что приводит к трансформации зональных ландшафтов в целом [1].

В адаптации растений к различным природным и антропогенным факторам значительная роль принадлежит низкомолекулярным протекторным соединениям (пролину, фенольным соединениям, органическим кислотам, растворимым сахарам, каротиноидам и др.). Одним из признанных маркеров устойчивости растения считается уровень пролина. Свободный пролин при стрессе обладает полифункциональным биологическим эффектом, который проявляется не только в осморегуляторной, но также и в антиоксидантной, энергетической и других функциях, обеспечивающих поддержание клеточного гомеостаза и его переход в новое адаптивное состояние [2,

3]. Флавоноиды в неблагоприятных условиях в растениях выполняют определенную защитную роль; благодаря химической природе они способны вступать в реакции перекисного окисления[4].

Целью нашего исследования являлось определение содержания низкомолекулярных антиоксидантов в растениях в условиях техногенного засоления.

В качестве объектов исследований были взяты 5 видов солеустойчивых растений около г. Березники в долине реки Лёнвы, а также близь с. Усть-Игум в долине реки Усолка возле рассолоподъемных скважин: солерос солончаковый (*Salicornia perennans* W.), ситник сплюснутый (*Juncus compressus* J.), лебеда простертая (*Atriplex prostrata* B.), бескильница расставленная (*Puccinellia distans* P.), торичник солончаковый (*Spergularia salina* J.). В листьях и корнях исследуемых растений было определено количество засоряющих ионов Na^+ и Cl^- , пролина и флавоноидов.

Максимальным накоплением как ионов Na^+ , так и Cl^- в листьях отличились солерос, торичник и лебеда. У галофитов основная часть ионов передвигается в наземные органы и накапливается в вакуолях клеток. Аккумуляция свободного натрия в надземных органах, по сравнению с корнями, дает возможность растению создать градиент концентраций, который увеличивает осмотическое давление клеточного сока для облегчения поглощения воды и движения ее вверх по растению. Бескильница и ситник, вероятно, обладают способностью ограничивать накопление ионов Na^+ и Cl^- в условиях засоления.

Исследуемые растения, произрастающие в условиях техногенного засоления, отличались по содержанию пролина (рис. 1). При этом более чувствительные к засолению растения содержали больше пролина, чем устойчивые. Так, наибольшее содержание этой аминокислоты наблюдалось в надземных органах бескильницы расставленной (137 мг/100 г сухой массы). В адаптации бескильницы, по-видимому, пролин, имеет существенное значение, повышая солеустойчивость этого вида.

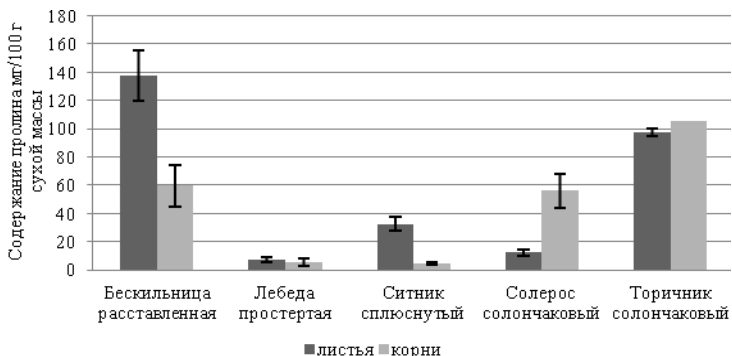


Рис. 1. Содержание пролина в листьях и корнях исследуемых растений

Значительное количество пролина зафиксировано также у торичника (97,33 мг/100 г сухой массы в листьях и 105,4 мг/100 г сухой массы в корнях) и чуть меньше у ситника (32,6 мг/100 г сухой массы в листьях). В листьях лебеда и солероса содержание пролина было минимальным. Установлено, что солевой стресс не всегда индуцирует синтез пролина; у некоторых галофитов пролин не вносит существенный вклад в устойчивость [5].

Высоким содержанием флавоноидов в надземных органах отличились ситник сплюснутый (0,48% сухой массы) и лебеда простертая (0,45% сухой массы) (рис. 2). Чуть меньшее количество отмечено в надземных органах бескильницы и торичника (в диапазоне 0,19 – 0,3% сухой массы). Минимальный уровень флавоноидов зафиксирован у солероса (0,11 % сухой массы).

Таким образом, в основе высокой солеустойчивости галофитов солероса, лебеда и торичника лежит их способность к избирательной аккумуляции засоляющих ионов. Пролин, имеет существенное значение в адаптации бескильницы, повышая солеустойчивость этого вида, а также соленакапливающего торичника. Участие флавоноидов в адаптационном процессе отмечено у ситника и солеаккумулирующей лебеда.

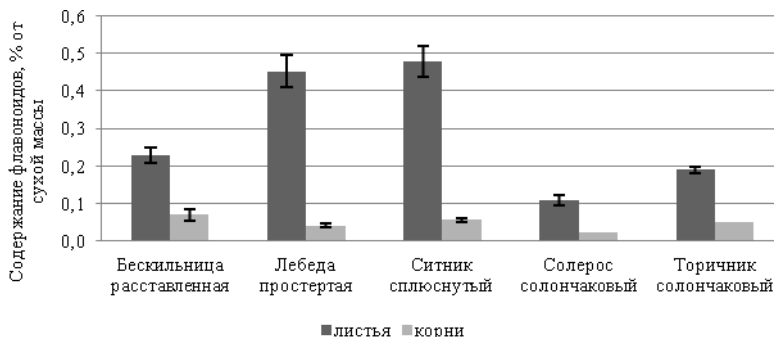


Рис. 2. Содержание флавоноидов в листьях и корнях исследуемых растений

Библиографический список

1. Еремченко О.З., Четина О.А., Кусакина М.Г., Шестаков И.Е. Техногенные поверхностные образования зоны солотвалов и адаптация к ним растений. Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2013. 148 с.
2. Bhuyan M.H.M.B., Hasanuzzaman M., Mahmud J.A., Hossain M., Bhuiyan T.F., Fujita M. Unraveling Morphophysiological and Biochemical Responses of *Triticum aestivum* L. to Extreme pH: Coordinated Actions of Antioxidant Defense and Glyoxalase Systems // *Plants*. 2019. Vol. 8, № 1. P. 24.
3. Четина О.А., Боталова К.И., Кайгородов Р.В. Влияние щелочности и кислотности корневой среды на состояние защитных систем *Triticum aestivum* L. и *Secale cereale* L. // *Физиология растений*. 2020. Т. 67, № 2. С. 177–187.
4. Aslam R., Bostan N., Nabgha-e-Amen M.M., Safdar W.A critical review on halophytes: salt tolerant plants // *J. Medical Plant Res*. 2011. V. 5. P. 7108.
5. Балнокин Ю.В., Мясоедов Н.А., Бабурина О.К., Вухтер В.В. Содержание натрия, калия, серы и пролина в тканях галофитов при разных условиях почвенного засоления на территории бывшего дна Аральского моря // *Проблемы освоения пустынь*. 1991. № 2. С. 70-78.

Динамика активности каталазы у овса посевного в условиях засоления и разных уровней рН корневой среды

К.И. Лучникова, студент 2 курса магистратуры биологического факультета ПГНИУ

Научный руководитель – к.б.н., доцент *О.А. Четина*

Одной из ключевых проблем современной физиологии растений является исследование механизмов, позволяющих растению выживать и заканчивать онтогенетический цикл в условиях кратковременного или постоянного действия неблагоприятных факторов окружающей среды. Негативные изменения характеристик окружающей среды приводят к повышению концентрации активных форм кислорода в клетках растений. В ответ на усиление генерации АФК, как правило, наблюдается активация элементов антиоксидантной защитной системы. Антиоксидантная защитная система клетки растения – множество взаимосвязанных окислительно-восстановительных реакций, в которых участвуют антиоксидантные ферменты и низкомолекулярные метаболиты. В нормальных условиях и при окислительном стрессе антиоксидантные ферменты, супероксиддисмутазы, пероксидазы, каталаза и ферменты аскорбат-глутатионового цикла, играют важную роль в поддержании определенного безопасного уровня АФК [1].

Целью наших исследований было изучение активности каталазы у овса посевного в различных условиях засоления и рН корневой среды.

Исследование проведено в модельных опытах с сочетанием вариантов 3, 6,5, 10 рН и засоления 100 мМ и 200мМ NaCl корневой среды. Растения выращивали на вермикулите в течение 5-7 дней, затем в контейнеры добавляли растворы хлористого натрия в сочетании с различными уровнями рН. Контрольным вариантом служили растения, выращенные без засоления при рН6,5. Активность каталазы определяли титрометрическим способом в динамике через 1, 2, 3, 4, 5, 6, 24 и 48 часов. Данные обработаны с применением пакета статистических программ Stadia 6.0.

Большинство растений обладают пониженной активностью каталазы на загрязненных участках произрастания, и чем выше

устойчивость вида к загрязняющим веществам, тем более высока стабильность действия этого энзима, и наоборот, большая степень ингибирования активности фермента может являться диагностическим признаком слабой устойчивости растений к антропогенным нагрузкам [2].

В ходе нашего эксперимента мы выяснили, что активность каталазы при pH3 (рис.1) в целом выше или не отличается от контрольного варианта. А при pH 10 наоборот, ниже или не имеет значимых различий с контролем. Через 48 часов после стресс-воздействия оба опытных варианта приближаются к контрольному значению.

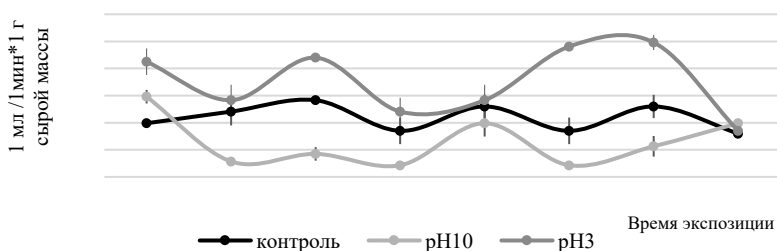


Рис. 1. Активность каталазы в надземных органах овса посевного на разных уровнях pH корневой среды

Активность каталазы при засолении 100 мМ NaCl (рис.2) через 1 час становится выше контрольного варианта, далее активность падает ниже контроля и достигает максимума через 6 часов после стресс-воздействия (более чем в 3 раза выше контроля) и остается на достаточно высоком уровне до 48 часов.

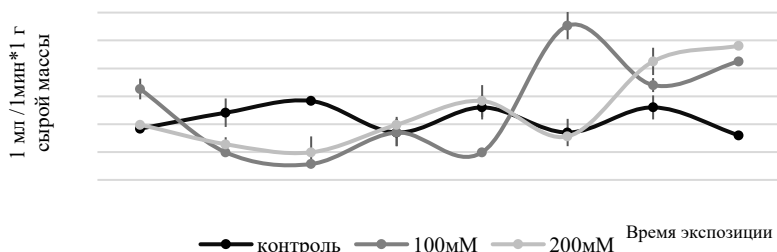


Рис. 2. Активность каталазы в надземных органах овса посевного на разных уровнях засоления

При засолении 200 мМ в первые 6 часов после стресс-воздействия активность каталазы была несколько ниже или не отличалась от

контрольного варианта. К 24 часам наблюдается усиление активности фермента и к 48 часам зафиксирован максимальный уровень (почти в 2 раза выше контрольного варианта).

При увеличении концентрации хлорида натрия каталаза играет важную роль в детоксикации перекисей, образующихся при солевом стрессе [3].

При сочетании факторов засоления (100 и 200 мМ NaCl) и pH3 в целом уровень активности каталазы ниже контрольного варианта (рис.3). Минимальная активность каталазы в варианте pH3+100мМ зафиксирована через 2 часа после стресс-воздействия (в 4 раза ниже контроля), а в варианте pH3+200 мМ – через 1 и 24 часа (в 3 и 2,5 раза ниже контроля соответственно).

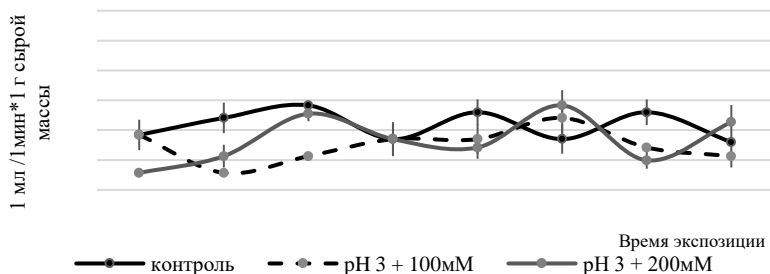


Рис. 3. Активность каталазы в надземных органах овса посевного на разных уровнях засоления и pH3

При сочетании факторов засоления и щелочного уровня pH корневой среды (рис. 4) в варианте опыта pH10 + 100 мМ активность каталазы через 1 час становится выше контрольного варианта в 1,3 раза, а через 2–3 часа она снижается (в 3 раза ниже контроля). В промежуток времени 4-6 часов после стресс-воздействия активность каталазы не отличается от контрольного варианта и через 24–48 часов возрастает в 1,6 раз относительно контроля. В варианте опыта pH10 + 200 мМ наблюдается скачкообразный характер активности каталазы. Через 3 и 5 часов после стресса наблюдается снижение активности в среднем в 2,5 раза относительно контроля. Через 4 и 24 часа активность каталазы максимальная (в 2,5 раза выше контроля). Во все остальные исследуемые временные периоды статистически значимых отличий от контрольного варианта не наблюдается.

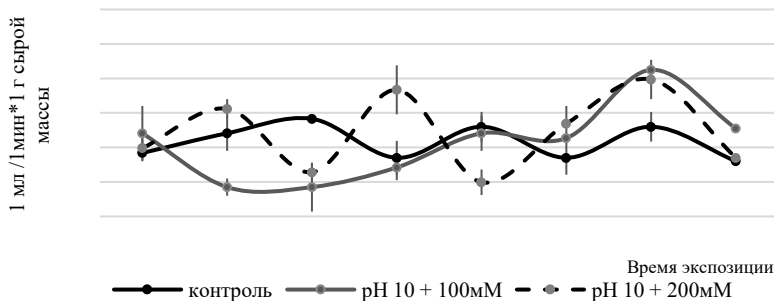


Рис. 4. Активность каталазы в надземных органах овса посевного на разных уровнях засоления и pH10

Снижение активности фермента говорит об истощении конститутивного пула. Активация этого процесса, возможно, обусловлена отчасти поддержанием высоких концентраций пероксида водорода, для которого известна сигнальная функция [4]. Уменьшение каталазной активности в клетках растений на начальной стадии стресса — необходимое условие сохранения высокого количества H_2O_2 , ингибирование активности каталазы приводит к накоплению перекиси [5, 6].

При проведении регрессионного анализа обнаружены прямые зависимости между накоплением перекиси в листьях овса и активностью каталазы через 1 час после стресс-воздействия ($y = -2,282 + 1,23x$, $R = 0,62$, $F = 4,4$) и 6 часов ($y = -8,317 + 2,568x$, $R = 0,65$; $F = 5,11$, где x — содержание перекиси, y — активность каталазы, R — множественный коэффициент корреляции, F — критерий Фишера).

Таким образом, при действии как отдельных факторов засоления и pH уровня корневой среды, так и в их сочетании нами отмечена изменчивость в активности каталазы в листьях овса. Эти колебания, скорее всего, связаны с необходимостью образования АФК в условиях стресса (ингибирование фермента), возникающими на разных временных интервалах кратковременными окислительными взрывами и активной защитой от окислительного стресса.

Библиографический список

1. Радюкина Н.Л. Функционирование компонентов антиоксидантной системы дикорастущих видов растений при

кратковременном действии стрессоров // Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора биологических наук. Москва, 2015. 3 с.

2. Чиркова Т.С. Физиологические основы устойчивости растений. СПб.: Изд-во С.-Пб. Ун-та, 2002. 244 с.

3. Ху Ю. Ф., Лиу Ж. П. Ферменты антиоксидантной защиты и физиологические характеристики двух сортов топинамбура при солевом стрессе // Физиология растений. 2008. № 6. С. 863-868.

4. Гарифзянов А.Р. и др. Особенности NaCl-индуцированного окислительного стресса и динамики активности антиоксидантных ферментов в органах тритикале озимого. Докл. Российской академии сельскохозяйственных наук. 2012. №2. С.9–11.

5. Hung K.T., Hsu Y.T., Kao C.H. Hydrogen peroxide is involved in methyl jasmonate-induced senescence of rice leaves. *Physiol. Plant.*, 2006, 127(2): 293-303.

6. Repka V., Fisherova I., Silharova K. Methyl jasmonate is a potent elicitor of multiple defense responses in grapevine leaves and cell-suspension cultures. *Biol. Plant.*, 2004, 48(2): 273-283

Динамика содержания аскорбиновой кислоты у овса посевного при воздействии засоления и pH-уровня корневой среды

В.А. Мошева, студентка 2 курса биологического факультета ПГНИУ

Научный руководитель – к.б.н., доцент *О.А. Четина*

Засоление почв является одним из основных стрессоров, лимитирующих рост и продуктивность растений, во-первых, в результате возникновения осмотического стресса, а, во-вторых, вследствие нарушения ионного баланса, структуры и функций макромолекул, инициации избыточного синтеза активных форм кислорода. На сегодняшний день известно, что в почвах накопление солей может сопровождаться увеличением щелочности до 10 единиц, а техногенное засоление может развиваться и на фоне кислой реакции среды. Большинство сельскохозяйственных растений предпочитает

среду близкую к нейтральной. Для выживания в почвах с высокой концентрацией солей растения развивают различные физиолого-биохимические механизмы, к основным из которых относится биосинтез низкомолекулярных органических антиоксидантов, в частности, аскорбиновой кислоты [1]. Таким образом, исследование механизмов устойчивости растений к совместному воздействию засоления и pH является актуальным.

Целью наших исследований было изучение динамики содержания аскорбиновой кислоты у овса посевного при воздействии засоления и разных уровней pH корневой среды.

В качестве объекта исследования использовался овес посевной *Avena sativa* L., который выращивали на вермикулите в течение 7 дней, а далее добавляли стресс-факторы, в качестве которых использовали растворы, сочетающие засоление хлоридом натрия (100мМ и 200мМ) и разные уровни pH (pH 3, pH 6,5, pH 10). Щелочная среда создавалась буфером глицин-КОН, кислая – уксусной кислотой. Контролем являлся вариант без засоления с pH 6,5. Содержание аскорбиновой кислоты (АК) определяли методом Петта в модификации Прокошева в динамике через 1, 2, 3, 4, 5, 6, 24 и 48 часов. Данные обработаны с применением пакета статистических программ Stadia 6.0.

В результате воздействия засоления 100 мМ (рис. 1) наблюдалось повышенное содержание аскорбиновой кислоты по отношению к контролю на протяжении всего временного периода эксперимента (максимальное через 1 час после добавления стресс-фактора – 0,125 мг%). Накопление аскорбата, вероятно, связано с повышением его биосинтеза и активной регенерацией в результате возникновения окислительного стресса [2]. При засолении 200 мМ в целом наблюдалось пониженное содержание аскорбата относительно контроля. Уменьшение количества аскорбата при действии стрессовых факторов может указывать на активное участие этого низкомолекулярного антиоксиданта в нейтрализации активных форм кислорода и его использование в реакциях поддержания пула α -токоферола [2, 3]. Также зафиксировано, что через 24 часа количество аскорбата приближалось к значению контрольного варианта как при засолении 100 мМ, так и 200 мМ.

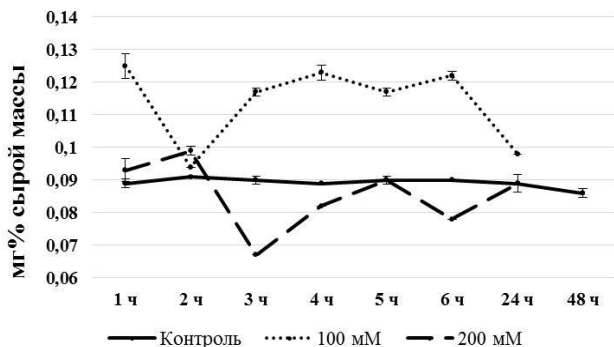


Рис. 1. Динамика содержания аскорбиновой кислоты в листьях овса посевного на разных вариантах засоления субстрата, мг% сырой массы

При воздействии на растения засоления (100 мМ и 200мМ) в сочетании с рН 3 (рис. 2) содержание аскорбата в листьях растений достоверно было выше, чем в контрольном варианте на протяжении всего временного периода эксперимента. Максимальное количество АК в опытном варианте 100мМ + 3рН наблюдалось через 24 часа после стресс-воздействия (на 31% больше контрольного значения). В опытном варианте 200 мМ + 3 рН максимальное количество аскорбата было зафиксировано в первые 2 часа (на 70% больше контрольного значения).

В условиях засоления (100 мМ и 200 мМ) и щелочном уровне рН (рис. 3) корневой среды содержание АК в листьях овса в первые часы после стресс-воздействия было ниже контрольного уровня в среднем на 10-20%. В варианте 100 мМ +10 рН увеличение количества аскорбата фиксировалось через 4 часа после добавления растворов со стресс-факторами, а в варианте 200 мМ +10 рН – через 2 часа. Максимальный уровень АК в этих опытных вариантах наблюдался через 5-6 часов (на 18% выше контрольного варианта). Через 48 часов в варианте 200 мМ + 10 рН уровень АК достоверно не отличался от контрольного варианта.

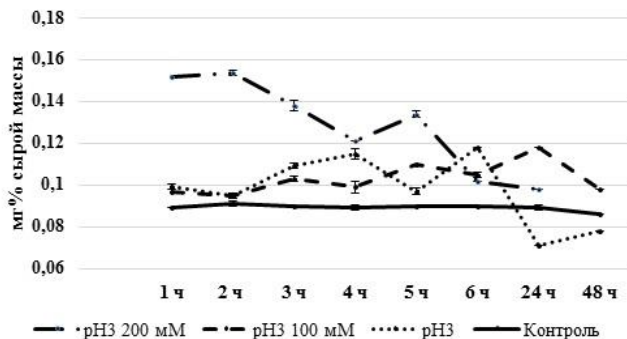


Рис. 2. Динамика содержания аскорбиновой кислоты в листьях овса посевного на разных вариантах засоленности при рН 3, мг% сырой массы

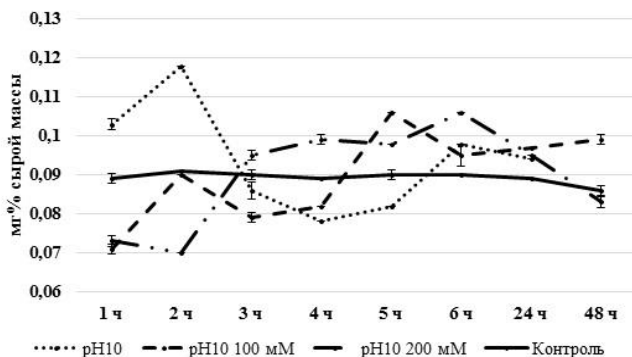


Рис. 3. Динамика содержания аскорбиновой кислоты в листьях овса посевного на разных вариантах засоленности при рН 10, мг% сырой массы

Как отмечают Н. Siess, W. Stahl [4] накопление аскорбата, вероятно, связано с протеканием реакций, направленных на защиту клеток растений от токсического действия свободных радикалов, возникающих в условиях засоления. К ряду быстрых реакций, происходящих в ответ на стресс, относят освобождение активных форм кислорода, так называемый «окислительный взрыв». Меняющийся уровень восстановленной формы аскорбиновой кислоты можно объяснить поэтапными (на разных временных интервалах) кратковременными окислительными взрывами.

Таким образом, влияние засоления и рН корневой среды сопровождалось активным синтезом, восстановлением окисленной формы и накоплением аскорбиновой кислоты. Скорее всего, данная реакция имеет адаптивный характер, т.к. аккумуляция аскорбиновой кислоты служит показателем восстановительной и общей физиологической активности растений.

Библиографический список

1. Лузина Е.В. Адаптация растений к засолению и ощелачиванию корневой среды // Вестник молодых ученых ПГНИУ [Электронный ресурс]: сб. науч. тр. / отв. редактор .А.Бячкова; ерм. гос. нац.иссл. ун-т.–Электрон. дан.–Пермь, 2013.–Вып. 3. С. 7-13.

2. Демидова М.И., Лихарева Ю.Е., Лапшина В.К. Влияние галитовых отходов ОАО «Уралкалий» города Березники на почву и растительность // Вестник ПНИПУ. Прикладная экология. Урбанистика. 2014. №2. С. 154-166.

3. Николаева М.К., Маевская С.Н., Воронин П.Ю. Активность антиоксидантной и осмопротекторной систем и фотосинтетический газообмен проростков кукурузы в условиях засухи // Физиология растений. 2015. Т. 62. №3. С. 340-348.

4. Siess H., Stahl W. Antioxidant Function of Vitamins–Vitamin E and Vitamin C, β -Carotene and other Carotenoids and Intercellular Communication via Gap Junctions // Int. J. Vitam. Nutr.Res. 1997. V.67. P. 364-367.

Динамика каталазной активности в листьях пшеницы обыкновенной и ржи посевной при кислотном и щелочном стрессе

А.А. Правкова, студент 2 курса магистратуры биологического факультета ПГНИУ

К.И. Боталова, аспирант 3 курса биологического факультета ПГНИУ
Научный руководитель – профессор *О.З. Еремченко*

Под влиянием неблагоприятных факторов среды в растениях повышается концентрация активных форм кислорода. Значительную

роль в защитных реакциях клетки играют ферменты антиоксидантной системы [1]. На активность ферментов оказывают влияние многие физические и химические факторы: температура, pH, ионный состав среды и др., которые способны изменять конформацию активного центра ферментов и скорость катализируемых ими реакций. Для нормальной работы ферментов необходимо поддерживать постоянство клеточной среды, регулируемое множественными процессами, в том числе, механизмами pH-стата клетки [2]. В кислых (или щелочных) условиях корневой среды эффективность процессов поддержки pH цитоплазмы клетки может уменьшиться. Реакция высших растений и их ферментов на кислотность и щелочность корневой среды остается в центре физиологических исследований, т.к. имеет значение в селекции и повышении продуктивности [2, 3].

Цель работы – изучить динамику активности каталазы в листьях пшеницы и ржи при кислотном и щелочном стрессе.

Растения выращивали на вермикулите в течение 7-ми дней, затем в корневую среду внесли растворы с кислотой (pH=3) и щелочной (pH=10) реакцией среды. Каталазную активность измеряли через 0.5, 1, 2, 3, 4 и 24 ч после воздействия стресс-факторов. Ранее в подобном эксперименте при изменении pH корневой среды в листьях злаков установлено усиление динамики пероксида и повышение пероксидазной активности [3].

Влияние на каталазную активность ржи

В листьях ржи через 2 и 4 ч после воздействия кислотным раствором на корневую среду активность каталазы была значимо выше, чем в растениях на контрольном варианте (рис. 1). На фоне щелочной реакции корневой среды активность каталазы колебалась в наибольшей степени. Через 0.5, 1, 2, 3 ч после стресс-воздействия ее активность была выше контрольных значений, но в последующие сроки значимые отличия не выявлены.

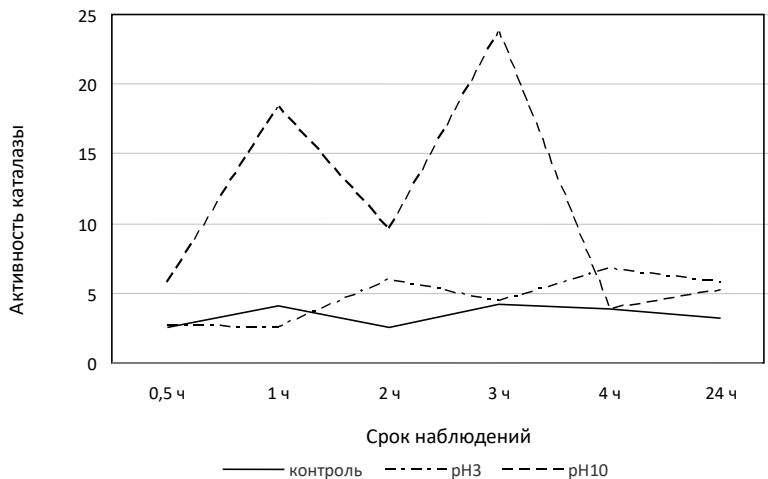


Рисунок 1. Динамика каталазной активности в листьях ржи при изменении рН корневой среды, мл $O_2 \cdot 1 \text{ мин} \cdot 1 \text{ г}$ сырой массы

Влияние на каталазную активность пшеницы

В листьях пшеницы на фоне кислой реакции корневой среды активность каталазы в первые часы наблюдений (0,5, 1, 2, 3 и 4 ч), а также через сутки превышала контрольные значения (рис.2). На фоне щелочной реакции среды в первый срок измерений наблюдалось существенное повышение показателя активности каталазы по сравнению с контрольным значением, через 1ч активность оставалась повышенной. Через 2, 3 и 4 ч после стресс-воздействия не выявлено отличий от контрольного варианта, но через 24 ч активность фермента вновь превысила контрольные значения.

Таким образом, установлено, что при изменении рН корневой среды в листьях злаков в течение суток активизировались ферменты антиоксидантной защиты; наряду с повышением пероксидазной активности [3], усиливалась активность каталазы. В листьях ржи активность каталазы более значительно повышалась при кислотном стрессе, чем при щелочном. У пшеницы, напротив, активность этого фермента усиливалась в большей степени при щелочном стрессе. Наблюдаемые нами колебания активности каталазы отразили

каскадный характер развития окислительно – восстановительных процессов в растениях, который проявляется не только в начальной стадии стресса, но и при последующем воздействии неблагоприятного фактора среды.

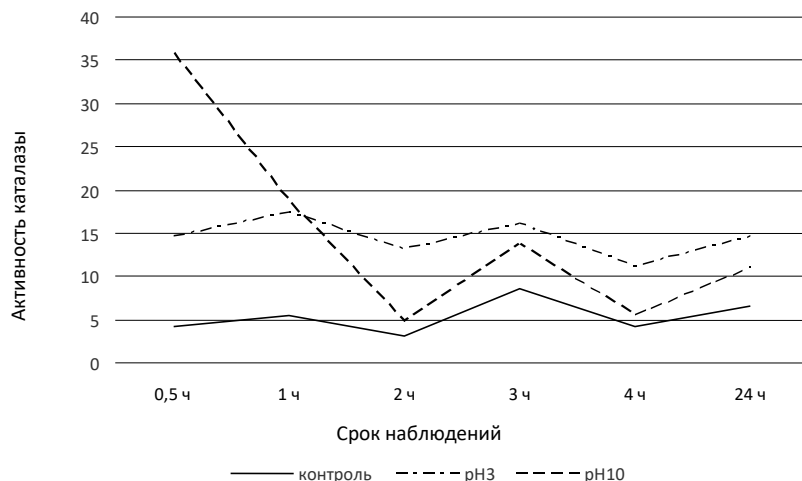


Рисунок 2. Динамика каталазной активности в листьях пшеницы при изменении pH корневой среды, мл O₂ * 1 мин * 1 г сырой массы

Библиографический список

1. Колупаев Ю.Е., Карпец Ю.В. Активные формы кислорода, антиоксиданты и устойчивость растений к действию стрессоров. Киев: Логос, 2019. 277 с.
2. Borhannuddin B., Mirza H., Jubayer A.M., Shahadat Md.H., Bhuiyan T.F., Masayuki F. Unraveling morphophysiological and biochemical responses of *Triticum aestivum* L. to extreme pH: coordinated actions of antioxidant defense and glyoxalase systems // Plants. 2019. V. 8. № 1.
3. Четина О.А., Боталова К.И., Кайгородов Р.В. Влияние щелочности и кислотности корневой среды на состояние защитных систем *Triticum aestivum* L. и *Secale cereale* L. // Физиология растений. 2020. Т. 67. № 2. С. 177–187.

К вопросу о содержании радионуклидов в почвах фитоценозов и речных долин Тобольского и Вагайского районов Тюменской области

Р.В. Сапцын¹, Р.И. Халилов¹, С.В. Федотов¹, Г.С. Алимова²

¹ПГНИУ, студент.

Научный руководитель – к.б.н., доцент *В.Ю. Ушаков*

²Тобольская комплексная научная станция УрО РАН, начальник отдела экологических исследований.

Современное радиационное состояние природной среды обусловлено несколькими путями поступления радиоактивных элементов: 1) естественный путь (поступление из горных пород при процессах выветривания); 2) промышленный путь (выбросы производства); 3) горная промышленность и металлургия (поступление радиоактивных элементов при эксплуатации карьеров); 4) масштабные испытания ядерного оружия и аварии на АЭС.

Значительная часть радиоактивных изотопов, попадая на земную поверхность с осадками, мигрирует с поверхностным стоком в реки, грунтовые воды и проникает в почву. Затем происходит закрепление элементов в биоценотической системе «почва-растение».

В литературе встречается небольшое количество работ, посвященных радиоэкологии почв и водных систем на территории РФ [1,2]. Работы, проведенные в Тюменской области так же немногочисленны [3].

В период июнь-август 2018 и 2019 года был проведен мониторинг почвенного покрова антропогенно-измененных фитоценозов, естественных фитоценозов и почв речных долин Тобольского и Вагайского региона Тюменской области. Цель работы – первичная оценка эколого-радиационного состояния компонентов природной среды. Ранее подобных исследований на указанной территории не проводилось.

Почвенные условия Тобольского и Вагайского районов: В названных ландшафтно-геохимических условиях ведущими почвообразовательными макропроцессами являются гумусонакопление, оподзоливание, оглеение и торфонакопление/

В западной части Тобольского материка преобладают дерново-сильнопodzолистые глубинно-глееватые почвы со вторым гумусовым

горизонтом. Вместе с ними встречаются дерново-подзолисто-глеевые почвы со вторым гумусовым горизонтом, а также дерново-глеевые и глееватые оподзоленные почвы. Для пойменного комплекса характерны аллювиальные дерново-глеевые почвы в сочетании с пойменными луговыми при частой смене гранулометрического состава [4].

Согласно региональному почвенно-географическому районированию, данная территория попадает в пределы Туртас-Иртышского района вторично-дерново-подзолистых и торфяно-болотных почв. Для него характерны: хорошая дренированность, развитая овражно-балочная сеть, широкое распространение реликтов в виде почв со вторым гумусовым горизонтом и погребенных почвенных горизонтов в толще плейстоценовых озерно-аллювиальных отложений. Наряду с этим, около половины территории района занимают низинные и верховые торфяники. [5].

В таблицах приведены полученные данные по содержанию некоторых радионуклидов. Указано среднее значение для радиоактивного элемента по всему профилю почвы (данные 2018 г.), либо их содержание в некоторых почвенных горизонтах (данные 2019 г., средние данные биологической пробы). Данные представлены в Табл 1, 2, 3.

По полученным данным делать предварительные выводы затруднительно. Требуется повторные полевые и камеральные исследования региона.

Библиографический список

1. Трапезников А.В. Распределение радионуклидов в воде, донных отложениях и пойменных почвах нижней обии в границах ямалоненецкого автономного округа // Радиационная биология. Радиоэкология. -2018.-том 58, №4-С.406-414.

2. Страховенко В.Д. Содержание радиоактивных элементов в почвах Сибири // Международная научно-практическая конференция «Радиоэкология XXI века», сборник материалов. – Красноярск: Сибирский федеральный ун-т, 2011

3. Бурлаенко В.З. Оценка радиационного состояния компонентов природной среды юга Тюменской области: диссертация... кандидата биологических наук: 03.02.08 / Бурлаенко Василя Зиннуровна-Тюмень, 2018-147 с.

4. Атлас Тюменской области. Вып. 1. М.-Тюмень: ГУТК, 1971. 27 л.

5. Каретин Л.Н. Почвы Тюменской области. Новосибирск: «Наука», 1990. 286 с.

Таблица 1

Суммарное содержание радионуклидов в почвенном покрове антропогенно-измененных фитоценозов Тобольского и Вагайского районов Тюменской области (данные 2018 г.)

Место заложения почвенного разреза	Тип почвы	Масса пробы (г)	Cs-137 (Бк/кг)	Th-232 (Бк/кг)	Ra-226 (Бк/кг)
N58°07.2379', E 68°12.8276 около свалки твердых бытовых отходов	Дерново-луговая оглеенная	510	3,1±1,05	16,6±3,1	15,8±3,1
N 58°09.817', E 68°17.284' около свалки твердых бытовых отходов. Заливная пойма р.Иртыш	Дерново-луговая оглеенная	425	2,17±0,2	10,44±0,6	15,18±3,01
N 58°38.633', E 068°33.920' около свалки твердых бытовых отходов	Дерново-луговая оглеенная с погребенным гумусовым горизонтом	450	3,46±0,53 (в [A]=20,5)	10,4±1,18	21,8±2,4
N 58°09.327, E 68°22.855 смешанный лес у автодороги	Серая лесная	401	5,8±1,5	15,7±1,4 (в A=30,8)	9,7±2,1
N 58°09.327, E 68°22.855 смешанный лес у автодороги	Среднеподзолистая почва с погребенным гумусовым	456	9,4±4,9	7,6±3,1	21,7±3,5
N 57°53.477', E 068°07.235' вдоль автотрассы Тюмень-Ханты-Мансийск	Дерново-луговая оглеенная почва с погребенным гумусовым	454	4,04±0,39	19,3±2,7	11,8±3,7
N 58°19.009', E 068°20.264' у песчаного карьера, вдоль федеральной трассы Тюмень-Ханты-Мансийск	Подзолистая почва	567	36,4±15,2	9±1,7	21,9±6,2

Таблица 2

Содержание радионуклидов в некоторых горизонтах почв прирусловой зоны рек Тобольского и Вагайского районов Тюменской области (данные 2019 г.)

Дата взятия, координаты	Тип почвы, горизонт	Th-232, Бк/кг	Ra-226, Бк/кг	K-40, Бк/кг	Cs-137, Бк/кг
05.06.2019; Тобольский район Тюменской области. Пос. Октябрьский, N- 58.264° E- 68.747083°	Дерново-луговая, Гумусовый (AU)	9,58	0,01	201,3	18,81
	Переходный гумусовый (A1)	17,1	15,62	206,2	0
06.06.2019; Тобольский район Тюменской области. От с. Абалак налево – примерно 10 км, около р. Бобровка Лес N- 58.182667° E- 68.635133°	Серая, Гумусовый (AY)	31,35	4,47	276,5	4,86
	Переходный (BEL)	17,1	15,62	206,2	0
11.06.2019; Тобольский район Тюменской области. д. Епанчина, Лосиная гора N- 58.14095° E- 68.790083°	Дерново-луговая, Гумусовый (AU)	25,7	8,57	364,9	4,53
	Переходный гумусовый (A1)	29,1	6,2	360,9	0
	Переходный (BEL)	21,23	9,43	354,6	0,01
	Материнская порода (BC)	30,98	13,81	298,5	0,08
17.06.2019; г. Тобольск, микрорайон Менделеево, N- 58.376717° E- 68.42055°	Темногумусовая аллювиальная, Темногумусовый (AU)	3,71	13,73	214,3	3,86
	Материнская порода (C)	21,53	4,358	268,3	3,73
	Переходный к породе (BT)	32,33	0	478	5,13
	Материнская порода (C)	42,12	0	496,3	4,67

Окончание таблицы 2

20.06.2019; Тобольский район Тюменской области. За д. Мостовая, луговая дорога до луга, окруженного лесом (береза, сосна), недалеко р. Моховая В почве карбонаты, на глубине 60 м вода. N- 58.077217° E- 68.791933°	Дерново- луговая оглеенная, Гумусовый (AU)	20,78	19,44	285	5,56
	Переходный (BEL)	25,32	19,77	316,4	0
	Материнская порода (C)	20,84	11,78	382	0
24.06.2019; Тобольский район Тюменской области. За д. Верхние Аремзяны, за д. Белая в гору дорога, луг. N- 58.307133° E-68.664267°	Серая со вторым гумусовым горизонтом, Первый гумусовый (AU)	21,94	3,93	279,4	3,39
	Второй гумусовый (AEL ([hh]))	23,66	4,67	418,3	1,16
	Переходный (BEL ([hh])(g))	24,76	4,73	439,5	0
	Материнская порода (C)	18,01	20,84	348,4	0
28.06.2019; Тобольский район Тюменской области. По дороге Р404 не доезжая п. Ингаир, заказник регионального значения «Тобольский материк», лес смешанный, рядом «искусственное» озеро. N-58.613017° E-68.77035°	Серая со вторым гумусовым горизонтом, Первый гумусовый (AU)	0	26,94	296,4	23,86
	Второй гумусовый (AEL ([hh])(g))	18,93	14,93	272,3	4,39
	Переходный (BEL)	22,1	13,84	354,7	0
	Материнская порода (C)	27,31	2,44	289,9	1,21

Таблица 3

Содержание радионуклидов в некоторых горизонтах почв
естественных фитоценозов Тобольского и Вагайского районов
Тюменской области (данные 2019 г.)

Дата координаты	взятия, горизонт	Тип почвы, горизонт	Th– 232, Бк/кг	Ra – 226, Бк/кг	K – 40, Бк/кг	Cs – 137, Бк/кг
03.06.2019, Тобольский район Тюменской области. д. Нижние Аремзяны, N - 58.491833° E - 68.68065°		Дерново- подзолистая. Переходный (BEL) Текстурный (BT)	10, 73 25,95	39, 25 17,11	353,6 311,6	0 0
10.06.2019, Вагайский район Тюменской области. N - 58.070283° E - 69.043783°		Дерново-сильно- подзолистая, Переходный (BEL) Текстурный (BT)	25,18 28,95	10,49 0	380,1 383,1	0,91 1,98
13.06.2019, Тобольский район Тюменской области. За д. Верхние Аремзяны, N - 58.300533° E - 68.61505°		Серая со вторым гумусовым горизонтом, Первый гумусовый (AY) Второй гумусовый (AEL ([hh])) Переходный (BEL) Текстурный (BT)	0,33 14,29 26,15 27,78	15 16,93 15,49 0	293,9 210,6 412,7 265,5	14,55 3,74 0,62 0,58
27.06.2019, Тобольский район Тюменской области. За д. Нижние Аремзяны N - 58.5325° E - 68.692233°		Серая оглеенная со вторым гумусовым горизонтом, Первый гумусовый (AY) Второй гумусовый (AEL ([hh])) Переходный (BEL)	27,85 25,73 14,27	0 26,69 10,34	329,8 186,7 349,4	6,7 0 0
28.06.2019, Тобольский район Тюменской области. По дороге Р404 от п. Ингаир в сторону N - 58.576417° E - 68.728783°		Серая оглеенная со вторым гумусовым горизонтом, Первый гумусовый (AY) Второй гумусовый (AEL ([hh])) Переходный (BEL (g))	10,92 13,67 11,62	23,17 11,93 20,82	268,4 371,5 348,6	0 0 0

Влияние pH почвы на пероксидазную активность в листьях гороха

А. А. Сомова, студент 4 курса биологического факультета ПГНИУ
К.И. Боталова, аспирант 3 курса биологического факультета ПГНИУ

Научный руководитель – проф. *О.З. Еремченко*

Жизнеспособность растений зависит от различных факторов внешней среды, среди них повышенные кислотность и щелочность почвы. Известно, что под воздействием неблагоприятных факторов среды (высоких и низких температур, засоления, тяжелых металлов и др.) нарушается координация процессов, осуществляемых во внутренних мембранах и процессов, происходящих в матриксе митохондрий и стромах хлоропластов; при этом возрастает вероятность акцептирования электронов от переносчиков электрон-транспортной цепи молекулярным кислородом с образованием активных форм кислорода (АФК). Сверхпродукция АФК может привести к гибели организма. Для защиты от негативного влияния стрессоров в растениях существует антиоксидантная система, позволяющая контролировать содержание АФК в клетках. Антиоксидантная система защиты включает в себя низкомолекулярные антиоксиданты и целый ряд ферментов (супероксиддисмутазу, каталазу, пероксидазы) [1]. В настоящее время в центре внимания исследователей остается функционирование антиоксидантной системы растительной клетки в условиях кислотного и щелочного стрессов [2].

Нами была изучена пероксидазная активность гороха посевного, выращенного на почве с разной реакцией среды. Пероксидаза – это двухкомпонентный фермент, в составе которого гемин, представленный протопорфирином IX в комплексе с трехвалентным железом, и полипептидная цепь. Этот глобулярный белок диаметром 50 Å содержит около 43% α -спиральных участков в составе белковой части молекулы [3]. Геминная часть молекулы – железопропорферин IX – исполняет роль активного центра, участвует в разложении пероксида водорода (H_2O_2).

Для эксперимента использовали дерново-подзолистую почву (слой 0-10 см) с $\text{pH}=5,2$. Нейтрализацию почвы (до $\text{pH}=7,3$) провели путем внесения CaCO_3 . Дозу внесения рассчитали по величине гидролитической кислотности. Формирование щелочной среды (до $\text{pH}=8,4$) провели путем внесения в почву Na_2CO_3 .

Предварительно замоченные семена гороха (30 г) высаживались в контейнеры размером 16 x 12 x 7 см. Растения выращивались при температуре 23°C с периодическим поливом дистиллированной водой. Реакцию почвенной среды контролировали путем измерения на иономере.

Для определения содержания пероксидазной активности в зеленой массе растений пробы отбирали равномерно по всей площади контейнера. Пробу измельчали вручную, затем из нее брали навеску.

Активность пероксидаз определяли ферроцианидным методом на фотоэлектроколориметре (“ФЭК-М”, Россия) по методу А.Н. Бояркина [4], который основан на определении скорости окисления бензидина до образования синего продукта окисления определенной концентрации, заранее устанавливаемой на фотоэлектроколориметре. Определенную концентрацию синего продукта окисления бензидина создавали путем добавления в растительный экстракт пероксида водорода.

Биологическая и аналитическая повторность определения показателей – трехкратная. Сравнение выборок провели дисперсионным методом по критерию Краскела-Уоллиса; значимыми считали различия между сравниваемыми средними величинами с достоверной вероятностью 95% и выше ($P < 0.05$).

Нами прослежена динамика пероксидазной активности в горохе посевном при различной pH почвенной среды на 16-е, 18-е и 21-е сутки роста (рис.1).

В растениях на нейтральной почве пероксидазная активность в листьях колебалась в пределах 60–65 условных единиц на 1 г сырой массы. Прослежена тенденция к снижению пероксидазной активности на почвах с неблагоприятной реакцией среды. На 16-е сутки роста в листьях растений на кислой почве пероксидазная активность снижена на 26%, на щелочной почве – на 19%, по сравнению с растениями на нейтральной почве. На 18-е сутки в листьях гороха на кислой почве понижение активности составило 18%, на щелочной почве –20%; а на

21-е сутки на кислой почве пероксидазная активность снижена 18%. Одновременно отмечено, что различия в активности пероксидаз между растениями на кислой и щелочной почвой оказались не значимы.

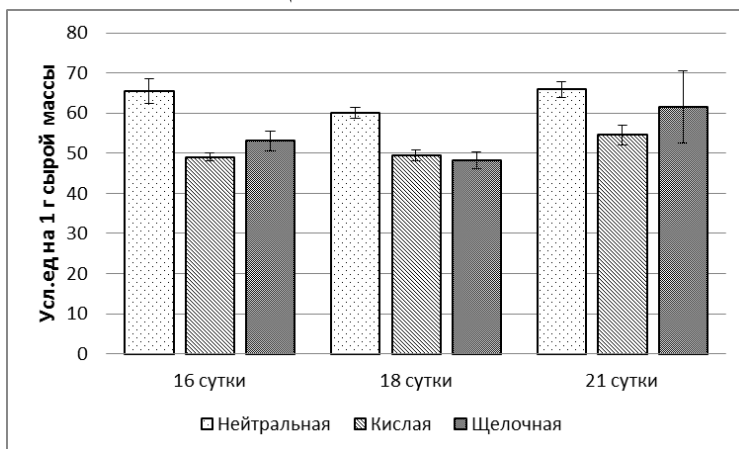


Рис. 1. Активность пероксидаз в листьях гороха, условные единицы на 1 г сырой массы

Таким образом, за весь период наблюдений активность пероксидаз в листьях гороха в контрольном варианте опыта несколько превосходила активность пероксидаз в растениях, выращенных на кислых и щелочных почвах. Эти результаты не соответствуют данным по усилению активности пероксидаз в листьях пшеницы яровой и ржи озимой при кислотном и щелочном стрессах [5]. Изменения в окислительно-восстановительных комплексах относятся к ранним стрессовым реакциям, предшествующим различным адаптивным ответам. По-видимому, при выращивании на кислых и щелочных почвах ответная реакция растений имеет другое приспособительное направление. Ферментативная защита требует значительных затрат энергии, поэтому ведущую роль могут выполнять менее затратные механизмы антиоксидантной защиты. В определенной степени изменения в ферментативной активности могут быть обусловлены нарушениями рН-стата и баланса ионов в цитоплазме, от которых зависит конформация и активность макромолекул. Поэтому активность пероксидаз в листьях гороха на кислой и щелочной почвах ниже, чем у

растений на нейтральной почве. Наблюдаемое нами понижение активности пероксидаз следует рассматривать как негативное явление, т.к. оно может снизить устойчивость растений гороха к неблагоприятным экологическим факторам окружающей среды.

Библиографический список

1. Колупаев Ю.Е., Карпец Ю.В. Активные формы кислорода, антиоксиданты и устойчивость растений к действию стрессоров. Киев: Логос, 2019. 277 с.

2. Borhannuddin B., Mirza H., Jubayer A.M., Shahadat Md.H., Bhuiyan T.F., Masayuki F. Unraveling morphophysiological and biochemical responses of *Triticum aestivum* L. to extreme pH: coordinated actions of antioxidant defense and glyoxalase systems // Plants. 2019. V. 8(1). <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30669317>

3. Рогожин В.В. Пероксидаза как компонент антиоксидантной системы живых организмов. СПб.: ГИОРД, 2004. 240 с.

4. Ермаков А.И., Арасимович В.В., Ярош Н.П. Методы биохимического исследования растений. Л.: Агропромиздат, 1987. 429 с.

5. Четина О.А., Боталова К.И., Кайгородов Р.В. Влияние щелочности и кислотности корневой среды на состояние защитных систем *Triticum aestivum* L. и *Secale cereale* L. // Физиология растений. 2020. Т. 67. № 2. С. 177–187.

Содержание кальция и магния у растений в условиях вторичного засоления почв

Д.А. Сюткина, студентка 4 курса биологического факультета ПГНИУ

Научный руководитель – к.б.н., доцент *О.А. Четина*

В техногенных ландшафтах таежно-лесной зоны Пермского края специфическим загрязнителем почв и ТПО становится засоление, которое сопровождает нефтедобычу, проявляется у дорог в связи с применением антигололедных средств, связано с производством минеральных удобрений. На Верхнекамском месторождении солей

солевые отвалы ежегодно занимают более 20-25 га, основной их компонент – галит (NaCl более 90%). Вследствие складирования промышленных отходов на поверхности отмечаются очаги вторичного засоления почвенного покрова. Растения этой зоны проходят отбор на солеустойчивость – выживание в корневой среде с высокой концентрацией солей [1].

Действие засоления усиливает поглощение корнями засоляющих ионов, но неоднотипно влияет на поглощение питательных ионов. У одних растений в условиях засоления происходит снижение поглощения корнями определенных минеральных элементов, у других нарушается лишь их использование. Увеличенное поступления некоторых минеральных элементов может быть связано как с повышенной потребностью в них растительного организма при изменившихся условиях, так и с нарушением механизмов поглощения, в частности с потерей корневой системой свойств избирательности и барьерности [2].

Целью нашего исследования являлось определение содержания кальция и магния в органах растений в условиях техногенного засоления.

В качестве объектов исследований были взяты 5 видов солеустойчивых растений около г. Березники в долине реки Лёнвы, а также близь с.Усть-Игум в долине реки Усолка возле рассолоподъемных скважин: солерос солончаковый (*Salicornia perennans* W.), ситник сплюснутый (*Juncus compressus* J.), лебеда простертая (*Atriplex prostrata* B.), бескильница расставленная (*Puccinellia distans* P.), торичник солончаковый (*Spergularia salina* J.). В листьях и корнях исследуемых растений было определено количество засоляющих ионов Na⁺ и Cl⁻ (методом пламенной фотометрии и меркурометрическим способом соответственно), а также Ca²⁺ и Mg²⁺ комплексометрическим методом.

Проведенные исследования показали, что исследуемые виды существенно отличались по содержанию засоляющих ионов Na⁺ и Cl⁻. Максимальное количество ионов Na⁺ в листьях зафиксировано у солероса, торичника и лебеды (количество варьировало в пределах 3035–2089 мг/100г сухой массы). В корнях наибольшее содержание Na⁺ наблюдается у солероса (1151 мг/100г сухой массы), у остальных

растений – в диапазоне 475 – 824 мг/100г сухой массы. У бескильницы и ситника отмечено минимальное количество Na^+ как в листьях, так и в корнях (варьирует в пределах 582 – 824 мг/100г сухой массы).

Количество ионов хлора в надземных органах варьирует в диапазоне 1500 – 6700 мг/100г сухой массы, в корнях – в пределах 1500 – 2000мг/100г сухой массы. Максимальным содержанием Cl^- в листьях отличились так же солерос солончаковый (6627 мг/100г сухой массы), торичник солончаковый (5432 мг/100 г сухой массы) и лебеда простертая (4443 мг/100г сухой массы). Аккумуляция свободного Na^+ позволяет растению создать градиент концентраций, который увеличивает осмотическое давление клеточного сока для облегчения поглощения воды. Массовый приток Na^+ приводит к серьезному дефициту отрицательного заряда и для устранения ионного дисбаланса, возможно, накапливаются анионы Cl^- в органах растений. Кроме того, ионы хлора также играют значительную роль в осморегуляции.

Роль кальция в регуляции клеточных процессов при солевом стрессе заключается, в частности, в формировании проницаемости мембран. При выращивании растений в среде с недостатком кальция увеличивается проницаемость мембран, и они перестают быть барьерами, препятствующими свободной диффузии ионов [3]. Ограничивая поступление других ионов в растения, кальций способствует устранению токсичности избыточных концентраций ионов аммония, алюминия, марганца, железа, повышает устойчивость растений к засолению [1]. Ионы кальция являются универсальными вторичными мессенджерами и оказывают регулирующее влияние на многие стороны метаболизма [4].

Наиболее высокое содержание ионов кальция как в листьях, так и в корнях (рис. 1) характерно для соленакапливающего солероса солончакового (1760 и 1010 мг/100г сухой массы соответственно). Значительное количество кальция отмечено и у лебеды с торичником (содержание в корнях и листьях варьирует в диапазоне 421 – 657 мг/100г сухой массы).

В процессах жизнедеятельности растений большую роль играет магний. Он необходим для сохранения нативной структуры и нормального функционирования рибосом, митохондрий и нуклеиновых

кислот. Магний является кофактором почти всех ферментов, катализирующих перенос фосфатных групп [5].

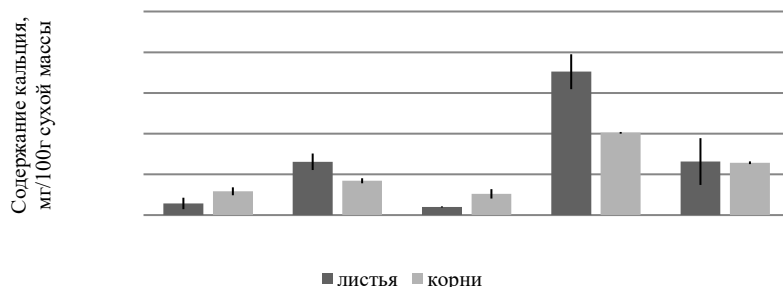


Рис. 1. Содержание кальция в органах исследуемых растений

В нашем эксперименте наибольшее количество магния зафиксировано в корнях и листьях солероса (1013 и 1034 мг/100г сухой массы соответственно), а также в корнях бескильницы (951 мг/100г сухой массы) (рис. 2). У остальных растений показатель варьировал в пределах 150 – 460 мг/100 г сухой массы. При повышении степени обеспеченности магнием в растениях возрастает содержание органических и неорганических фосфорных соединений, играющих важную роль в энергообеспеченности клеток [5]. Этот эффект, вероятно, связан с ролью магния в активации ферментов, участвующих в метаболизме фосфора. Как отмечают И.Кун и др. [6], обеспеченность энергией необходима для уменьшения токсичности ионов натрия и сохранения ионного гомеостаза растений.

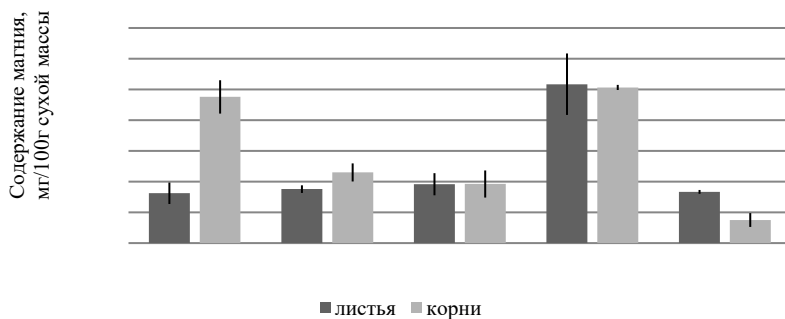


Рис. 2. Содержание магния в органах исследуемых растений

Таким образом, в основе высокой солеустойчивости галофитов солероса, лебеды и торичника лежит их способность к избирательной аккумуляции засоляющих ионов с целью понижения водного потенциала клеток. Бескильница и ситник, вероятно, обладают способностью ограничивать накопление ионов Na^+ и Cl^- в условиях засоления и являются соленапроницаемыми. Высоким содержанием ионов кальция так же отличились соленакапливающие галофиты, что, по-видимому, способствует большей стабильности клеточных мембран устойчивых растений. У солероса отмечен и высокий уровень магния, который принимает участие в метаболизме фосфора и соответственно энергообеспечении клетки в условиях стресса.

Библиографический список

1. Еремченко О.З., Четина О.А., Кусакина М.Г., Шестаков И.Е. Техногенные поверхностные образования зоны солеевалов и адаптация к ним растений. Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2013. 148 с.
2. Удовенко Г.В. Солеустойчивость культурных растений. Л.: Колос, 1977. – С. 215.
3. Кошкин Е.И. Патофизиология сельскохозяйственных культур: учеб. пособие / Е. И. Кошкин. – Москва, 2016. – 304с.
4. Яковец О.Г. Фитофизиология стресса: курс лекций / О. Г. Яковец – Минск: БГУ, 2010. – С. 103.
5. Кусакина М.Г., Филатова Л.А., Орлова Н.В. Влияние засоления на содержание кальция и магния у галофитов с различными механизмами регуляции солевого обмена // Вестник Пермского университета. Биология. – 2004. Вып. 2. – С. 148-150.
6. Кун И., Чжоу Г., Ван И. Физиологические характеристики и альтернативный путь дыхания у 2 сортов пшеницы, различающихся по солеустойчивости // Физиология растений. – 2001. Т. 48, №5. – С. 692-696.

Устойчивость техногенных поверхностных образований к загрязнению свинцом и кадмием на начальных стадиях городского почвообразования

А.З. Фаткуллина, студентка 4 курса биологического факультета ПГНИУ

Научный руководитель – к.б.н., доцент *Н.В. Москвина*

Тяжелые металлы (ТМ) являются одними из наиболее распространенных поллютантов в городских почвах. Почвы обладают разной буферной способностью и устойчивостью к ТМ, которая зависит от кислотно-основных свойств, гранулометрического состава, содержания органического вещества [2,5]. Наряду с традиционными физико-химическими методами, применяемыми для оценки устойчивости почв, оправдано применение метода биотестирования как способа оценки интегральной токсичности почв [1,2].

Целью исследований была оценка устойчивости техногенных поверхностных образований (ТПО) различного гранулометрического состава к загрязнению свинцом и кадмием. Объектом исследования стали ТПО г. Перми песчаного и суглинистого состава. В соответствии с Классификацией почв России 2004 г. [4] ТПО были отнесены к группе натурфабрикатов, подгруппе литостратов. Образцы почвогрунтов были отобраны в зоне строительства ТРК «Планета» и в микрорайоне Нагорный, в месте строительства зоопарка.

В образцах ТПО определили: рН вод. потенциометрическим методом; содержание органического углерода – по Тюрину; содержание карбонатов по Молодцову, Игнатовой; содержание подвижного фосфора и калия – в вытяжке по Кирсанову спектрофотометрическим методом и методом пламенной фотометрии соответственно.

Для оценки устойчивости ТПО к свинцу и кадмию был заложен лабораторный опыт по выращиванию кресс-салата на почве, предварительно загрязненной металлами. Использованы смешанные пробы поверхностных горизонтов ТПО из 5 почвенных разрезов. Дозы загрязнения были рассчитаны относительно их ориентировочно допустимых концентраций (ОДК). Как показали О.З. Еремченко с соавторами [2], при загрязнении свинцом и кадмием природных почв легкого состава фитотоксический эффект проявился при относительно небольшой концентрации Pb и Cd – от 0,01 ОДК и выше. Исходя из этих данных, в песчаные почвогрунты были внесены сульфат свинца и ацетат кадмия из расчета Pb и Cd 0.01; 0.1; 0.25; 0.5; 0.75; 1.0 ОДК. По

литературным данным [1,2], суглинистые почвы более устойчивы к внесению ТМ, поэтому в смешанные пробы суглинистого состава были внесены свинец и кадмий из расчета 0,5; 0,75 и 1 ОДК. Оценка токсичности почв проводилась согласно патенту О.З. Еремченко и Н.В. Митраковой [3] по реакции кресс-салата. В качестве тест-контроля использовали растения, выращенные на вермикулите и на незагрязненном смешанном образце ТПО. Замеры высоты и массы 10-дневных проростков кресс-салата проводились в 30-кратной повторности. Полученные данные были обработаны с применением компьютерной программы «Stadia».

Экспериментальные исследования показали, что почвогрунты, независимо от гранулометрического состава, отличались преимущественно нейтральной реакцией среды (рН вод 4,9-7,8), очень низким содержанием органического углерода (0,15-0,28%), наличием некоторого количества карбонатов (1,9-2,6%). Суглинистые почвогрунты отличались более высоким содержанием подвижных форм калия по сравнению с ТПО легкого состава. ТПО слабо обеспечены подвижными формами фосфора (2,3-3,7 мг/100г).

Результаты фитотестирования ТПО легкого гранулометрического состава показали, что при внесении кадмия в концентрациях от 0,01 до 1 ОДК не было отмечено достоверного уменьшения высоты кресс-салата по сравнению с контролем (смешанный образец почвы, не загрязненный ТМ). На всех образцах почв легкого состава, загрязненных свинцом, отмечено достоверное уменьшение высоты кресс-салата по сравнению с контролем. Концентрации свинца из расчета 0,75 и 1 ОДК оказали наиболее сильный фитотоксический эффект, отмечено снижение высоты растений на 20% по сравнению с контролем. В вариантах загрязнения свинцом концентрации до 0,25 ОДК не оказывали фитотоксического действия на массу растений кресс-салата. Достоверное снижение массы растений (при $p < 0,05$) проявилось при загрязнении почвы свинцом из расчета 0,5 – 1 ОДК.

Результаты фитотестирования почв суглинистого состава показали, что на образцах почвы, загрязненных кадмием, фитотоксический эффект не проявился; не отмечено уменьшение высоты и массы кресс-салата по сравнению с контролем. Внесение в почву свинца не оказало достоверного фитотоксического эффекта на показатель роста кресс-салата: высота растений, выращенных на почве, загрязненной свинцом в концентрации 1 ОДК, оказалась на 2% меньше по сравнению с растениями, выращенными на незагрязненной почве. Масса растений оказалась более устойчивой к такому загрязнению.

Согласно патенту О.З. Еремченко и Н.В. Митраковой [3], при снижении показателей развития кресс-салата на тестируемой почве на 10-30% по сравнению с вермикулитом состояние почвы или почвогрунта следует считать удовлетворительным; при снижении на 30-50% – неудовлетворительным; а при уровне снижения показателей более 50% считать экологически опасным.

Эксперимент показал, что ТПО легкого состава в целом обладают низкими показателями плодородия: средняя высота растений на незагрязненных пробах была ниже на 20%, а масса – почти на 40% по сравнению с растениями, выращенными на вермикулите с раствором Кюпа как на эталоне плодородной почвы (рис. 1А). Состояние незагрязненных суглинистых почвогрунтов в целом можно признать удовлетворительным, т.к. ростовые параметры растений снизились менее чем на 30% по сравнению с контролем на вермикулите (рис. 1Б).

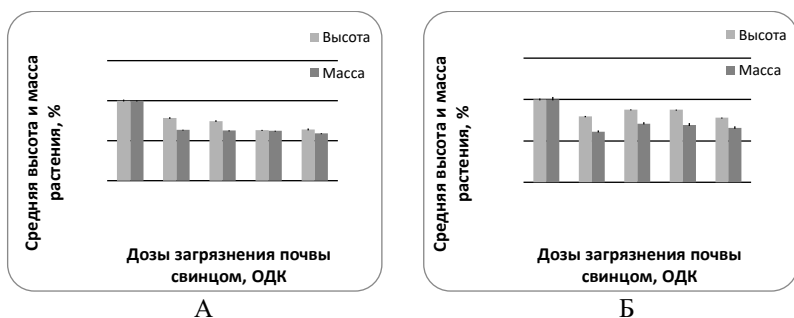


Рис. 1. Относительная высота и масса кресс-салата после внесения свинца в песчаный почвогрунт (А) и суглинистый почвогрунт (Б)

Таким образом, суглинистые почвогрунты более устойчивы к загрязнению ТМ, чем ТПО легкого гранулометрического состава. После внесения кадмия и свинца в суглинистую почву в концентрациях до 1 ОДК ее состояние остается удовлетворительным. Состояние почв легкого гранулометрического состава после загрязнения Cd в концентрации до 1 ОДК также можно назвать удовлетворительным, но в пределах нижних границ устойчивости. Внесение Pb в концентрации от 0,5 ОДК в почвы легкого состава переводит их в неудовлетворительное экологическое состояние. Показатели массы растений оказались более уязвимыми к внесению свинца и кадмия в почвы. Масса растений, выращенных на загрязненных почвах, снизилась более чем на 30% относительно контроля (вермикулита).

Библиографический список

1. Бардина Т.В., Чугунова М.В., Бардина В.И. Изучение экотоксичности урбаноземов методами биотестирования // Живые и биокосные системы, 2013. Вып. 5. URL: <http://www.jbks.ru/archive/issue-5/article-8>. (Дата обращения: 26.05.2020)
2. Еремченко О.З., Артамонова В.С., Бортникова С.Б., Бельшева Н.Е. Оценка экологического риска в связи с накоплением тяжелых металлов в почвах городских лесов // Вестник Пермского университета. 2018. Сер. Биология. Вып. 1. С. 70-80.
3. Еремченко О.З., Митракова Н.В. Способ оценки биологической активности и токсичности почв и техногенных почвогрунтов: пат. Рос. Федерации № 2620555. 2017.
4. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 343 с.
5. Устойчивость почв к воздействию тяжёлых металлов [Электронный ресурс]. URL: <http://soil.msu.ru> (дата обращения: 29.04.2020)

Секция «Микробиология и биотехнология»

Подбор условий электротрансформации родококков с использованием транспозомы EZ-Tn5™ <KAN-2>Tnp

А.М. Варушкина², М.С. Куюкина^{1,2}

¹Институт экологии и генетики микроорганизмов УрО РАН – филиал Пермского федерального исследовательского центра УрО РАН

²Пермский государственный национальный исследовательский университет

А.М. Варушкина, студентка 2 курса магистратуры биологического факультета ПГНИУ

Научный руководитель – д.б.н., профессор М.С. Куюкина

Углевородородокисляющие актинобактерии рода *Rhodococcus* являются перспективным объектом биотехнологии: они способны метаболизировать труднодоступные субстраты, обладают уникальными ферментными комплексами и устойчивостью к жестким условиям среды, что обуславливает интерес к созданию генетически модифицированных штаммов. Родококков относят к традиционно трудной для электротрансформации группе бактерий вследствие развитой гидрофобной клеточной стенки и сложного морфогенетического цикла развития [1, 2, 3].

Целью исследования было изучение влияния условий электропорации и предварительной ферментативной обработки клеток на эффективность электротрансформации родококков. Использовали культуру *Rhodococcus ruber* ИЭГМ 231, поддерживаемую в Региональной профилированной коллекции алканотрофных микроорганизмов ИЭГМ УрО РАН (акроним ИЭГМ; WFCC #768; www.iegm.ru/strains), и культуру *E.coli* K12 в качестве контроля. Плазмидную ДНК родококков очищали с помощью Monarch Plasmid Miniprep Kit (“New England Biolabs”, США) и детектировали путем постановки электрофореза в 1,5%-ном агарозном геле (Sigma, США). Чувствительность клеток родококков к канамицину и триметоприму оценивали методом серийных разведений в агаре, к бензилпенициллину, цефазолину, клотримазолу, неомицину и гентамицину – дискодиффузионным методом. Для ослабления

клеточной стенки часть образцов электрокомпетентных клеток родококков лизировали в присутствии 100 мкг/мл яичного лизоцима с активностью 20 000 ед/мг (Helicon, США). Клетки *R. ruber* 231 и *E.coli* K12 электропорировали при напряжении 12.5 кВ/см и 9 кВ/см с использованием электропоратора Pulser Transformation Apparatus (“Bio-Rad”, США) в присутствии транспозомы EZ-Tn5™<KAN-2>Tnp (“Epicentre Technologies”, США). Эффективность трансформации рассчитывали как отношение числа трансформантов (КОЕ) к массе (мкг) ДНК. Для подтверждения вставки транспозона проводили амплификацию участка гена KanR, праймеры KAN-R FP-1 (5'-CGGTTGCATTCGATTCCSTGT-3') и KAN-R RP-1 (5'-TCCGACTCGTCCAACATCAA-3') были подобраны помощью программного пакета Vector NTI (“Thermo Fisher Scientific”, US). В качестве положительного контроля использовали транспозон EZ::TN <KAN-2>.

На подготовительном этапе трансформации в клетках *R. ruber* 231 выявлено присутствие экстрахромосомных генетических элементов (рис. 1). Таким образом, встраивание EZ::TN <KAN-2> транспозона может происходить как в хромосомной, так и плазмидной ДНК.

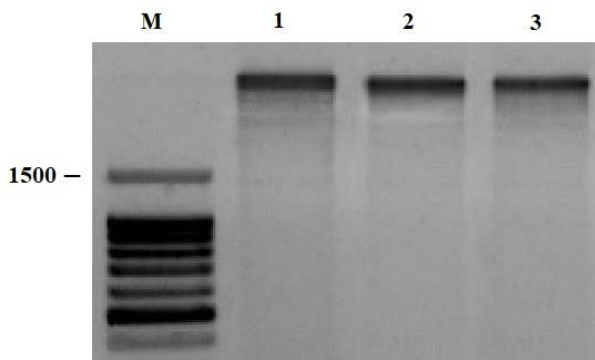


Рис. 1. Фрагмент электрофореграммы плазмидной ДНК *R. ruber* 231; М – маркер; 1-3 номера повторностей

Анализ антибиотикочувствительности родококков показал, что в качестве селективных маркеров для отбора трансформантов на агаризованной среде могут быть использованы гены резистентности к бензилпенициллину, цефазолину, клотримазолу, неомицину и

гентамицину. Наибольшая чувствительность родококков была диагностирована в отношении гентамицина, канамицина и бензилпеницилина. Из-за появления спонтанных канамицин-резистентных мутантов *R. ruber* 231 (МИК=100 мкг/мл) отбор трансформантов на среде с этим антибиотиком возможен только при дополнительном этапе подтверждения вставки транспозона с помощью ПЦР. По результатам дискодиффузионного теста, родококки не чувствительны к оксациллину и являются устойчивыми к триметоприму в концентрации 10, 100, 200 мкг/мл, что обуславливает невозможность создания библиотеки трансформантов с использованием EZ-Tn5 <DHFR-1> Tnp Transposome Kit (“Epicentre Technologies”, США). Установлено, что обработка клеток лизоцимом приводила к снижению их выживаемости после электропорации на 78.4% по сравнению с клетками, обработанными по стандартному протоколу. В подобранных условиях электропорации при 12,5 кВ/см были получены Tn5-трансформанты клеток *E. coli* K12, эффективность трансформации составила 688,87 КОЕ/мкг EZ::TN<KAN-2>. Вставка EZ::TN<KAN-2> транспозона подтверждена амплификацией участка транспозона с использованием праймеров KAN-R FP-1 и KAN-R RP-1 (рис. 2).

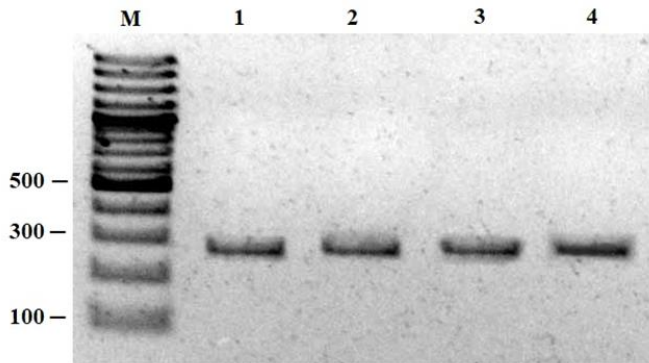


Рис. 2 – Фрагмент электрофореграммы продуктов амплификации ДНК трансформантов *E.coli* K12; М – маркер; 1-3 номера повторностей; 4 - транспозон EZ::TN<KAN-2> (положительный контроль).

Исследование выполнено в рамках госзадания № 01201353247 и гранта РФФИ 18-29-05006.

Библиографический список

1. Shao Z., Dick W.A., Behki R.M. An improved *Escherichia coli-Rhodococcus* shuttle vector and plasmid transformation in *Rhodococcus* spp. using electroporation // Lett. Appl. Microbiol. 1995. Vol. 21. № 4. P. 261-266.
2. Fernandes P. J., Powell J. A. C., Archer J. A. C. Construction of *Rhodococcus* random mutagenesis libraries using Tn5 transposition complexes // Microbiol. 2001. Vol. 147. №. 9. P. 2529-2536.
3. Ivshina I.B., Kuyukina M.S., Krivoruchko A.V. Hydrocarbon-oxidizing bacteria and their potential in eco-biotechnology and bioremediation. In: Microbial Resources: From Functional Existence in Nature to Industrial Applications / Ed. Kurtböke I. Elsevier, Amsterdam, 2017. P. 121–148.

Исследование влияния наночастиц никеля на шероховатость клеточной стенки родококков с помощью зондовой микроскопии

Г.Г. Глебов², М.С. Куюкина^{1,2}

¹Институт экологии и генетики микроорганизмов УрО РАН – филиал Пермского федерального исследовательского центра УрО РАН

²Пермский государственный национальный исследовательский университет

Г.Г. Глебов, студент 2 курса магистратуры биологического факультета ПГНИУ

Научный руководитель – д.б.н., профессор *М.С. Куюкина*

Наночастицы (НЧ) – объекты, размер которых, по крайней мере, в одном измерении составляет менее 100 нм, проявляющие уникальные физико-химические свойства по сравнению с их макроскопическими аналогами [1]. Широкое применение наноматериалов обуславливает актуальную проблему анализа их воздействия на живые организмы. Доказана антимикробная активность ряда наночастиц металлов, проявляющаяся в адсорбции на клеточной стенке, последующем проникновении внутрь и повреждении компартментов клетки [2]. Несмотря на разнообразие наночастиц и высокие темпы их

производства, исследования их потенциальной токсичности сравнительно немногочисленны [3]. К тому же, до настоящего времени проведено лишь незначительное число исследований с применением атомно-силовой микроскопии, посвященных влиянию наночастиц металлов на бактериальные клетки. Актинобактерии рода *Rhodococcus* – активные биодеструкторы углеводородов нефти, фенолов и полихлорированных соединений. Установлена их способность синтезировать поверхностно-активные вещества, флокулянты, амиды и полимеры, аккумулировать тяжелые металлы, что делает их потенциально полезными в биотехнологии и биоремедиации окружающей среды [4].

Цель настоящей работы – изучение влияния наночастиц никеля на поверхностный рельеф клеток родококков.

В работе использовали штаммы *Rhodococcus ruber* ИЭГМ 231 и *Rhodococcus rhodochrous* ИЭГМ 1363 из Региональной профилированной коллекции алканотрофных микроорганизмов (акроним ИЭГМ; WFCC #768; www.iegm.ru/iegmcol/index.html). Бактерии, выращенные на МПА, суспендировали в фосфатном буфере до значения оптической плотности, равной 0,9–1,0. Наночастицы Ni в водном растворе, стабилизированном β-циклодекстрином (ООО «М9», Тольятти), использовали в десятикратных концентрациях (0,0001 – 1,0 г/л), дважды промывали фосфатным буфером и обрабатывали с помощью ультразвукового гомогенизатора Soniprep 150 (MSE, Великобритания). Клетки родококков инкубировали в присутствии наночастиц стационарно при 28°C в течение 48 ч, пробы отбирали ежедневно. Отобранную суспензию родококков объемом 15–20 мкл наносили на покрывное стекло. Препараты сушили на воздухе в течение 30 минут, затем добавляли флуоресцентный краситель LIVE/DEAD® VacLight™ (Invitrogen, США) и оставляли в темном месте на 20 минут, промывали деионизированной водой и сканировали с помощью системы КЛСМ (Olympus, Германия). Затем выбранный участок полученного конфокального изображения подвергали АСМ-сканированию на воздухе в полуконтактном режиме (AC Mode) с помощью атомно-силового микроскопа MFP-3D-BIO (Asylum Research, США). Использовали силиконовые кантилеверы AC160TS (Olympus Corporation, Япония), покрытые алюминием. Скорость сканирования

образцов составляла 0,5 линии/с. Обработку морфометрических показателей и расчёт шероховатости клеточной стенки осуществляли в программе IGOR Pro 6.22A (WaveMetrics, США).

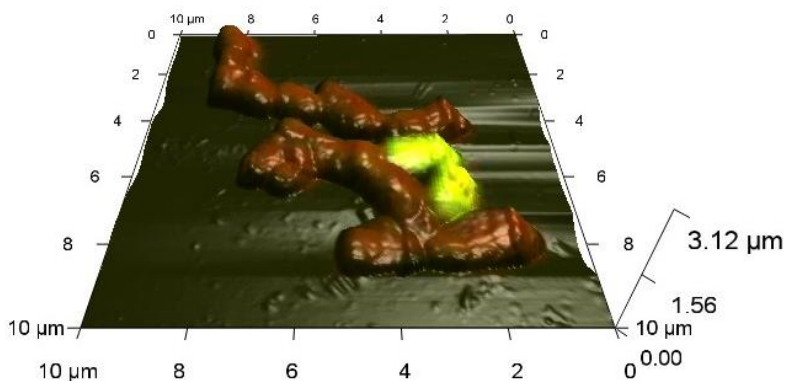
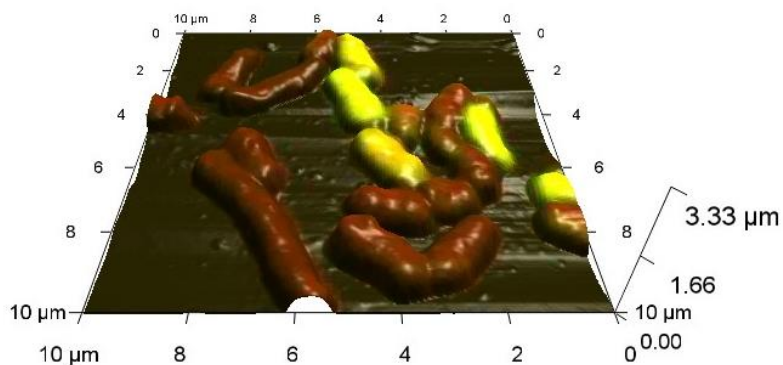


Рисунок. Совмещенное КЛСМ-АСМ изображение контрольных клеток *R. ruber* ИЭГМ 231 (слева) и инкубированных 48 ч в присутствии наночастиц никеля (справа)

Установлено, что с увеличением концентрации НЧ никеля количество жизнеспособных клеток родококков резко снижалось независимо от времени их инкубации с наночастицами. При этом токсическое воздействие наночастиц никеля на клетки *R. rhodochrous*

ИЭГМ 1363 и *R. ruber* ИЭГМ 231 было выше после 48-часового инкубирования с наночастицами, нежели при их 24-часовой экспозиции. Это проявлялось в изменении шероховатости клеточной стенки обоих штаммов, варьируя от 183 нм в контрольном образце для *R. rhodochrous* ИЭГМ 1363 и 199 нм для *R. ruber* ИЭГМ 231 до 320 и 267 нм в присутствии НЧ никеля соответственно. При этом клетки родококков без добавления наночастиц характеризовались относительно гладким рельефом и вытянутой палочковидной формой (рисунок). После 48 ч инкубирования с 0,1 г/л НЧ никеля клетки *R. ruber* ИЭГМ 231 теряли привычную форму и упругие свойства, а их шероховатость возрастала до 231 нм. По-видимому, увеличение шероховатости – это естественный механизм клеточного ответа на стрессорное воздействие высоких концентраций наночастиц металла. Исследование выполнено в рамках Госзаданий № FSNF-2020-0008 (ПГНИУ) и № 01201353247 (ПФИЦ УрО РАН).

Библиографический список

1. Mehta R.V. Synthesis of magnetic nanoparticles and their dispersions with special reference to applications in biomedicine and biotechnology // Materials Science & Engineering. C, Materials for biological applications. 2017. V. 1. N. 79. P. 901–916.
2. Duran N. Silver nanoparticles: A new view on mechanistic aspects on antimicrobial activity / N. Duran [et al.] // Nanomedicine: Nanotechnology, Biology, and Medicine. 2016. V. 12. P. 789–799.
3. 112. Lewinski N. Cytotoxicity of Nanoparticles / N. Lewinski, V. Colvin, R. Drezek // Small. 2008. V. 4. N. 1. P. 26–49.
4. Ившина И.Б. Пропаноксиляющие родококки [Текст] / И.Б. Ившина, Р.А. Пшеничнов, А.А. Оборин. – Свердловск: УНЦ АН СССР, 1987. – 125 с.

Адаптивные реакции диетций и родококков на воздействие солей тяжёлых металлов

А.А. Голышева², А.В. Тищенко², И.Б. Ившина^{1,2}

¹Институт экологии и генетики микроорганизмов УрО РАН – филиал Пермского федерального исследовательского центра УрО РАН

²Пермский государственный национальный исследовательский университет

А.А. Голышева – студентка 1 курса магистратуры,

А.В. Тищенко – аспирант 3 года обучения биологического факультета ПГНИУ

Научный руководитель – д.б.н., профессор, академик РАН,

И.Б. Ившина

На фоне резкого снижения качества природной среды увеличивается число местообитаний, в которых организмы находятся в экстремальных условиях загрязнения высокотоксичными поллютантами. Среди таких загрязнителей особое место занимают тяжёлые металлы (ТМ) – отходы различных производств, в большей степени металлургической и машиностроительной промышленности. Только в Перми валовый выброс ТМ в атмосферу в 2019 году составил более 75 тысяч тонн. В отличие от органических загрязнителей, ТМ не подвергаются процессам разложения, а перераспределяются между отдельными компонентами природной окружающей среды [1]. Несмотря на то, что многие ТМ незаменимы в биологических процессах и необходимы для нормальной жизнедеятельности, они могут оказывать негативное воздействие на организм человека. На фоне развития биотехнологий всё большее значение приобретают методы очистки с использованием микроорганизмов, устойчивых к воздействию и способных к активной биоаккумуляции ТМ. Одной из перспективных групп – технологически значимых микроорганизмов являются водные и почвенные непатогенные актинобактерии. Их характерной чертой является способность к утилизации широкого спектра сложных органических соединений, а также высокая устойчивость к воздействию ТМ [2].

Цель настоящей работы – исследование адаптивных реакций актинобактерий на примере представителей родов *Dietzia* и *Rhodococcus* на воздействие ионов тяжёлых металлов.

Объектом исследования служили 107 штаммов актинобактерий, принадлежащих к *D. maris* (2 штамма), *R. aetherivorans* (3 штамма), *R. cerastii* (3 штамма), *R. cercidiphylli* (1 штамм), *R. corynebacterioide* (2 штамма), *R. erythropolis* (37 штаммов), *R. fascians* (13 штаммов), *R. globerulus* (2 штамма), *R. jostii* (6 штаммов), *R. opacus* (1 штамм), *R. pyridinivorans* (2 штамма), *R. qingshengii* (5 штаммов), *R. rhodochrous* (18 штаммов), *R. ruber* (10 штаммов), *R. wratislaviensis* (1 штамм) и *R. yunnanensis* (1 штамм) и поддерживаемых в Региональной профилированной коллекции алканотрофных микроорганизмов (акроним коллекции ИЭГМ, номер во Всемирной федерации коллекции культур №768, реестровый номер Уникальной научной установки 73559, www.iegmcol.ru). В работе использовали соли ТМ: $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$, $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Cd} \times 2\text{H}_2\text{O}$, K_2CrO_4 , $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \times 4\text{H}_2\text{O}$, $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, $\text{ZnSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ в концентрации от 0,08 до 80,00 мМ.

Бактерии выращивали в богатой питательной среде – в мясопептонном бульоне (МПБ) и в минеральной среде следующего состава (г/л): KH_2PO_4 – 1,0; $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ – 1,5; $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ – 0,2; $\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ – 0,01; $\text{ZnSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ – 0,002; *n*-гексадекан 0,3 об.%. В качестве контроля в экспериментах использовали богатую и минеральную среды без внесения соответствующих солей ТМ.

Физиологическое состояние культур контролировали по изменению оптической плотности клеточной суспензии. Оптическую плотность (OP_{600}) измеряли спектрофотометрически ($\lambda=600$ нм) с помощью спектрофотометра Lambda EZ 201 UV/VIS (Perkin-Elmer, США). Устойчивость клеток к ТМ оценивали с использованием показателя минимальной ингибирующей концентрации, определяемого микролуночным методом [3]. Жизнеспособность бактерий определяли методом “Live/Dead” (Invitrogen, США) с помощью флуоресцирующего микроскопа Micros 400 (Австрия), а также красителем йоднитротетразолия хлорида (0,2% водный раствор). Препараты просматривали в свете ртутной лампы с помощью 100х объектива с использованием нефлуоресцирующего иммерсионного масла. Морфометрические параметры клеток изучали с помощью светового

микроскопа “Axiostar plus” Carl Zeiss (Германия) в фазовом контрасте. Измерение размеров бактериальных клеток проводили с помощью пакета компьютерной программы “ВидеоТесТ-Размер 5.0”. Все эксперименты проводили в 3–5-кратной повторности.

По нашим данным, все исследованные штаммы актинобактерий проявляли способность к росту в присутствии ионов ТМ. Их устойчивость к солям ТМ варьировала от 0,08 до 80,00 мМ. ТМ по степени их токсичности на бактериальные клетки были распределены в ряд: $Cd^{2+} > Zn^{2+} > Cu^{2+} > Ni^{2+} > Pb^{2+} > MoO_4^{2-} > CrO_4^{2-}$. В данном ряду более токсичен кадмий, наименее токсичен хром. Наиболее устойчивыми к воздействию солей ТМ оказались родококки, принадлежащие к видам *R. erythropolis*, *R. fascians*, *R. rhodochrous* и *R. ruber*. К наиболее токсичному Cd^{2+} оказались представители *R. rhodochrous*, устойчивость (5,00–10,00 мМ) которых превышала таковую в 1,5–3,0 раза, ранее описанную [4] у штамма *Pseudomonas putida* CD2. Наименее устойчивыми к воздействию цинка оказались штаммы *D. maris* ИЭГМ 55, ИЭГМ 310 и *R. cerastii* ИЭГМ 1278 (ОП составляла лишь 0,135–0,207 ед. оп. пл.). Наибольшую жизнеспособность (85–100%) все исследуемые штаммы диетций и родококков сохраняли в присутствии солей хрома, меди и никеля в минеральной среде. Выявлены морфологические изменения клеток актинобактерий при культивировании их в среде, содержащей ионы ТМ. При изучении морфометрических параметров бактериальных клеток под воздействием ТМ наблюдали выраженную межклеточную агрегацию с образованием обособленных конгломератов, а также уменьшение размера клеток в 2–4 раза по сравнению с контролем. Выявленные изменения наиболее проявлялись в присутствии Cd^{2+} и MoO_4^{2-} . Возможно, данные ионы ингибируют процесс деления бактериальных клеток, так как в исследованных полях зрения делящиеся клетки отсутствовали.

В дальнейших исследованиях ответных реакций актинобактерий на воздействие различных ТМ мы планируем использовать выбранные нами наиболее устойчивые штаммы *R. erythropolis* ИЭГМ 184, ИЭГМ 1353, *R. fascians* ИЭГМ 525, ИЭГМ 1145, *R. rhodochrous* ИЭГМ 609, ИЭГМ 629, ИЭГМ 639, ИЭГМ 1137, *R. ruber* ИЭГМ 615, ИЭГМ 633, с

целью разработки оптимальных приемов биоремедиации загрязнённых экосистем.

Исследование выполнено в рамках Госзадания № 01201353247 (ПФИЦ УрО РАН).

Библиографический список

1. Фруммин П.Т. Экологическая химия и экологическая токсикология СПб.: РГГМУ. 2013. – 179 с.
2. Ившина И.Б., Каменских Т.Н., Анохин Б.А. Адаптационные механизмы выживания алканотрофных родококков, реализованные в неблагоприятных условиях среды // Вестник Пермского университета. Серия Биология. 2007. Вып. 5 (10). С. 113–116.
3. Bell J.M.L., Philp J.C., Kuyukina M.S., Ivshina I.B., Dunbar S.A., Cunningham C.J., Anderson P. Methods evaluating vanadium tolerance in bacteria isolated from crude oil contaminated land // Journal of Microbiological Methods. 2004. V. 58. P. 87–100.
4. Hu N. Key genes involved in heavy-metal resistance in *Pseudomonas putida* CD2 // FEMS Microbiol. Lett. 2007. Vol. 267. № 12. P. 17–22.

Гидрохимические исследование грунтовых и проточных вод, используемых для выделения бактерий-нефтедеструкторов

А.С. Кандакова, студентка 2 курса магистратуры биологического факультета ПГНИУ

Научный руководитель – доцент, к.б.н. **А.Ю. Максимов**

Загрязнение природной среды нефтью и сопутствующими веществами – острейшая экологическая проблема во многих регионах России. Распределение углеводородов в гидросфере носит сложный и трудно прогнозируемый характер; нефтепродукты обладают высокой миграционной способностью в подземных водах, в результате чего разносятся на значительные расстояния, а в случае разгрузки в поверхностные воды зона техногенной нагрузки существенно увеличивается [1, 2]. Усиливающееся загрязнение окружающей среды

нефтепродуктами требует исследования микрофлоры, способной к биологической деструкции этих поллютантов и развития биотехнологических методов очистки окружающей среды.

Объектами настоящего исследования являются грунтовые и проточные воды Пермского края, загрязненные нефтепродуктами, из которых осуществлялось выделение бактерий-нефтедеструкторов.

Площадка для проведения работ расположена в промышленном узле «Осенцы», находящемся в Индустриальном районе г. Перми. Территория исследований расположена на левобережной надпойменной террасе р. Кама, осложненной долиной р. Пыж (левый приток р. Мулянка). Участок проведения опытных работ находится на правобережье р. Пыж, в 50 м от русла реки..

В ходе полевых работ проведено бурение наблюдательных скважин диаметром 60 мм с последующим отбором проб подземных вод и грунтов с целью уточнения гидрохимических параметров, а также уточнения общих характеристик распространения загрязнения. Также был проведен отбор проб поверхностных вод и проб воды с нефтепродуктами в смотровых колодцах дренажной системы (табл. 1).

Таблица 1. – Реестр отбора проб воды

№ пробы	Наименование точки отбора	Тип пробы
1	Насосная станция НС-1	НСЖ темная
2	Смотровой колодец, в 100 м от участка НИР	Вода со светлой НСЖ
3	Река (ниже по течению от участка проведения НИР)	Вода поверхностная
4	Скважина ГН-1	Вода подземная
5	Скважина 4	Вода подземная

Состояние вод оценивали по следующему спектру компонентов и показателей: HCO_3^- , CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , Cl^- , NO_3^- , NO_2^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , NH_4^+ , $\text{Fe}_{\text{общ}}$, жесткость, сухой остаток, минерализация, нефтепродукты, рН, концентрация растворенного кислорода.

Для определения гидрохимических характеристик проб воды использовалось следующее оборудование: система капиллярного электрофореза «Капель-104-Т» (Россия), рН-метр «Эксперт-рН» (Россия), спектрофотометр «UNICO-1200» (США), анализатор жидкости «Флюорат 02-3М» (Россия).. Лабораторные исследования проводились в соответствии с методиками ПНД Ф и ГОСТ.

Таблица 2 – Общий химический состав и содержание нефтепродуктов в пробах воды

№ пробы	Содержание ионов, мг/дм ³																
	рН	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	NH ₄ ⁺	K ⁺	Na ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Fe _{общ}	Жесткость общ.	Сухой остаток, мг/дм ³	Минерализация, мг/дм ³	Нефтепродукты,
2	6,4	<6,0	1022	31,8	2,85	<0,2	<0,2	<0,5	1,86	14,1	54,0	173	13,8	13,1	802	1313	НСЖ
3	7,4	<6,0	329,4	14,6	54,1	21,8	5,89	<0,5	1,04	12,7	19,7	98,5	0,71	6,8	394	558	0,039±0,014
4	7,4	<6,0	664,9	11,9	1,43	<0,2	<0,2	<0,5	1,31	11,5	50	124	8,8	10,9	542	874	3,73±0,93
5	6,9	<6,0	1086	12,9	0,76	<0,2	<0,2	0,63	1,72	15,5	45,3	251	4,92	18,5	875	1418	1,40±0,35

Катионно-анионный состав подземных и поверхностных вод определяли методом капиллярного электрофореза; гидрокарбонат-ионы – методом потенциометрического титрования HCL, железо общее определяли спектрофотметрическим методом с о-фенантролином, сухой остаток – гравиметрическим методом. Содержание нефтепродуктов определяли флуориметрическим методом с применением экстракции в гексане на анализаторе жидкости "Флюорат-02". Общую минерализацию оценивали расчетным путем. Концентрацию растворенного кислорода определяли йодометрическим методом.

Установлено, что образцы грунтовых вод имеют высокий уровень содержания ионов HCO_3^- (665–1086 мг/л), Mg^{2+} (45,3-54 мг/л) Ca^{2+} (124-251 мг/л) Fe (4,9-13,8 мг/л). Значительно меньшей степенью минерализации обладали образцы проточной речной воды (табл.2).

В образцах грунтовых вод обнаружен высокий уровень содержания нефтепродуктов. Также нефтепродукты в значительно меньших, но существенных концентрациях обнаружены в водах реки, ниже по течению от места нефтяного загрязнения – $0,039 \pm 0,014$.

Таким образом, обнаружено, что нефтепродукты из очага загрязнения в больших количествах поступают на уровень грунтовых вод и, при соответствующем разбавлении - в проточные воды примыкающей реки. Данные образцы были использованы в последующем исследовании для микробиологического анализа и выделения микроорганизмов-нефтедеструкторов.

Библиографический список

1. Бузмаков С.А., Костарев С.М. Техногенные изменения компонентов природной среды в нефтедобывающих районах Пермской области. – Пермь: Изд-во ПГУ, 2003. 171 с.

2. Давыдова С.Л., Тагасов В.И. Нефть и нефтепродукты в окружающей среде – М.: Изд-во РУДН, 2004. – 163 с.

Корреляционные изменения дзета-потенциала родококков в зависимости от полидисперсности воздействующих наночастиц металлов

М.В. Макарова², М.С. Куюкина^{1,2}

¹Институт экологии и генетики микроорганизмов УрО РАН – филиал Пермского федерального исследовательского центра УрО РАН

²Пермский государственный национальный исследовательский университет

М.В. Макарова, студентка 1 курса магистратуры биологического факультета ПГНИУ

Научный руководитель: д.б.н., профессор ***М.С. Куюкина***

Наночастицы (НЧ) металлов широко используются в медицине и технике и имеют огромный потенциал в области биотехнологии. НЧ

обладают рядом уникальных свойств: большой удельной поверхностью, адсорбционной активностью, способностью к агрегации и аккумуляции, которые обеспечивают высокую реакционную и каталитическую способности [1]. Используемые в биотехнологии НЧ имеют размеры от 10 до 500 нм, редко превышающие 700 нм [2]. Актинобактерии рода *Rhodococcus* перспективны для биоразложения сложных органических загрязнителей, таких как углеводороды нефти, и эффективно применяются в биоремедиации загрязненных экосистем [3]. Поверхностный заряд бактерий определяется составом макромолекул клеточной стенки и формируется путем ионизации фосфатных, карбоксильных или аминогрупп и адсорбции ионов из раствора [4].

Цель исследования – выявить корреляционные изменения дзета-потенциала родококков в зависимости от индекса полидисперсности воздействующих на них наночастиц металлов.

В работе использовали культуры *R. erythropolis* ИЭГМ 344, *R. fascians* ИЭГМ 531, *R. jostii* ИЭГМ 68, ИЭГМ 550, *R. rhodochrous* ИЭГМ 1161 из Региональной профилированной коллекции алканотрофных микроорганизмов (акроним ИЭГМ; WDCM #768; <http://iegmcol.ru/>) и НЧ Bi и Ni в водном растворе, стабилизированном β-циклодекстрином (ООО «М9», Тольятти). НЧ использовали в десятикратных концентрациях (0,001 – 1,0 г/л), перед измерениями дважды промывали 10 мМ KNO₃ и диспергировали с помощью ультразвукового гомогенизатора Soniprep 150 (MSE, Великобритания). Бактерии, выращенные на МПА, суспендировали в 10 мМ KNO₃ до значения оптической плотности (OD₆₀₀), равной 0,5. Размер НЧ и их электрокинетический потенциал, а также заряд бактериальных клеток измеряли методами динамического и электрофоретического рассеяния света с помощью анализатора ZetaSizer Nano ZS (Malvern Instruments, Великобритания).

В результате исследования определены следующие размерные показатели НЧ: Bi – 60±35, Ni – 339±62 нм. При этом для НЧ меньшего размера был характерен более широкий диапазон размерных значений, что может быть следствием их более интенсивной агрегации [5]. Обнаружена сильная прямая корреляция значений заряда НЧ и показателей полидисперсности (PDI – Polydispersity Index). Так

монодисперстные НЧ с высоким PDI характеризовались низким электрокинетическим потенциалом. Максимальные значения полидисперстности V_i наблюдались при концентрации НЧ 0,01 г/л, в то время как для наночастиц Ni – 0,001 г/л.

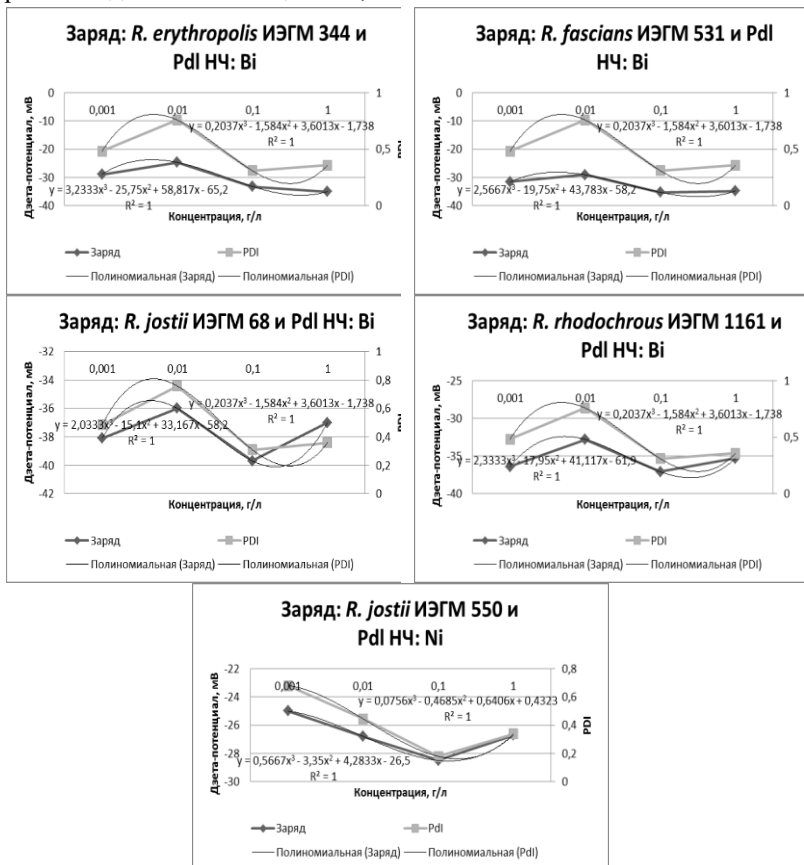


Рисунок. Корреляция дзета-потенциала родококков и PDI НЧ металлов

Далее нами исследована корреляционная зависимость дзета-потенциала клеток родококков от PDI воздействующих на них НЧ металлов. Наиболее выраженная прямая корреляция исследуемых показателей была характерна для клеток *R. jostii* ИЭГМ 550 и НЧ Ni, а также клеток *R. erythropolis* ИЭГМ 344, *R. fascians* ИЭГМ 531, *R. jostii*

ИЭГМ 68, *R. rhodochrous* ИЭГМ 1161 и НЧ Вi (рисунок). При повышении PDI наночастиц металлов возрастает заряд клеток, а при снижении – сдвигается в более отрицательную область. Электрокинетический потенциал клеток *R. jostii* ИЭГМ 68 и *R. rhodochrous* ИЭГМ 1161 максимально повышался при концентрации наночастиц Вi 0,01 г/л. При воздействии НЧ Ni (0,001 г/л) также возрастал заряд клеток *R. jostii* ИЭГМ 68. Выявленная сильная корреляция между клеточным зарядом родоккоков и полидисперсностью наночастиц металлов может быть обусловлена сверхмалыми размерами НЧ и, соответственно, их высокой удельной площадью поверхностного контакта с клетками.

Исследование выполнено в рамках гранта РФФ 18-14-00140 и Госзадания № 01201353247 (ПФИЦ УрО РАН).

Библиографический список

1. Андрусишина И.Н. Наночастицы металлов: способы получения и оценка токсичности//Сучасні проблеми токсикології. 2011. №3, С.5-14.
2. Mody V.V., Siwale R., Singh A., and Mody H.R., Introduction to metallic nanoparticles// J. Pharm. Bioallied. Sci. 2010. Vol. 2. No. 4. P. 282-289
3. Kuyukina M.S., Ivshina I.B. Application bioremediation of contaminated environments using *Rhodococcus* // In: Biology of Rhodococcus. Microbiology Monographs / Ed. A. Steinbüchel. Springer. 2019. Vol. 16. P. 231-270.
4. Klodzińska E., *et al.* Effect of zeta potential value on bacterial behavior during electrophoretic separation // Electrophoresis. 2010. P. 1590–1592.
5. Аббасов Х.Ф., Сулейманов Б.А. Влияние агрегации наночастиц на теплопроводность нанофлюидов // Журнал Физической Химии. 2016, Т. 90. С. 240-248.

Особенности биоконверсии пентациклического тритерпеноида олеаноловой кислоты с использованием актинобактерий *Rhodococcus opacus* ИЭГМ 488 и *Rhodococcus rhodochrous* ИЭГМ 66

*П.Ю. Мальцева*², *Н.А. Лучникова*², *И.Б. Ившина*^{1,2}

¹Институт экологии и генетики микроорганизмов УрО РАН – филиал Пермского федерального исследовательского центра УрО РАН

²Пермский государственный национальный исследовательский университет

П.Ю. Мальцева, студент 4 курса биологического факультета ПГНИУ
Н.А. Лучникова, аспирант 2 года обучения биологического факультета ПГНИУ

Научный руководитель – д.б.н., профессор, академик РАН
И.Б. Ившина

Олеаноловая кислота (ОК, C₃₀H₄₈O₃, CAS 508-02-1) – одна из наиболее распространённых вторичных метаболитов растений, представляющих собой пентациклические тритерпеноиды. В настоящее время перспективно использование ОК в качестве исходного соединения в синтезе новых фармакологически значимых веществ, обладающих антиоксидантной, антимикробной, противоопухолевой, противовоспалительной и противовирусной активностью [1]. Наряду с химической модификацией предпринимаются попытки биологической трансформации ОК с помощью микроорганизмов. Биотрансформация позволяет получать целевые продукты с высоким уровнем стерео- и региоселективности при нормальных условиях среды без использования агрессивных химических реагентов. Описанные в литературе процессы биотрансформации ОК характеризуются сравнительно невысоким (от 10 до 60%) уровнем конверсии субстрата и имеют существенные недостатки [2]. Например, использование мицелиальных грибов *Rhizomucor*, *Trichothecium*, *Circinella* в качестве катализаторов может быть ограничено образованием микотоксинов с выраженным канцерогенным и мутагенным действием. Среди бактериальных трансформаторов ОК (*Bacillus*, *Nocardia*, *Streptomyces*)

немало штаммов с патогенными свойствами. В связи с этим актуален поиск новых бактериальных штаммов, способных к эффективному окислению ОК.

Цель данной работы – оценка возможности использования непатогенных штаммов актинобактерий рода *Rhodococcus* из Региональной профилированной коллекции алканотрофных микроорганизмов для биоконверсии ОК.

В работе использовали 60 штаммов родококков, принадлежащих к видам *R. aetherivorans* (1 штамм), *R. cercidiphylli* (1 штамм), *R. erythropolis* (14 штаммов), *R. fascians* (2 штамма), *R. jostii* (3 штамма), *R. opacus* (15 штаммов), *R. qingshengii* (2 штамма), *R. rhodochrous* (6 штаммов) и *R. ruber* (16 штаммов). Выбор штаммов для исследования обоснован их активностью по отношению к сложным гидрофобным соединениям (www.iegmcol.ru/strains). Нерастворимую в воде ОК (чистота >98%, “Shanghai Yuanye Bio-Technology Co.”, КНР) растворяли в диметилсульфоксиде (1:10) и вносили в минеральную среду в концентрации 500 мг/л в качестве единственного источника углерода. Для оптимизации режима конверсии ОК в отдельных экспериментах использовали *n*-гексадекан (0,1 об.%) в качестве дополнительного энергетического субстрата. Измерение поверхностного электрокинетического потенциала бактериальных клеток проводили методом динамического светорассеяния с использованием анализатора ZetaSizerNano ZS (Malvern Instruments, Великобритания). Бактериальные клетки визуализировали с помощью оптического микроскопа Axiostar Plus (Carl Zeiss, Германия) в режиме фазового контраста. Анализ остаточной ОК и ее метаболитов проводили методами тонкослойной хроматографии и газовой хромато-масс спектрометрии.

По нашим данным, большинство исследованных штаммов родококков не способны использовать ОК в качестве единственного источника углерода. Лишь отдельные (13%) штаммы проявляли целевую активность, среди которых наиболее перспективными оказались 2 штамма: *R. opacus* ИЭГМ 488 и *R. rhodochrous* ИЭГМ 66. Данные штаммы в присутствии *n*-гексадекана катализировали эффективное (80 и 90% соответственно) разложение ОК в течение 7 сут. При этом установлен существенный сдвиг электрокинетического

потенциала бактериальных клеток в сторону более нейтральных (с -45,0 до -13,5 мВ) значений под воздействием ОК. Повышение дзета-потенциала, по-видимому, может быть обусловлено возможной дестабилизацией клеточных оболочек под действием токсикантов [3]. При изучении морфометрических данных у исследованных родококков под воздействием ОК обнаружено изменение длины и ширины бактериальных клеток, а также относительной площади клеточной поверхности. Как видно из таблицы 1, в случае использования *R. rhodochrous* ИЭГМ 66 выявлялось увеличение отношения площади поверхности клеток к их объему, что, согласно литературным данным [4], способствует более эффективному контакту бактериальных клеток с субстратом. Тогда как при использовании *R. opacus* ИЭГМ 488 наблюдалась противоположная защитная реакция родококков, направленная на уменьшение площади клеточной поверхности, открытой для контакта с ОК.

Другой реакцией родококков на присутствие ОК являлось образование обособленных клеточных агрегатов, позволяющих популяции адаптироваться и размножаться в условиях, в которых одиночные клетки не способны к размножению и деструкции ОК (рисунок 1).

Таблица 1. Отдельные морфометрические параметры родококков под воздействием ОК

Условия	Длина, мкм	Ширина, мкм	Площадь (S), мкм ²	Объем (V), мкм ³	Относительная площадь (S/V), мкм ⁻¹
<i>R. rhodochrous</i> ИЭГМ 66					
Среда с С ₁₆	9,61 ±0,48	2,84 ±0,14	98,35 ±4,91	60,83±3,04	1,62±0,08
Среда с С ₁₆ и ОК	12,28 ±0,61	2,59 ±0,13	110,40±5,52	64,66±3,23	1,71±0,09
<i>R. opacus</i> ИЭГМ 488					
Среда с С ₁₆	7,19 ±0,36	1,93 ±0,10	49,42±2,47	21,02±1,05	2,35±0,11
Среда с С ₁₆ и ОК	17,13 ±0,86	2,52 ±0,13	145,52±7,27	85,42±4,27	1,71±0,09

Примечание. ИЭГМ – акроним Региональной профилированной коллекции алканотрофных микроорганизмов (номер во Всемирной федерации коллекций культур 768, регистрационный номер УНУ 73559).

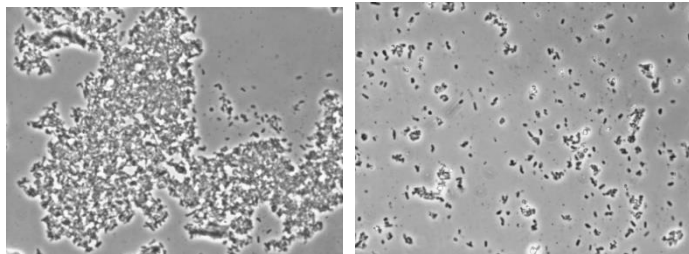


Рисунок 1. Клетки *R. rhodochrous* ИЭГМ 66 в фазовом контрасте (x1000) в присутствии (А) и без ОК (Б).

В настоящее время проводятся исследования по поиску производных ОК, перспективных для использования в синтезе биологически активных соединений.

Исследования выполнены в рамках государственных заданий FSNF-2020-0008 (ПГНИУ) и 01201353246 (ПФИЦ УрО РАН).

Библиографический список

1. Ayeleso T., Matumba M., Mukwevho E. Oleanolic acid and its derivatives: biological activities and therapeutic potential in chronic diseases // *Molecules*. 2017. Vol. 22(11). P. 1–16.
2. Azerad R. Microbial transformations of pentacyclic triterpenes. In: *Green biocatalysis*, editor R.N. Patel. John Wiley & Sons, Inc., 2016. P. 675–714.
3. Halder S. Alteration of Zeta potential and membrane permeability in bacteria: a study with cationic agents / S. Halder [et al.] // *SpringerPlus*. 2015. Vol. 4. P. 1–14.
4. Neumann G. Cells of *Pseudomonas putida* and *Enterobacter* sp. adapt to toxic organic compounds by increasing their size / G. Neumann [et al.] // *Extremophiles*. 2005. Vol. 9(2). P. 163–168.

Определение десульфуризирующей активности штамма *Rhodococcus qingshengii* IEGM 1359 при разных условиях культивирования

Л.А. Попов², А.А. Елькин^{1,2}

¹Институт экологии и генетики микроорганизмов УрО РАН – филиал Пермского федерального исследовательского центра УрО РАН

²Пермский государственный национальный исследовательский университет

Л.А. Попов, студент 2 курса магистратуры биологического факультета ПГНИУ

Научный руководитель – к.б.н., доцент *А.А. Елькин*

Десульфуризация – процесс, способствующий удалению серы из металлических руд или нефти/нефтепродуктов, который может осуществляться различными способами: физическими, химическими, биологическими [1].

Основными причинами, которые заставляют научное и промышленное сообщества интенсивно искать пути десульфуризации различных полезных ископаемых являются: 1) мировая тенденция увеличения концентрации серосодержащих соединений в добываемых полезных; 2) интересы охраны окружающей среды заставляют развитые страны вводить жесткие правительственные стандарты, ограничивающие содержание серы в нефти и угле [2].

В настоящее время десульфуризация проводится в основном с помощью химических методов, таких как гидродесульфуризация, щелочная экстракция и кислотное десульфурирование. Эти методы, при всей своей неоспоримой эффективности и возможности осуществлять очистку нефти и нефтепродуктов в промышленных масштабах, не лишены недостатков, таких как: выбросы побочных продуктов (сероводород), высокая стоимость катализаторов, с помощью которых идет экстрагирование серосодержащих соединений. Поэтому необходимо искать альтернативные методы десульфуризации, которые были бы одновременно эффективными, экономически рентабельными

и безопасными для окружающей среды. Одним из перспективных методов является использования бактерий – десульфуризаторов [2].

Доказано, что актинобактерии рода *Rhodococcus*, способны осуществлять окисление широкого спектра органических соединений, в том числе и сульфидов, что делает их перспективными в рамках разработки биокатализаторов для десульфуризации нефти [3].

В результате скринингового исследования штаммов рода *Rhodococcus*, выделенных из водных и грунтовых образцов с архипелага Земли Франца-Иосифа, по окислению модельного сульфида (1-бензотиофена) был отобран штамм *Rhodococcus qingshengii* IEGM 1359.

Цель настоящей работы - определение десульфуризирующей активности штамма *Rhodococcus qingshengii* IEGM 1359 в отношении 1-бензотиофена.

Сульфидоксиляющую активность штамма определяли в условиях использования 1-бензотиофена в качестве единственного источника углерода и энергии, а также в условиях соокисления с н-гексадеканом и глюкозой. Модельный сульфид (0,5 г/л) вносили в чистом виде (99,8%), либо предварительно растворяли в изопропанол, этаноле или диметилсульфоксиде (ДМСО).

При проведении эксперимента в условиях использования 1-бензотиофена в качестве единственного источника углерода и энергии прослеживается высокая каталитическая активность родококков в первые сутки культивирования во всех вариантах эксперимента, характеризующееся снижением концентрации сульфида с 0,5 г/л до 0,1 г/л. В последующие двое суток статистически значимого снижения концентрации 1-бензотиофена не наблюдается (рис. 1).

Аналогичная картина наблюдается и при добавлении в среду культивирования глюкозы (рис. 2).

При соокислении 1-бензотиофена родококками с н-гексадеканом наблюдается резкое снижение концентрации сульфида с 0,5 до 0,16 г/л при добавлении сульфида в растворе изопропанола. В последующие двое суток концентрация сульфида в этих образцах снизилась до 0,09 г/л. В остальных вариантах концентрация сульфида на третьи сутки эксперимента составляла не менее 0,2 г/л (рис. 3).

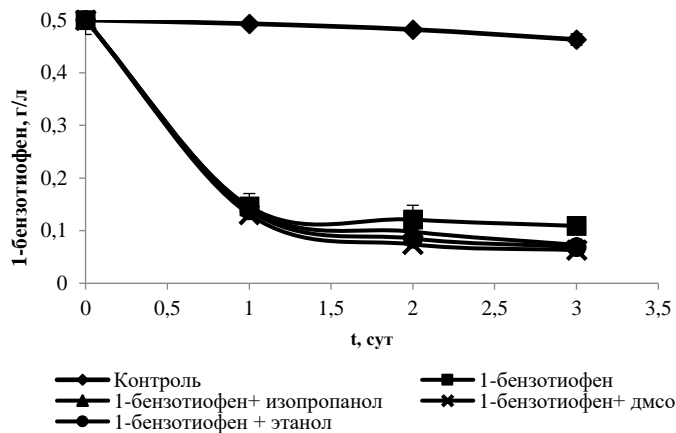


Рис. 1 Десульфуризация 1-бензотиофена в качестве единственного источника углерода и энергии штаммом *Rhodococcus qingshengii* IEGM 1359

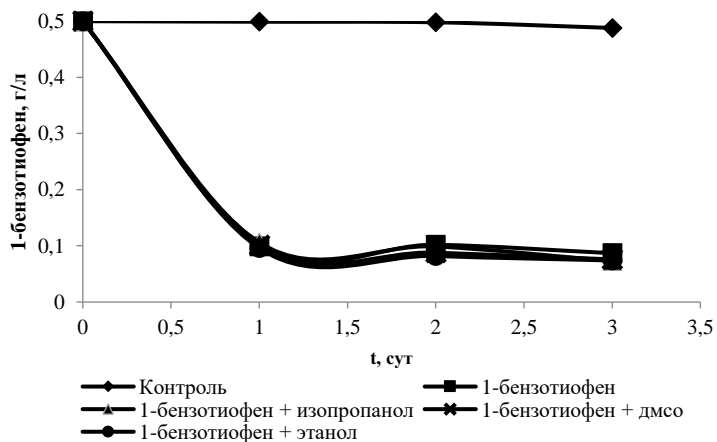


Рис. 2 Десульфуризация 1-бензотиофена штаммом *Rhodococcus qingshengii* IEGM 1359 в условиях соокисления с глюкозой

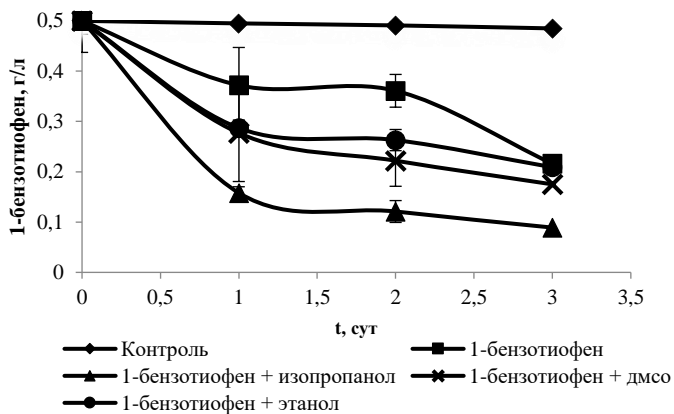


Рис. 3 Десульфуризация 1-бензотиофена штаммом *Rhodococcus qingshengii* IEGM 1359 в условиях соокисления с *n*-гексадеканом

Исследование выполнено в рамках госзадания № 01201353246 (ПФИЦ УрО РАН) и поддержки Правительства Пермского края в рамках научного проекта № С-26/174.1.

Библиографический список

1. Акопян А.В. Окислительное обессеривание углеводородного сырья пероксидом водорода в присутствии солей переходных металлов: Дис. ... канд. хим. наук. М., 2015. 228 с.
2. Дебабов В.Г. Микробная десульфуризация микробного топлива // Биотехнология, 2009, № 6, С. 8–15.
3. Martinkova L., Uhnakova B., Patek M. et al. Biodegradation potential of the genus *Rhodococcus* // Environ. Int. – 2009. – V. 35. – P. 162-177.

Биодеградация дизельного топлива актинобактериями рода *Rhodococcus*

В.А. Шилова³, А.В. Криворучко^{1,2,3}

¹ Пермский федеральный исследовательский центр УрО РАН

² Институт экологии и генетики микроорганизмов УрО РАН – филиал Пермского федерального исследовательского центра УрО РАН

³ Пермский государственный национальный исследовательский университет

В.А. Шилова, студент 4 курса биологического факультета ПГНИУ

Научный руководитель – к.б.н., доцент **А.В. Криворучко**

Цивилизованным, экологически безопасным и экономически целесообразным способом очистки сред, загрязненных нефтью и нефтепродуктами, является биоремедиация с использованием живых микроорганизмов-деструкторов [1]. Нефтяные топлива, в частности дизельное топливо (ДТ), обладают рядом особенностей, которые затрудняют биологическую рекультивацию: сложный химический состав (ДТ содержит более 2000 соединений с преобладанием насыщенных углеводородов и аренов), летучесть и токсичность и, наоборот, долгосрочное разрушение отдельных компонентов, присутствие токсичных и труднодоступных для окисления присадок [2]. Цель настоящей работы - исследование процесса биодеградации ДТ актинобактериями рода *Rhodococcus*.

Материалы и методы. В работе использовали 16 штаммов родококков (таблица) из Региональной профилированной коллекции алканотрофных микроорганизмов (официальный акроним коллекции ИЭГМ, WDCM 768, <http://www.iegmc01.ru>, уникальная научная установка <http://www.skr-rf.ru/usu/73559>). Устойчивость родококков

к ДТ определяли микролуночным методом при инкубировании бактерий в мясопептонном бульоне (МПБ) или минеральной среде RS (<http://www.iegmc01.ru/medium/med11.html>) в присутствии 0,5–64,0 об. % ДТ при перемешивании (150 об/мин), 28°С в течение 1–7 сут. О жизнеспособности клеток судили по их окрашиванию

йодонитротетразолием фиолетовым и визуально по помутнению среды. Эксперименты по биодеградации ДТ проводили в центрифужных пробирках с 20 мл среды RS при 160 об/мин, 28°C в течение 8 сут. В отдельные пробирки вносили *Rhodococcus*-биосурфактанты в концентрации 1,4 г/л = 2 критических концентрации мицеллообразования [3]. Количество остаточного ДТ определяли гравиметрически после экстракции хлороформом, индивидуальные углеводороды определяли с помощью газовой хроматографии с масс-спектрометрической детекцией. Прирост биомассы оценивали по количеству белка согласно стандартной методике с реагентом Брэдфорда [4]. Гены *alkB*, *mmoA* и CYP450 в геномах исследуемых штаммов родококков детектировали с помощью полимеразной цепной реакции в реальном времени с использованием праймеров к консервативному участку *alkB* [5] и оригинальных пар праймеров.

Результаты. Минимальная подавляющая концентрация (МПК) ДТ в отношении родококков варьирует в широком диапазоне от 0,5 до 64,0 об. %. ДТ проявляет бактерицидный или бактериостатический эффект. В минеральной среде RS родококки в 2–64 раза менее устойчивы к ДТ. Отобран штамм *R. ruber* ИЭГМ 442 с высокой (ингибирующая концентрация ≥ 16 об. %) устойчивостью к ДТ независимо от среды культивирования (таблица).

Показано, что штамм *R. ruber* ИЭГМ 442 окисляет 39 % ДТ при исходно высоком (8,0 об. %) уровне загрязнения в течение 8 сут. С учетом абиотических потерь общая убыль ДТ составляет 82 %. Определены кинетические параметры роста *R. ruber* ИЭГМ 442 в присутствии 8,0 об. % ДТ: прирост биомассы – 0,958 мг белка/л, удельная скорость роста – 0,071 ч⁻¹, удельная активность – 15,5 ммоль [С]/(г белка·ч). Добавление в среду *Rhodococcus*-биосурфактантов способствует усилению биодеградирующей способности родококков в отношении ДТ. В присутствии биосурфактантов родококки приобретают способность к окислению *n*-пентадекана и *n*-гептадекана, в два раза быстрее окисляют *n*-гексадекан (рисунок). В геноме всех исследуемых штаммов обнаружены гены *alkB*, кодирующие алкан-1-монооксигеназу. Данный фермент отвечает за первичное окисление

n-алканов со средней (C10–C18) длиной цепи и, по-видимому, является ключевым ферментом в деградации ДТ родококками.

Таблица. Токсичность ДТ для родококков

Бактериальный штамм	Ингибирующая концентрация ДТ, об. %			
	МПБ		Среда RS	
	1 сут (МПК)	7 сут	1 сут	7 сут
<i>R. erythropolis</i> ИЭГМ 251	8,0	8,0	8,0	8,0
<i>R. erythropolis</i> ИЭГМ 267	16,0	16,0	4,0	4,0
<i>R. erythropolis</i> ИЭГМ 1189	8,0	16,0	0,5	0,5
<i>R. jostii</i> ИЭГМ 60	0,5	32,0	0,5	0,5
<i>R. opacus</i> ИЭГМ 249	4,0	32,0	4,0	4,0
<i>R. opacus</i> ИЭГМ 717	8,0	8,0	0,5	0,5
<i>R. opacus</i> ИЭГМ 1157	8,0	16,0	0,5	1,0
<i>R. qinshengii</i> ИЭГМ 1359	4,0	32,0	0,5	0,5
<i>R. rhodochrous</i> ИЭГМ 639	32,0	32,0	4,0	16,0
<i>R. rhodochrous</i> ИЭГМ 1137	16,0	64,0	4,0	4,0
<i>R. rhodochrous</i> ИЭГМ 1138	8,0	8,0	0,5	0,5
<i>R. ruber</i> ИЭГМ 231	64,0	64,0	8,0	8,0
<i>R. ruber</i> ИЭГМ 234	0,5	4,0	8,0	8,0
<i>R. ruber</i> ИЭГМ 442	32,0	32,0	16,0	16,0
<i>R. ruber</i> ИЭГМ 1263	32,0	32,0	8,0	8,0
<i>Rhodococcus</i> sp. ИЭГМ 1276	64,0	64,0	4,0	4,0

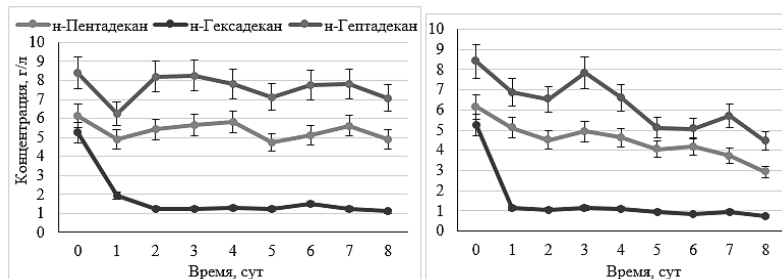


Рисунок. Биодеградация индивидуальных углеводов ДТ бактериями *R. ruber* ИЭГМ 442 в присутствии *Rhodococcus*-биосурфактантов (справа) и без них (слева)

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках госзаданий № АААА-А19-119031890083-9, № 01201353246 и гранта РФФИ 18-29-05006.

Библиографический список

1. Kuyukina M.S., Ivshina I.B. Bioremediation of contaminated environments using *Rhodococcus* / In: H.M. Alvarez (ed.), *Biology of Rhodococcus*, Microbiology Monographs 16. Springer Nature Switzerland AG, 2019. P. 231–270.
2. Иванова А.Е., Канатьева А.Ю, Курганов А.А. Аэробная биodeградация жидких моторных топлив в условиях экстремальной кислотности // Микробиология. 2019. Т. 88, № 3. С. 300–308.
3. Kuyukina M.S. *et al.* Recovery of *Rhodococcus* biosurfactants using methyl tertiary-butyl ether extraction // *Journal of Microbiological Methods*. 2001. V. 46, No. 2. P. 149–156.
4. Ahmed H. Principles and reactions of protein extraction, purification, and characterization. Boca Raton, London, New York, Washington, D.C.: CRC Press, 2005. 377 pp.
5. Táncsics A. *et al.* The detection and phylogenetic analysis of the alkane1-monoxygenase gene of members of the genus *Rhodococcus* // *Systematic and Applied Microbiology*. 2015. V. 38. P. 1–7.

Секция «Фундаментальная и прикладная медицина, физиология человека, иммунология»

Иммуномодулирующие эффекты эндоморфина 1 в отношении моноцитов и нейтрофилов периферической крови

Я.А. Кадочникова, студентка 2 курса магистратуры биологического факультета ПГНИУ

Научный руководитель – зам. директора ИЭГМ УрО РАН по научной работе, д.м.н., профессор **С.В. Гейн**

Опиоидные пептиды – это большая группа физиологически активных пептидов с выраженным сродством к рецепторам опиоидного типа (μ , δ , κ). К группе опиоидных пептидов, помимо широко изученных энкефалинов, динорфинов, эндорфинов, обладающих общей N-концевой последовательностью, относятся гораздо менее известные по-своему иммуномодулирующему действию пептиды – эндоморфины. Упомянутые ранее опиоидные пептиды образуются в ходе последовательного протеолитического гидролиза из крупных молекул-предшественников (проопиомеланокортин, продинорфин, проэнкефалин), в отличие от эндоморфинов, эндогенный предшественник которых до сих пор не идентифицирован [4].

В функциональном отношении опиоидные пептиды обладают чрезвычайно широким спектром регуляторной активности: проявляют обезболивающее, седативное воздействие, регулируют температуру тела, артериальное давление и периферический кровоток, влияют на функционирование легких, пищеварительной системы, эндокринных желез, иммунной системы. Выделение эндогенных опиоидных пептидов носит импульсный характер при воздействии разных экстремальных факторов на организм [1,2].

Цель настоящей работы – оценка иммунорегуляторных эффектов эндогенного опиоидного пептида эндоморфина 1 на различные фракции клеток периферической крови *in vitro*.

Материалы и методы. Объектом исследований служила венозная кровь здоровых доноров-добровольцев в возрасте от 22 до 40 лет. Исследования проводились с соблюдением этических норм, с согласия доноров после их ознакомления с условиями и задачами эксперимента. Диапазон используемых концентраций эндоморфина: 10^{-6} , 10^{-8} , 10^{-10} , 10^{-12} М.

Фракцию лейкоцитов получали путем отстаивания гепаринизированной венозной крови в термостате 2 ч. при 37°C . Плазму, обогащенную лейкоцитами, центрифугировали в течение 20 мин при 1500 об/мин. Для получения фракции нейтрофилов плазму аккуратно наслаивали на раствор фиколл-урографина с плотностью $\rho=1,077$, после чего проводили центрифугирование в течение 40 мин при 1500 об/мин. Для предотвращения активации клеточную суспензию в течение часа выдерживали при 4°C в полной питательной среде. Продукцию АФК детектировали с помощью метода люминолзависимой хемилюминесценции (ЛЗХЛ). Для стимулирования выработки АФК клетками крови использовали опсонизированный зимозан в концентрации 150 мкг/мл, в качестве маркера выраженности реакции использовался люминол (10^{-5}M). Регистрация результатов проводилась в течение часа с интервалом в 5 минут с помощью спектрофотометра TECAN (Австрия).

Мононуклеарные клетки периферической крови выделяли на градиенте плотности фиколл-урографин ($\rho=1,077$). Для получения моноцитов мононуклеарные клетки помещали на чашку Петри в полную питательную среду и убирали в термостат при 37°C на 1 ч для адгезии моноцитов к стеклу, которые затем снимали резиновым шпателем. Продукцию $\text{IL-1}\beta$ мононуклеарами и моноцитами определяли в 24 часовых культур супернатантов с помощью тест систем «ВЕКТОР-БЕСТ» (Новосибирск). В качестве индуктора реакции к культурам добавляли опсонизированный зимозан в концентрации 150 мкг/мл.

Исследование влияния пептида на поглотительную активность нейтрофилов и моноцитов периферической крови проводили с помощью метода проточной цитометрии на приборе BD FACSCalibur. FITC-меченые *St.aureus* использовали в качестве объекта фагоцитоза (предварительно разводили в соотношении 1:10).

Для статистического анализа использовали однофакторный дисперсионный анализ и парный LSD-критерий. Различия считались значимыми при $p < 0,05$.

На основе проведенных исследований были получены следующие результаты. Внесение эндоморфина 1 в концентрациях 10^{-8} , 10^{-10} , 10^{-12} М снижало спонтанную выработку АФК лейкоцитами. На стимулированную зимозаном продукцию кислородных радикалов пептид статистически значимого влияния не оказывал. Также эндоморфин 1 не влиял на спонтанную продукцию АФК фракцией нейтрофилов, но угнетал стимулированную продукцию кислородных радикалов в концентрациях 10^{-8} , 10^{-10} , 10^{-12} М.

Оценка влияния эндоморфина 1 на продукцию IL-1 β клетками периферической крови показала, что пептид, взятый в концентрациях 10^{-6} , 10^{-12} М, увеличивал спонтанную продукцию IL-1 β мононуклеарами и не оказывал влияния на выработку IL-1 β моноцитами. При оценке влияния пептида на поглотительную активность нейтрофилов и моноцитов периферической крови было установлено, что эндоморфин не оказывал влияния на процент фагоцитоза нейтрофилов, но повышал поглотительную активность фракции моноцитов в концентрациях 10^{-6} , 10^{-8} М.

Подводя итог выше сказанному, можно сказать, что эндоморфин 1 оказывает эффекты как угнетающей, так и стимулирующей направленности на клетки врожденного иммунитета и по-своему модулирующему действию близок к β -эндорфину, который также может оказывать разнонаправленное действие на широкий спектр иммунных реакции [3].

Библиографический список

1. Гейн С.В., Баева Т.А. Эндогенные опиоидные пептиды в регуляции функций клеток врожденного иммунитета // Биохимия. – 2011. – Т. 76, № 3. С. 379 – 390.
2. Горшкова К.Г. Опиоидные пептиды в регуляции функций эффекторов врожденного иммунитета: дис. ... канд. биол. наук. Екатеринбург, 2012. 120 с.
3. Gein S. V., Gorshkova K. G. , Tendryakova S. P. Regulation of interleukin-1beta and interleukin-8 production by agonists of mu and delta

opiate receptors in vitro // Neuroscience and Behavioral Physiology, 2009, Vol. 39. no. 6. pp. 591 – 595.

4. Mizusawa K. Endomorphin. In: Takei Y, Ando H, Tsutsui K, ed. Handbook of hormones: comparative endocrinology for basic and clinical research. Oxford: Academic Press; 2016. pp. 62–63.

Технология синтеза альбуминовых наночастиц

Т.В. Калашникова, магистрант 2 курса биологического факультета ПГНИУ

Научный руководитель – к.б.н., доцент **П.В. Храпцов**

Наноматериалы на основе белков приобретают в последнее время широкое распространение в различных отраслях биомедицины: в терапии заболеваний (адресная доставка лекарственных средств, витаминов, вакцин, генов и др.), в качестве реагентов для систем диагностики *in vitro* и медицинской визуализации [1,2]. Для использования наночастиц важной составляющей является определение их концентрации.

Цель настоящей работы – выявление оптимального метода для определения концентрации альбуминовых наночастиц.

Наночастицы синтезировали из бычьего сывороточного альбумина (БСА) методом десольватации [3,4]. Синтез осуществлялся путем добавления к раствору белка этанола, снижающего растворимость белка, в результате чего происходила агрегация молекул белка. В последующем образовавшиеся частицы стабилизировали при помощи перекрестной сшивки глутаровым альдегидом. Концентрацию наночастиц и свободного белка определяли несколькими методами: методом Бредфорд, анализом с бицинхониновой кислотой (БСА), измерением поглощения на 280 нм после щелочного и кислотного гидролиза наночастиц и гравиметрическим методом. Анализ Бредфорд и анализ БСА использовались для определения концентрации свободного белка, оставшегося после отделения наночастиц. Данные анализы проводились по протоколам производителей. Конечную концентрацию наночастиц определяли при помощи гидролиза и

гравиметрического анализа. Гидролиз наночастиц проводили в щелочных и кислотных условиях (в 4М, 2М и 1М NaOH и HCl) при 37°C в течении нескольких суток. После завершения гидролиза у полученных растворов измеряли поглощение на 280 нм. Гравиметрический анализ проводили при помощи высушивания фиксированного объема суспензии наночастиц в тиглях в сушильном шкафу и взвешивания сухого остатка на аналитических весах.

В рамках настоящей работы нами были синтезированы три партии альбуминовых наночастиц со средними размерами 170-180 нм. Для синтеза наночастиц использовали растворы с концентрацией БСА около 50 мг/мл (47,2 мг/мл, 47,4 мг/мл и 50,4 мг/мл). В предварительных экспериментах по определению влияния некоторых факторов (рН раствора, этанол, глутаровый альдегид) на методы Бредфорд и ВСА, было выявлено, что при высоких концентрациях этанола и глутаральдегида может наблюдаться завышение концентрации белка. Кроме того, воспроизводимость метода Бредфорд была выше, поэтому в дальнейшем из двух методов был выбран именно он. Также в предварительных экспериментах были определены оптимальные условия гидролиза наночастиц. В результате был выбран щелочной гидролиз в 4М NaOH в течение 2 суток. Гравиметрический анализ наночастиц был выбран как референсный метод для определения количества наночастиц в суспензии. В результате гравиметрического анализа было определено, что концентрация частиц в трех партиях составляет 5,56 мг/мл, 6,36 мг/мл и 7,3 мг/мл. В результате анализа Бредфорд концентрация наночастиц составила 8,93 мг/мл, 10 мг/мл и 11 мг/мл, при щелочном гидролизе концентрация частиц – 5,24 мг/мл, 5,88 мг/мл, 6,51 мг/мл. По полученным результатам были сделаны выводы, что анализ Бредфорд для определения концентрации белковых наночастиц показывает завышенные результаты и не может быть использован для этих целей. Результаты концентрации белка после щелочного гидролиза были близки к результатам, полученным при гравиметрическом анализе. Таким образом, для определения концентрации альбуминовых наночастиц оптимальными методами являются гравиметрический анализ и щелочной гидролиз.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-015-00408 А.

Библиографический список

1. Frates K., Markiewicz T., Gallo P., Rack A., Weyhmiller A., Jarmusik B., Hu X. Protein polymer-based nanoparticles: fabrication and medical applications // International Journal of Molecular Sciences. 2018. Vol. 19, N 6. P. 1-20.
2. Wang Z., Gao H., Zhang Y, Liu G., Niu G., and Chen X. Functional ferritin nanoparticles for biomedical applications // Frontiers of Chemical Science and Engineering. 2017. Vol. 11, N 4. P. 633-646.
3. Galisteo-González F., Molina-Bolívar J.A. Systematic study on the preparation of BSA nanoparticles // Colloids and Surfaces B: Biointerfaces. 2014. Vol. 123. P. 286-292.
4. Jahanban-Esfahlan A., Dastmalchi S., Davaran S. A simple improved desolvation method for the rapid preparation of albumin nanoparticles // International Journal of Biological Macromolecules. 2016. Vol. 91. P. 703-709.

Роль β -адренорецепторов в регуляции функций клеток врожденного иммунитета при холододовом стрессе

А.В. Карнаухова, студентка 2 курса магистратуры биологического факультета ПГНИУ

Научный руководитель – зам. директора ИЭГМ УрО РАН по научной работе, д.м.н., профессор *С.В. Гейн*

Холодовой стресс является одной из форм стресса, который вызван действием низкой температуры окружающей среды. При холододовом стрессе, как и при других видах стресса, происходит активация гипоталамо-гипофизарной оси, которая сопровождается выраженным гормональным сдвигом, что приводит к повышению уровня катехоламинов – адреналина и норадреналина [1]. В условиях переохлаждения β -адренорецепторы расширяют сосуды, расслабляют бронхи, учащают сокращения сердца. Общеизвестный факт, что острый холододовый стресс повышает уровни глюкокортикоидов, катехоламинов, бета-эндорфина и других гормонов стресса в периферической крови, ухудшает двигательные и когнитивные функции, модулирует

продукцию IL-1 β , TNF- α , IL-6, IL-10 [2]. Таким образом, данная работа направлена на выяснение роли β -адренорецепторов в регуляции функций клеток врожденного иммунитета в условиях холодого стресса.

Цель настоящей работы – изучить роль β -адренорецепторов в регуляции функций клеток врожденного иммунитета при холодого стрессе.

Материалы и методы. Объектом исследований послужили белые мыши-самцы породы Swiss с массой тела 20-22 г. Животные содержались в условиях лабораторного вивария, при естественном освещении, неограниченном доступе к воде и кормам. Эксперименты проведены в соответствии с этическими нормами и рекомендациями по гуманизации работы с лабораторными животными, отраженными в «Европейской конвенции по защите позвоночных животных, используемых для экспериментальных и других научных целей» (Страсбург, 1986).

Мыши подвергались острому переохлаждению при -20⁰С в течение 10 или 60 мин. В качестве антагониста β -адренорецепторов использовался пропранолол. Животные были разбиты на 6 групп: 1 – контрольная, 2 – холодого стресс 10 мин, 3 – холодого стресс 60 мин, 4 – холодого стресс 10 мин на фоне введения пропранолола, 5 – холодого стресс 60 мин на фоне введения пропранолола, 6 – введение одного пропранолола.

Оценку продукции активных форм кислорода (АФК) осуществляли с использованием реакции люминолзависимой хемилюминесценции (ЛЗХЛ). В качестве индуктора ЛЗХЛ использовали опсонизированный зимозан. Клетки перитонеальной полости вносили в 96-луночный плоскодонный планшет (“Greiner”, Германия) в следующей последовательности: раствор Хэнкса (концентрация высчитывалась из расчета, что в лунке 100 мкл), клетки (предварительно концентрацию клеток в суспензии доводили до 1*10⁵ в мл), зимозан (10 мкл) и люминол (20 мкл). Регистрация результатов проводилась в течение часа с помощью многофункционального спектрофотометра TECAN (Австрия).

Для определения концентраций цитокинов IL-1 β и IL-10 использовали питательную среду RPMI 1640. Культивирование

проводили в течение суток, помещая планшет в эксикатор, в термостате при температуре 37°C. Для оценки влияния пропранолола на синтез IL-1 β и IL-10 использовали тест-системы R&D.

Для постановки фагоцитоза использовали клетки перитонеального смыва. В качестве объектов фагоцитоза использовали FITC-меченые *St.aureus* (предварительно разведенных в соотношении 1:10), анализ проб проводили на приборе BD FACSCalibur.

Статистический анализ проводили с помощью непарного t-критерия Стьюдента. Результаты представлены в виде средней арифметической и ее стандартной ошибки ($M \pm m$).

При оценке влияния β -адренорецепторов на синтез продукции АФК в ходе исследования было установлено, что направленность действия холодого стресса на функции макрофагов зависела как от исследуемого параметра, так и от времени воздействия. Установлено, что 60 мин холодого стресс усиливал спонтанную и стимулированную продукцию АФК, в то время как 10 мин стресс усиливал только стимулированную продукцию АФК. Блокада β -адренорецепторов нивелировала эффект 60 мин стресса в спонтанных культурах и эффект 10 мин стресса в стимулированных культурах. При этом введение пропранолола никак не влияло на усиление продукции АФК при 60 мин стрессе в стимулированных пробах.

Оценка концентрации цитокинов IL-1 β и IL-10 показала, что цитокинпродуцирующая активность макрофагов при 60 мин холодого стрессе усиливалась, при этом активировалась продукция как про- так и противовоспалительных факторов. Пропранолол эффектов 60 мин холодого стресса не отменял, а изолированное его введение проявил собственный ингибирующий эффект на синтез IL-10 по сравнению с контролем.

Оценка влияния такого показателя фагоцитарной активности как процент фагоцитоза показала отсутствие влияния холодого стресса по сравнению с контролем. Пропранолол эффектов стресса не нивелировал и не проявил собственного эффекта.

Таким образом, при оценке влияния стресса на продукцию АФК эффекты холодого воздействия частично отменялись введением пропранолола. Это может говорить о прямом участии β -адренорецепторов в регуляции микробицидного потенциала

макрофагов при переохлаждении. При оценке продукции цитокинов и показателя фагоцитоза такого эффекта не наблюдалось, что может говорить о том, что эффекты холодового стресса на фагоцитоз и продукцию цитокинов через β -адреноблокаторы не опосредуются.

Библиографический список

1. Морозов В. Н., Хадарцев А. А. К современной трактовке механизмов стресса // ВНМТ. 2010. №1. С. 15-17.

2. Гейн С.В., Шаравьева И.Л. Влияние холодового стресса на функциональную активность перитонеальных макрофагов в условиях блокады опиатных рецепторов // Медицинская иммунология. 2017. №19. С. 24 – 25

Роль МП-4 в регуляции антителогенеза, микробицидной активности при иммобилизационном стрессе

Д.А. Оралова, магистрант 1 курса биологического факультета ПГНИУ

Научный руководитель – зам. директора ИЭГМ УрО РАН по научной работе, д.м.н., профессор ***С.В. Гейн***

Миелопептиды представляют собой группу короткоцепочных биорегуляторных пептидов костномозгового происхождения, обладающих иммунорегуляторной активностью в отношении клеток адаптивного и врожденного иммунитета. В настоящее время описано шесть биологически активных миелопептидов (МП-1, МП-2, МП-3, МП-4, МП-5, МП-6), первоначально выделенных из супернатантов культур клеток костного мозга, которые отличаются друг от друга по аминокислотному составу, направленности действия и точкам приложения [4]. Миелопептид-4 (Phe-Arg-Pro-Arg-Ile-Met-Thr-Pro) является пептидом с дифференцировочной активностью [1, 2].

Цель настоящей работы – исследовать влияние миелопептида МП-4 на антителогенез, продукцию активных форм кислорода

перитонеальными макрофагами мышей на фоне 2 и 6 ч иммобилизационного стресса *in vivo*.

Материалы и методы. Эксперименты в системе *in vivo* выполнены на 48 мышах-самцах. В качестве стрессорного воздействия использовался 2ч и 6 ч иммобилизационный стресс. МП-4 вводили внутривентриально за 30 минут до начала стресса в дозе 40 мкг/кг. Животные были разделены на 6 групп: 1 – контрольная; 2 – стресс 2 ч; 3 – стресс 6 ч; 4 – стресс 2 ч + МП-4; 5-стресс 6 ч + МП-4; 6- введение МП-4. Далее одну часть животных иммунизировали нативными эритроцитами барана (ЭБ) в брюшную полость в дозе 10^8 ЭБ/20 мкл ($5 \cdot 10^9$ ЭБ/1 мл). На 5-е сутки оценивали клеточность и количество антителообразующих клеток (АОК) в селезенке методом локального гемолиза в геле агарозы по Jerne [3].

Другую часть - после окончания стрессорного воздействия выводили из эксперимента методом декапитации под эфирным наркозом. Для получения перитонеальных макрофагов животным внутривентриально вводили 2 мл раствора Хэнкса. Оценку продукции активных форм кислорода перитонеальными клетками производили с помощью реакции люминолзависимой хемилюминесценции (ЛЗХЛ). Реакцию проводили в 96-луночных плоскодонных планшетах (“Greiner”, Германия), каждая лунка содержала клетки в концентрации $1 \cdot 10^5$ клеток в 100 мкл р-ра Хенкса. В качестве индуктора ЛЗХЛ использовали опсонизированный зимозан в концентрации 150 мкг/мл. В качестве маркера выраженности реакции ЛХЗЛ использовался люминол (10^{-5} М). Регистрация результатов проводилась в течение часа с интервалом в 5 минут с помощью многофункционального спектрофотометра TECAN (Австрия).

Статистический анализ проводили с помощью непарного t-критерия Стьюдента.

Установлено, что интенсивность спонтанной продукции активных форм кислорода при 2 ч и 6 ч иммобилизации статистически значимо не изменялась. Эффектов МП-4 через 2ч и 6 ч после введения на спонтанную продукцию АФК по сравнению с контролем не зарегистрировано (данные не приводятся). Стимулированная зимозаном продукция АФК при 2ч и 6 ч стрессе угнеталась по сравнению с животными контрольной группы практически в течение всего периода наблюдений. Введение МП-4 выражено усиливало продукцию АФК перитонеальными макрофагами с 15 по 60 мин наблюдений. Введение животным МП-4 на фоне стресса эффекты стресса не отменяло.

Оценка влияния МП-4 на количество АОК показала, что на антителогенез при стрессе пептид оказывает слабое влияние. Модели 2-х и 6 ч иммобилизационного стресса приводили соответственно к стимуляции и угнетению образования АОК в селезенке. Эффекты 2 и 6 ч стресса МП-4 практически не модифицировал. Таким образом, МП-4 в отличие от МП-3, 5, 6 оказывал слабое влияние на функции клеток иммунной системы при стрессе.

Библиографический список

1. Гурьянов С.А., Кирилина Е.А., Хайдуков С.В., и др. Специфическое связывание и проникновение внутрь клетки-мишени флуоресцентно меченного миелопептида – 4, обладающего дифференцировочной активностью // Биоорганическая химия. 2006. – Т. 32, № 6. С.574 – 578.
2. Петров Р.В., Михайлова А.А., Фомина Л.А. и др. Миелопептиды // Наука. – 2000. С. 163 - 167.
3. Jerne N.K., Nordin A.A. // Science. 1963. V. 140. P. 405-405.
4. Mikhailova A., Fonina L., Kirilina E. et al. // Regulatory Peptides. 1994. V. 53, P. 203–209.

Изучение роли хорионического гонадотропина в регуляции интерлейкин-17-продуцирующих Т-хелперов

С.В. Ужвиюк^{1,2}, студентка 2 курса магистратуры биологического факультета ПГНИУ, **В.П. Тимганова**¹, **М.С. Бочкова**¹, **С.А. Заморина**^{1,2}

¹Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь, 614990, ул. Букирева, д.15; 1 курс магистратуры
²«ИЭГМ УрО РАН», филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки "Пермский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук" (ПФИЦ УрО РАН), Пермь, 614081; ул. Голева, 13.

Научный руководитель – профессор **С.А. Заморина**

Хорионический гонадотропин или ХГЧ – один из основных белков беременности, который синтезируется клетками трофобласта и синцитиотрофобласта после имплантации эмбриона [1]. ХГЧ играет важную роль в обеспечении иммунологической толерантности при беременности. Данный механизм зависит в частности от баланса субпопуляций Т-хелперов 17-го типа (Th17) и регуляторных Т-лимфоцитов (Treg) [2]. При нормально текущей беременности количество провоспалительных Th17 снижается [3]. Известно, что ХГЧ способен подавлять дифференцировку этих клеток [4], однако в нашей работе экспериментальная система имела ряд особенностей. Так, мы использовали в работе два вариант ХГЧ (нативный и рекомбинантный), а также оценивали пролиферативный статус клеток. Таким образом, целью работы стала оценка влияния ХГЧ на конверсию наивных Т-хелперов в фенотип Th17с параллельной оценкой уровня пролиферации этих клеток.

Материалы и методы. Использовали нативный («Московский эндокринный завод», Россия) и рекомбинантный («Merc Serono», Италия) препараты ХГЧ (10, 100 МЕ/мл). Монокультуры Т-хелперов получали методом иммуномагнитной сепарации с использованием технологии MACS® («Miltenyi Biotec») из суспензии мононуклеарных клеток периферической крови здоровых доноров (n=8). Выделенные

клетки с фенотипом CD4⁺ (1×10⁶кл/мл) культивировали в 96-луночных планшетах в полной питательной среде в течение 60 ч при 37⁰C, 5% CO₂. В качестве активатора использовали анти-CD2/CD3/CD28 частицы («Miltenyi Biotec»), также, вносили ИЛ-1β и ИЛ-6 (10 нг/мл). При помощи проточного цитометра CytoFLEX S («Beckman Coulter», США) определяли процент пролиферирующих клеток за счёт детекции экспрессии внутриклеточного маркера пролиферации Ki67⁺, а также RORγt⁺ – основного мастер-регулятора Th17-клеток, и их комбинаций (RORγt⁺Ki67⁺, RORγt⁻Ki67⁺, RORγt⁺Ki67⁻) в лимфоцитарном гейте. [4]

Статистическую обработку данных проводили в программе GraphPad Prism 6 при помощи критерия Фридмана.

Результаты. Установлено, что ХГЧ в концентрациях, соответствующих беременности, не влияет на количество CD4⁺-лимфоцитов, экспрессирующих транскрипционный фактор RORγt (маркер Th17). Для анализа влияния ХГЧ на экспрессию RORγt был определен процент RORγt⁺ Т-хелперов в пролиферирующих (Ki67⁺) и в не пролиферирующих (Ki67⁻) пулах клеток. Показано, что ХГЧ не влияет на количество пролиферирующих и не пролиферирующих Th17. Однако, было установлено, что рекомбинантная форма ХГЧ («Ovitrell», 100 МЕ/мл) оказывала стимулирующий эффект на пролиферацию Т-хелперов, не экспрессирующих RORγt (рис. 1).

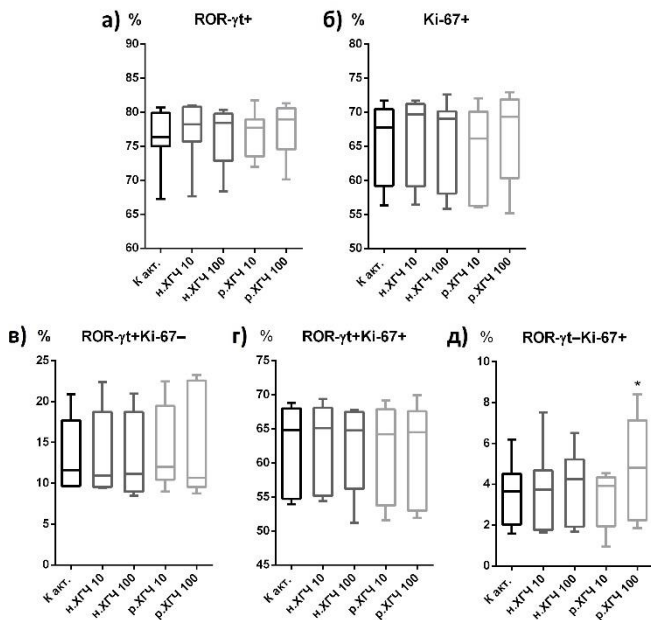


Рис. 1. Влияние ХГЧ на количество CD4⁺-лимфоцитов, экспрессирующих ROR γ t и Ki67. Прим.: * – статистически достоверно отличающихся от контроля с активатором по критерию Фридмана при $p < 0,05$; К акт. – контроль с активатором; н.ХГЧ – нативный препарат ХГЧ; р.ХГЧ – рекомбинантный препарат ХГЧ

Выводы. Таким образом, в нашей экспериментальной системе ХГЧ в условиях направленной индукции Т-хелперов в фенотип Th17 не регулирует пролиферацию и дифференцировку Th17, однако способен стимулировать пролиферацию других типов Т-хелперов в данной экспериментальной модели. Эти данные отчасти противоречат ряду опубликованных работ, однако демонстрируют новые свойства ХГЧ в отношении Т-хелперов.

Исследование выполнено в рамках темы НИР №АААА-А19-119112290007-7.

Библиографический список

1. Acevedo H.F. Human chorionic gonadotropin (hCG), the hormone of life and death: a review // *Journal of Experimental Therapeutics and Oncology*. 2002. V. 2.N 3. P. 133–45.
2. Schumacher A. et al. Human chorionic gonadotropin attracts regulatory T cells into the fetalmaternal interface during early human pregnancy // *Journal of Immunology*. 2009. V. 9. P. 5488–5497.
3. Schumacher A. Human Chorionic Gonadotropin as a Pivotal Endocrine Immune Regulator Initiating and Preserving Fetal Tolerance // *International Journal of Molecular Sciences*. 2017. V. 18(10).
4. Заморина С.А., Ширшев С.В. Хорионический гонадотропин – фактор индукции иммунной толерантности при беременности // *Иммунология*. 2013. Т. 34. № 2. С. 105–107.
5. Ivanov I. I., et al. The Orphan Nuclear Receptor ROR γ t Directs the Differentiation Program of Proinflammatory IL-17+ T Helper Cells // *Cell*. 2006. V. 126(6). P. 1121–1133.

Самостоятельный эффект оксида графена и пегилированного оксида графена на люминол-зависимую хемилюминесценцию в экспериментальной бесклеточной модели с перекисью водорода

***К.И. Федорова*², *С.А. Заморина*^{1,2}, *К.Ю. Шардина*¹, *В.П. Тимганова*¹, *М.С. Бочкова*¹, *А.И. Нечаев*¹, *П.В. Храмцов*^{1,2}**

¹Институт экологии и генетики микроорганизмов УрО РАН – филиал Пермского федерального исследовательского центра УрО РАН

²Пермский государственный национальный исследовательский университет

К.И. Федорова, магистрант 1 курса биологического факультета ПГНИУ

Научный руководитель – д.б.н., в.н.с. “ИЭГМ УрО РАН”, профессор ПГНИУ ***С.А. Заморина***

Графен – это двумерная аллотропная модификация углерода, которая в зависимости от размера и структурных вариаций может

© Федорова К.И., Заморина С.А., Шардина К.Ю., Тимганова В.П., Бочкова М.С., Нечаев А.И., Храмцов П.В., 2020

обладать такими ценными свойствами, как: высокая удельная площадь поверхности, флуоресцентная способность, антимикробная активность, каталитическая активность. В настоящее время графен имеет несколько областей применения в биомедицине: он используется в качестве антибактериального агента, в качестве компонента препаратов, в медицинской визуализации.

Среди всех производных форм графена именно оксид графена (ОГ) обладает лучшей биосовместимостью, высоким потенциалом к функционализации, сохраняя при этом значительную часть свойств графена. Однако частицы материалов на основе графена могут проявлять различную степень цитотоксичности в зависимости от их концентрации, размера, степени окисления и восстановления, гидрофильности/гидрофобности. Модификация наночастиц оксида графена полиэтиленгликолем (ПЭГ) позволяет нейтрализовать нежелательную активацию клеток врожденного иммунитета, в частности, стимуляцию продукции активных форм кислорода (АФК), что может быть вызвано низкими концентрациями частиц графена, которые не обладают цитотоксичностью, но обладают биомедицинским потенциалом. [1]

Согласно литературным данным, присутствие ОГ и ОГ-ПЭГ приводит к снижению люминол-зависимой хемилюминесценции (ЛЗХЛ) лейкоцитов крови. Нами было предположено, что причиной этого может являться эффект тушения люминесценции частицами, не связанный с его взаимодействием на клетки. Таким образом, целью нашего исследования являлось изучение влияния частиц немодифицированного и модифицированного ПЭГ оксида графена (ОГ и ОГ-ПЭГ) на продукцию активных форм кислорода в бесклеточной системе люминол-зависимой хемилюминесценции (ЛЗХЛ).

В исследовании применяли частицы оксида графена (ОГ) размером от 1 мкм до 5 мкм («OssilaLtd», Великобритания). Модификация ОГ ПЭГом (пегилирование) осуществлялась методом ковалентной пришивки аминогрупп ПЭГ-NH₂ к поверхностным карбоксильным группам ОГ с образованием амидной связи.

Для оценки уровня ЛЗХЛ использовали раствор Хенкса без фенолового красного («Биолот», Россия), ОГ и ОГ-ПЭГ в различных концентрациях (5 мкг/мл; 2,5 мкг/мл; 1,25 мкг/мл; 0 мкг/мл) [4] и

натриевую соль люминола (“Sigma-Aldrich”, США) в концентрации $2 \cdot 10^{-3}$ М. Степень гашения ЛЗХЛ частицами ОГ и ОГ-ПЭГ оценивалась в бесклеточной системе. Люминесценцию индуцировали при помощи перекиси водорода, концентрации которой составляли 3%; 1,5%; 0,75%; 0,375%; 0,187%. Интенсивность люминесценции измеряли на гибридном ридере “Synergy H1” (“BioTek”), оценивалась светосумма (S). Статистическую обработку данных проводили в программе GraphPadPrism 6 с использованием теста Фридмана и post-hoc теста Данна для множественных сравнений. Данные представляли в виде медианы с межквартильным размахом (Me (Q1–Q3)). Различия считались достоверными при $P < 0,05$.

Стоит отметить, что наночастицы ОГ могут непосредственно взаимодействовать с АФК и люминолом, изменяя интенсивность ЛЗХЛ, также ОГ может влиять на выработку АФК лейкоцитами.

Химическая модификация ОГ (допирование азотом, введение различных функциональных групп) значительно повышает его антиоксидантную активность [3], поэтому можно предположить, что пегилирование оказывает влияние на нейтрализацию АФК ОГ, однако Nilewski et al. [2] показали, что пегилирование не оказывает существенного эффекта на антиоксидантную активность ОГ по отношению к супероксид-аниону.

Поскольку ранее в исследованиях нашей лаборатории ОГ и ОГ-ПЭГ снижали ЛЗХЛ лейкоцитов крови, мы предположили, что причиной этого может быть эффект тушения люминесценции частицами, не связанный с его воздействием на клетки. В результате проведенного исследования, эффекта тушения люминесценции наночастицами ОГ и ОГ-ПЭГ выявлено не было. Таким образом, подавление люминесценции в клеточной системе связано с другими механизмами действия наночастиц.

Работа выполнена в рамках гранта РФФ 19-15-00244

Библиографический список

1. Li Z., Wang Y., Zhu J., Zhang Y., Zhang W., Zhou M., Luo C., Li Z., Cai B., Gui S., He Z., Sun J.// Journal of Controlled Release. 2020. Vol. 320. P. 1-18.

2. Nilewski L., Mendoza K., Jalilov A.S., Berka V., Wu G., Sikkema W.K.A., Metzger A., Ye R., Zhang R., Luong D. X., Wang T., McHugh E., Derry P.J., Samuel E. L., Kent T.A., Tsai A.L., Tour J.M. Highly Oxidized Graphene Quantum Dots from Coal as Efficient Antioxidants// ACS Appl Mater Interfaces. 2019. Vol. 11(18). P. 16815-16821.

3. Ruiz V., Yate L., García I., Cabanero G., Grande H.J. Tuning the antioxidant activity of graphene quantum dots: Protective nanomaterials a against dye decoloration// Carbon. 2017. Vol. 116. P. 366-374.

4. Xu M., Zhu J., Wang F., Xiong Y., Wu Y., Wang Q., Weng J., Zhang Z., Chen W., Liu S. Improved In Vitro and In Vivo Biocompatibility of Graphene Oxide through Surface Modification: Poly(Acrylic Acid)-

Functionalization is Superior to PEGylation// ACS Nano. 2016. Vol. 10(3). P. 3267-3281.

Секция «Зоология»

Заражённость рыб плероцеркоидами *Diphyllobothrium latum* в различных водоемах Пермского края

В.А. Бразевич, студентка 2 курса биологического факультета ПГНИУ
Научный руководитель – к.б.н., доцент **Н.В. Костицына**

Актуальность проблемы гельминтозов связана с их широкой распространенностью, многообразием негативных воздействий на организм человека и выраженным полиморфизмом клинических проявлений, затрудняющим дифференциальную диагностику болезней и специфику методов профилактики. Дифиллоботриоз является одним из опасных заболеваний человека и животных, протекает с признаками преимущественного поражения желудочно-кишечного тракта и часто сопровождается развитием анемии, приводит к длительной потере трудоспособности, а иногда к смерти человека [1]. Окончательными хозяевами лентеца являются человек, млекопитающие животные, рептилии, птицы. Промежуточные хозяева – пресноводные рачки (циклопы, диаптомусы), дополнительные – пресноводные рыбы (окунь, щука, ёрш и др.). В распространении дифиллоботриоза имеют значение фекальные загрязнения водоемов, низкий уровень санитарной культуры населения, степень развития рыбного промысла, миграция зараженного населения в места, свободные от этих инвазий, употребление в пищу недостаточно просоленной икры рыб [2].

Пермский край относится к числу территорий с наиболее высокой заболеваемостью дифиллоботриозом. Хозяйственно-бытовое загрязнение недостаточно хлорированными стоками водоемов бассейна Средней Камы столь же велико, как и промышленными водами [3].

Была поставлена цель, оценить уровень зараженности хищных рыб дифиллоботриозом в разнотипных водоемах Пермского края и рассчитать количественные показатели зараженности личинками паразита *Diphyllobothrium latum* различных видов рыб.

Сбор материала осуществлялся в течении трех месяцев, в период с 29.05.2019 г. по 14.07.2019 г. на водоемах Пермского края, таких как: р. Косьва (г. Губаха), Чёрмозский пруд (г. Чёрмоз), р. Большой Туй (с. Сенькино) и р. Кама, верхний участок Воткинского водохранилища в районе города Перми.

Было исследовано 4 вида рыб: щука, окунь, ёрш, судак. Всего было собранно и проверено на наличие личинок паразита 157 особей рыб.

Возраст рыб, исследованных в рамках данной работы, составлял от 2+ лет до 7+ лет, основную группу составляли особи 4+–7+ лет. Был произведён осмотр мышечных тканей и внутренних органов под бинокляром и подсчёт найденных цист. В результате неполного паразитического вскрытия было обнаружено 70 зараженных особей.

Во всех исследуемых водоемах нами были обнаружены зараженные особи рыб. Это может быть связано с тем, что вблизи всех водоемов располагались населенные пункты, из-за стоков канализации, при широком весеннем паводке и обильных дождевых смывах может происходить фекальное загрязнение водоемов. Таким образом, яйца паразита попадают в водоем для дальнейшего развития.

Основным местом локализации личинок в теле рыб была мышечная ткань по бокам туловища. Также у 60% зараженных особей личинки встречаются во внутренних органах.

Были рассчитаны количественные показатели зараженности личинками паразита рыб. В таблице 1 представлены данные, показывающие экстенсивность инвазии исследуемых рыб. Во всех водоемах процент заражённых рыб в выборках оказался максимальным у щуки.

Таблица 1 – Экстенсивность инвазии исследованных рыб личинками *Diphyllbothrium latum*, %

Вид рыбы	Место сбора материала			
	р. Косьва	Чёрморзкий пруд	р. Большой Туй	Воткинское в-ще
Судак	–	–	68,4	76,4
Окунь	28,6	–	85	28,8
Щука	–	75	100	–
Ёрш	55	–	–	–

В таблице 2 показана интенсивность инвазии рыб личинками *Diphyllbothrium latum*. По показателям интенсивности инвазии видно, что у щуки среднее число паразитов на одну зараженную особь значительно больше, нежели у других видов рыб в исследуемых нами водоемах.

Из показателей индекса обилия (таблица 3) видно, что у щуки среднее число паразитов, приходящихся на одну исследованную особь, выше, чем у других видов рыб в исследуемых водоемах, из чего мы можем сделать вывод, что щука в большей степени подвержена заражению данным паразитом.

Таблица 2 – Интенсивность инвазии исследованных рыб личинками *Diphyllbothrium latum*, экз.

Вид рыбы	Место сбора материала			
	р. Косьва	Чёрморзкий пруд	р. Большой Туй	Воткинское в-ще
Судак	–	–	4,3	4
Окунь	2,3	–	3	3,8
Щука	–	4,2	7,4	–
Ёрш	4	–	–	–

Таблица 3 – Индекс обилия личинок *Diphyllbothrium latum* в исследованных рыбах, экз.

Вид рыбы	Место сбора материала			
	р. Косьва	Чёрморзкий пруд	р. Большой Туй	Воткинское в-ще
Судак	–	–	2,9	3,1
Окунь	0,7	–	0,8	1,1
Щука	–	3,2	7,4	–
Ёрш	2,2	–	–	–

Следует отметить, что рыба, заражённая плероцеркоидами, имела нормальные биологические показатели для своего возраста и пола. Как мы можем заметить, заражённость исследованных рыб в Пермском крае высокая, полученные результаты подтверждают тот факт, что бассейн Камы является очагом дифиллоботриоза.

Библиографический список

1. Никонова Л.А. Дифиллоботриоз в бассейне Воткинского водохранилища и меры его профилактики // Автореферат диссертации и соискание ученой степени кандидата ветеринарных наук. 2009. – 18 с.
2. Головина Н.А., Стрелков Ю.А., Воронин В.Н., Головин П.П., Евдокимова Е.Б., Юхименко Л.Н. Ихтиопатология. М.: Мир. 2003. – 420 с.
3. Костарев Г.Ф. Паразиты и болезни рыб бассейна Средней Камы (в условиях загрязнения) – Пермь: Изд-во Пермского ун-та, 2003. – 91 с.

Воспроизводство стерляди *Acipenser ruthenus* на Югорском рыбноводном заводе

Д.Г. Валиева, магистрант 2 курса биологического факультета ПГНИУ
Научный руководитель – профессор *Н.И. Литвиненко*

В настоящее время одно из основных направлений развития товарной аквакультуры – индустриальные рыбноводные хозяйства, основанные на интенсивных методах выращивания в бассейнах, садках и прудах малой площади (не более 0,1 га), что позволяет более чётко осуществлять контроль и управление лимитирующими параметрами водной среды, режимом кормления и соответственно физиолого-биохимическим состоянием рыб [1].

При искусственном воспроизводстве осетровых в рыбноводных хозяйствах для созревания производителей применяют физиологический метод или метод гипофизарных инъекций. К этому методу в рыбноводстве независимо друг от друга пришли два исследователя: Иеринг (Ihering) в Бразилии – 1935 г. и Н.Л. Гербельский в СССР – в 1936 году [2].

Для стимуляции созревания производителей рыб используется гонадотропный гормон, вырабатываемый гипофизом и поступающим из гипофиза в кровь, вызывая созревание половых клеток.

В условиях рыбноводного хозяйства самки стерляди достигают половой зрелости в возрасте 3–4 лет, а самцы в 2–3 года. Для гормональной инъекции осетровым рыбам используют гипофиз осетра, карпа или лосося [2]. Для гормональной стимуляции полового созревания осетровых рыб применяют и синтетический препарат «Сурфагон», разработанный под руководством Б.Ф. Гончарова [3].

Научно-производственные работы проводились в АО «Югорский рыбноводный завод» в мае-июле 2019 г. Объектом исследований являлась стерлядь *Acipenser ruthenus* Linnaeus, 1758.

Технологическая схема заводского получения половых продуктов стерляди включала проведение зимовального, преднерестового содержания производителей, гормональную стимуляцию их созревания, прижизненное получение зрелых половых продуктов, осеменение и обесклеивание.

Степень готовности половых продуктов самок к гормональной стимуляции определяли с помощью метода ультразвуковых исследований (УЗИ).

Для заводского получения икры стерляди использованы производители от «заводского» ремонтно-маточного стада, выращенного в бассейнах завода с использованием системы замкнутого водоснабжения и производители, отловленные из естественных популяций.

Формирование, так называемого «заводского» ремонтно-маточного стада, начато из сеголетков стерляди иртышской популяции, завезённых на завод в 2013 г. К апрелю 2019 г. средняя масса «заводских» производителей составила 845 г.

Стерлядь естественных популяций отловлена в р. Обь на участке 1717–1722 км по лоцманской карте плавными сетями с ячейёй 40–45 мм в мае 2018 г. Лов стерляди на р. Иртыш (4–5 км, протоки р. Невлевая) осуществлён ставными сетями (ячейя 40–45 мм). Общее количество доставленной на завод стерляди 19 мая 2018 г. составило 10 экз. средней массой 391 г; 21 мая – 38 экз. средней массой 403 г; 23 мая – 53 экз. средней массой 360 г. Всего для получения половых продуктов отобран 101 экз.: 35 самок и 66 самцов.

Содержание стерляди Обь-Иртышского бассейна проводилось при температуре в пределах 17–20°C в течение 2018–2019 гг. В 2019 г. проводилась одна искусственная зимовка непосредственно перед получением половых продуктов, проведена при пониженной температуре воды 3–5°C в течение 1,5 месяца.

Инъекции производителей выполняли с помощью гонадотропного гормона сазана. Для самок применяли двукратное инъектирование: предварительное (на него приходилось 10 % от расчётной дозы) и разрешающее (через 12 часов после предварительного – 90 % расчётной дозы). Для самок из «заводского» ремонтно-маточного стада и из природных популяций количество гипофиза составляло 8 и 5 мг/кг соответственно, для самцов – 5 и 2,5 мг/кг веса тела рыбы. Температура воды при искусственной стимуляции полового созревания производителей как из «заводского» маточного стада, так и из природных популяций была 14,8°C; содержание растворённого кислорода – 9,8 мг/л.

Созревшую икру извлекали из тела самок прижизненным методом надрезания яйцеводов. Для обесклеивания икры использовали танин (5 г/10 л воды) с экспозицией отмывания 40–50 секунд.

Инкубацию икры от самок «заводской» стерляди проводили в аппаратах Вейса при температуре воды 16–18°C при плотности загрузки 25 тыс. икринок. Процент выклюнувшихся предличинок составил 35% от заложенной икры. Масса суточных предличинок в среднем была $0,030 \pm 0,0003$ г.

Инкубацию икры, полученной от стерляди Обь-Иртышского бассейна, выполняли в аппаратах «Осетр» при плотности загрузки 60 тыс. икринок и колебаниях температуры воды 16,0–18,2°C. Процент выклюнувшихся предличинок составил 55% от количества заложенной икры. Масса суточных предличинок в среднем была $0,030 \pm 0,0003$ г.

Предличинок стерляди до 43 стадии развития выдерживали в 12-ти круглых лотках площадью 1 м² с плотностью 16,7 тыс. экз. при колебаниях температуры воды от 16,4 до 18,1°C. Рециркуляция воды в них осуществлялась без использования биофильтров.

Подращивание личинок до массы 100 мг с использованием живых кормов выполняли в шести бассейнах ИЦА-2 (площадь 4 м²) с замкнутым водоснабжением при температуре воды 16,5–17,2°C. Начальная плотность посадки стерляди 5,6 тыс. экз./м². Вода в бассейнах с низким содержанием солей (сумма ионов 90–110 мг/л). Система биофильтров при кормлении живыми кормами отсутствовала. При кормлении молоди стартовыми искусственными кормами подключали систему биофильтров и пеноотделитель.

Для осетровых температурный оптимум при искусственном выращивании лежит пределах от 15 до 24°C, а кислородный оптимум в пределах 5–7 мг/л [4, 5].

В мае-июле 2019 года температурный режим воды в бассейнах был оптимальным для стерляди и держался в пределах от 15 до 18,5°C, в среднем $16,2 \pm 0,13$ °C.

Библиографический список

1. Матишов Г.Г., Матишов Д.Г., Пономарева Е.Н., Сорокина М.Н., Казарникова А.В., Коваленко М.В. Основы осетроводства в условиях замкнутого водообеспечения для фермерских хозяйств. Ростов-на-Дону: Изд-во ЮНЦ РАН, 2008. 112 с.

2. Гербильский Н.Л. Гормональная регуляция полового цикла рыб в связи с задачами воспроизводства рыбных запасов // Труды ВНИРО, т. 111, часть 1. 1975. С. 7–22.
3. Гончаров Б.Ф., Игумнова Л.В., Полупан И.С., Савельева Э.А. Сравнение действия синтетического аналога ганадотропин-рилизинг гормона и гипофизов осетровых рыб // Онтогенез, т. 22, вып. 5. 1991. С. 514–524.
4. Иванов А.П. Рыбоводство в естественных водоемах. М.: Агропромиздат, 1988. 367 с.
5. Чебанов М.С., Галич Е.В. Руководство по искусственному воспроизводству осетровых рыб. Анкара: ФАО, 2013. 325 с.

Зараженность карповых рыб метацеркариями *Opisthorchis felineus* (Rivolta, 1884) Blanchard, 1895 в различных водоемах Пермского края

К.О. Малышева, студентка 2 курса магистратуры биологического факультета ПГНИУ
Научный руководитель – д.б.н., проф. **Т. Н. Сивкова**

Одной из наиболее серьезных гельминтных патологий человека в нашей стране и за рубежом является описторхоз. Россия «держит первенство» по распространенности описторхоза, на её территории сосредоточено не менее 70% всех случаев этого опасного паразитарного заболевания. Если в организм человека попадёт значительное количество метацеркариев паразита, при употреблении сырой или плохо приготовленной рыбы, в течение 10–20 и более лет паразиты в состоянии причинить своему хозяину множество тяжелых патологий. Опасен не столько сам описторхоз, сколько те заболевания, которые с ним связаны или им инициированы [1].

Бассейн реки Камы выделяют в качестве одного из основных очагов описторхоза. Пермский край находится на четвертом месте по уровню заболеваемости людей среди регионов России [2]. При этом, исследования, посвященные описторхозу в Пермском крае, весьма немногочисленны. Требуется новые сведения о зараженности рыбы в пермских водоёмах для современной оценки ситуации по распространению паразита, вызывающего описторхоз. Целью данной работы было выявление очагов распространения описторхоза среди

водоемов, принадлежащих к Камскому и Воткинскому водохранилищам, а также учёт количественных показателей заражённости личинками *Opisthorchis felineus* различных видов карповых рыб.

Сбор материала для исследований проходил в период с 29.05.2019 г. по 14.07.2019 г. на следующих водоемах: Чёрмозский пруд г.Чёрмоз, р. Большой Туй с. Сенькино, р. Сылва пос. Сылва (водоёмы, принадлежащие к бассейну Камского водохранилища), р. Кама г. Краснокамск и р. Кама напротив Мотовилихинских заводов (бассейн Воткинского водохранилища). Было исследовано 206 экземпляров карповых рыб следующих видов: плотва, язь, синец, чехонь, лещ, густера, жерех, белоглазка. Для выявления метацеркарий *Opisthorchis felineus* использовали метод неполного паразитологического вскрытия. Подкожный слой мышц – основное место локализации метацеркарий описторхов, в котором обычно размещается 60–95% всех имеющихся в рыбе личинок [1]. Пробу мышечной ткани исследовали компрессионным методом, т. е. сдавливая исследуемую ткань между двумя стеклами (6×18 см), просматривали образец с помощью бинокля. Идентифицировали метацеркарии по внешним морфологическим признакам при помощи определителя. Важно отметить, что данный метод не дает гарантий точного определения вида паразита, поскольку в мышечной ткани могут находиться личинки других видов со схожей морфологией. Помимо этого, были определены показатели экстенсивности (ЭИ) и интенсивности инвазии (ИИ).

Результаты и обсуждение. Метацеркарии паразита с морфологией описторхид обнаружены во всех исследуемых водоёмах. Следует отметить, что заражённая рыба имела нормальные биологические показатели для своего возраста и пола. В исследуемых водоемах практически вся рыба оказалась зараженной, кроме одного экземпляра жереха, пойманного в реке Каме в черте г. Краснокамска. Остальные виды рыб во всех исследуемых водоемах имели 100% ЭИ. Максимальная ИИ зафиксирована во взрослом язье, пойманном в реке Каме в черте г. Краснокамска, и составила 520 метацеркариев. Лещи, пойманные в реке Сылве, также имеют высокий показатель ИИ по сравнению с лещами, пойманными в других водоемах, и другими рыбами. Наибольшее количество паразитов в плотве было обнаружено в Чёрмозском пруду и в р. Большой Туй. Густера имеет среднюю ИИ среди всех обследованных рыб. Высокий уровень инвазии был обнаружен у синца из р. Камы в черте г. Краснокамска, доходивший до 320 экз. Чехонь из Чермозского пруда имеет низкую интенсивность заражения – всего 6,4 экз., тогда как чехонь из р. Камы (г. Краснокамск)

имеет показатель выше среднего – 82,8 экз. (таблица 1). Следует отметить тенденцию к увеличению количества личинок паразита в мышцах с возрастом рыб.

Проведенные исследования показали высокий уровень зараженности рыб личинками с морфологией описторхисов в обоих исследованных водохранилищах. Река Кама на данном участке является очагом распространения описторхоза. Очаги присутствуют как на территории крупных городов, так и в районах сельских поселений. По-видимому, в выявленных водоемах-очагах сложились оптимальные условия для развития паразита на всех его жизненных стадиях. Постоянный сток хозяйственно-бытовых и поверхностных сточных вод обеспечивает попадание фекалий окончательного хозяина (человека или других рыбоядных млекопитающих) вместе с яйцами паразита в воду.

Таблица 1 – Интенсивность инвазии карповых рыб личинками описторхид, экземпляров паразита в одной пробе

	Чермоз-ский пруд	Р. Большой Туй	Р. Кама г. Красно-камск	Р. Кама г. Пермь	Р. Сытва
Плотва	80,8	86,8	48,2	10	–
Лещ	43,6	18,1	89,5	47,5	164
Густера	19	–	46,2	19,7	–
Синец	27	–	67	–	–
Чехонь	6,4	–	82,8	–	–
Язь	32	–	520	91	–
Белоглазка	–	–	–	10	–
Жерех	–	–	2	–	–

Библиографический список

1. Базр С.А. Биология возбудителя описторхоза. Москва, 2005. 336 с.
2. Николенко В.В. Особенности клинического течения описторхоза в Пермской области // Материалы научной сессии ПГМА. Сб. научных трудов. Пермь, 2005. С. 52–55.

Учет численности и массы рыб по траловым уловам на Угличском и Ивановском водохранилищах

И.Н. Мерзляков, студент 2-го курса магистратуры, биологического факультета ПГНИУ

Научный руководитель – к.б.н. *М.А. Бакланов*

Разработка прогноза вылова рыб в водохранилищах, как наиболее значимых в рыбном промысле континентальных водоемах, на основе количественного учета рыбного населения и его динамики, под воздействием биотических и абиотических факторов, остается одной из основных задач современной ихтиологии. Для экономической составляющей вопроса важно наиболее точно рассчитать численность эксплуатируемых стад, для использования их с максимальной выгодой, но без нарушения популяционной структуры [1, 2].

Цель работы – расчет численности рыб в Угличском и Ивановском водохранилищах на основании траловых уловов.

Угличское и Ивановское водохранилища – верхневолжские искусственные водоемы, расположенные на территории Московской, Ярославской и Тверской областей.

Научный лов рыб осуществлялся на водохранилищах с 1 по 14 августа 2019 г., что соответствует периоду нагула рыб, когда они не формируют высоких концентраций и распределены относительно равномерно в пределах водоема. Вылов производился пелагическим и донным тралами с научно-исследовательского судна (НИС) «Академик Топчиев», принадлежащего Институту биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН. Места лова были определены заранее и соответствовали требованиям, необходимым как для судового хода, так и для тралового лова.

На каждой станции осуществлялся вылов рыб пелагическим тралом (на двух горизонтах) и донным тралом. Время траления пелагическим тралом составляло приблизительно 9–11 минут, донным – 18–20 минут.

Были сделаны промеры основных биологических параметров (длина, масса, пол, стадия зрелости, возраст) для 11 видов, обитающих в Угличском и Ивановском водохранилищах и присутствовавших в уловах: лещ, чехонь, сом, плотва, жерех, густера, судак, берш, стерлядь, ерш и тюлька. Для 7 видов (лещ, судак, стерлядь, густера, тюлька, чехонь и сом) были сделаны расчеты по численности и массе. Для

оставшихся 4 видов (плотва, жерех, берш и ерш) расчеты не производились в виду незначительных уловов.

Принимая во внимание то, что данные были получены не в нерестовый период, а так же отсутствие статистических данных за прошлые годы по исследуемым водоемам, то для определения численности рыб был использован метод площадей. Суть данного метода заключается в том, что количество (или масса) рыбы, пойманной на определённой площади или в определенном объеме воды, относится ко всей площади (объему воды) водоема или его части, занятой скоплением рыбы [3].

Учитывая гидрологические особенности Угличского и Ивановского водохранилищ и биотопическую приуроченность рыб разного размера к различным условиям обитания, данные по численности и ихтиомассе особей, попадающих в траловые уловы рассчитывались на Угличском водохранилище на 64% площади (160 км²), а на Ивановском – 52% (170 км²).

На Угличском водохранилище в уловах донным тралом присутствовало 8 видов: лещ, стерлядь, судак, густера, сом, плотва, берш и чехонь. Расчет численности и биомассы оказался возможен лишь для первых 4 видов (таблица 1). В уловах пелагическим тралом присутствовало лишь 4 вида: лещ, тюлька, судак и чехонь. Из-за малочисленности чехони и леща расчеты для них не проведены.

Таблица 1 – Численность и масса рыб по траловым уловам 2019 г. в Угличском водохранилище

Вид	Донный трал		Пелагический трал	
	Численность, экз.	Масса, кг	Численность, экз.	Масса, кг
Лещ	874 170	361 219,4	–	–
Тюлька	–	–	12 166 258	20 641,9
Стерлядь	323 810	35 809,5	–	–
Судак	222 222	333 650,8	295 556	637,8
Густера	285 714	54 761,9	–	–

На Ивановском водохранилище в уловах донным тралом присутствовало 7 видов: лещ, судак, чехонь, сом, жерех, густера и берш. Расчет численности и массы оказался возможен лишь для первых 4 видов (таблица 2). В уловах пелагическим тралом присутствовало 5 видов: тюлька, судак, ерш, чехонь и жерех. В виду малочисленности ерша, чехони и жереха, расчеты для них не проводились. В отличие от

Углического водохранилища в уловах пелагическим тралом отсутствовал лещ.

По результатам расчетов на основании донных тралений для обоих водохранилищ преобладающим по численности и ихтиомассе является лещ. В Углическом водохранилище по численности за лещем идут стерлядь, густера и судак, а по массе – судак выходит на второе место, а густера на третье. В Ивановском водохранилище как по численности, так и по массе на втором месте находится чехонь, за ней следуют судак и сом.

На основании пелагических тралений для обоих водохранилищ по численности и ихтиомассе преобладает тюлька.

Полученные данные могут использоваться для выявления промыслового запаса, расчетов общих допустимых уловов (ОДУ) и установления промысловых квот в отношении промысловых видов рыб. Так же, они могут быть использованы для мониторинга состояния ихтиофауны водохранилищ.

Таблица 2 – Численность и масса рыб по траловым уловам 2019 г. в Ивановском водохранилище

Вид	Донный трал		Пелагический трал	
	Численность, экз.	Масса, кг	Численность, экз.	Масса, кг
Лещ	1 110 239	452 542,9	–	–
Тюлька	–	–	417 000 000	407 097,3
Судак	121 500	106 717,5	72 000	171
Чехонь	550 800	193 590	–	–
Сом	81 000	50 220	–	–

Библиографический список:

1. Китаев С.П. Ихтиомасса и рыбопродукция малых и средних озер и способы их определения. СПб: Наука. 1994. 176 с.
2. Дементьева Т.Ф. Биологическое обоснование промысловых прогнозов. М.: Пищ. пром. 1976. 240 с.
3. Котляр О.А. Методы рыбохозяйственных исследований (ихтиология) М.: Изд-во Дмитровского фил. АГТУ. 2004. 222 с.

Видовой состав насекомоядных и сопутствующая фауна мелких млекопитающих Березовского района

Н.А. Морозова, студентка 2 курса магистратуры биологического факультета ПГНИУ

Научный руководитель – к. б. н., доцент *Т. В. Фадеева*

Исследуемая территория расположена в юго-восточной части Пермского края. Рельеф территории Березовского района неоднороден, имеет карстово-суффозионный, увалистый характер с густой сетью логов, долин рек. Климат умеренно континентальный с большими колебаниями годовой и суточной температуры воздуха, с продолжительной снежной, холодной зимой и коротким тёплым летом. Лесные массивы Березовского района представлены первичными сосново-пихтовыми, пихтово-еловыми и вторичными осиново-липово-березовыми лесами. Богат подлесок и травяной покров, представленный лесными и степными видами растений [1].

Для отлова зверьков использовался метод ловчих канавок (30-метровые канавки с 3 цилиндрами). Ловчие металлические цилиндры были заменены на пластиковые сосуды в связи с легкостью эксплуатации последних.

Отловы проводились с мая по сентябрь 2019 г. в следующих биотопах: «поле», «мелколиственный лес у реки», «елово-мелколиственный лес», «елово-сосновый лес». Помимо канавок были установлены ловчие цилиндры, не соединенные между собой канавкой, в двух экотонах: «ивняк» и «молодые сосны».

Выявленные мелкие млекопитающие на территории Березовского района представлены 12 видами (всего было отловлено 102 особи). Среди них доля насекомоядных значительно выше (70,58 %), чем доля грызунов (29,42 %). По результатам отловов численность всех зверьков составила 19,62 экз. на 10 к/с (канавко-суток). Общая численность грызунов составляет 5,77 экз. на 10 к/с, а численность насекомоядных – 13,85 экз. на 10 к/с, из них численность бурозубок составила 13,66 экз. на 10 к/с (таблица1).

Результаты отловов показывают (рисунок 1), что доминантными видами на данной территории являются обыкновенная бурозубка (50 %)

и обыкновенная полевка (9,8 %), их численность составляет 9,81 и 1,92 экз. на 10 к/с соответственно (см. таблицу 1.). Содоминантные виды – средняя (7,84 %) и малая (6,86 %) бурозубки, а также рыжая полевка (7,84 %). Второстепенными видами являются равнозубая бурозубка (4,9 %), темная полевка (2,94 %) и лесная мышовка (2,94 %). Остальные виды можно отнести к малочисленным на данной территории, за исключением обыкновенного крота, поскольку поимка его может считаться случайной. Подобная структура населения является двухдоминантной [2].

Во всех исследуемых биотопах доминантом является обыкновенная бурозубка, и доля ее в отловах составляет от 32 до 77 %, за исключением биотопа «мелколиственный лес у реки», где доминантом является обыкновенная полевка (62,5 %), а обыкновенная бурозубка выступает в качестве содоминанта (25 %). В биотопах «ивняк» и «молодые сосны» (экотоны) доминирование обыкновенной бурозубки прослеживается особенно сильно и ее доля составляет 77 и 67 % соответственно. Среди видов рода Бурозубки (*Sorex*) обыкновенная бурозубка является самым многочисленным, ее доля в отловах значительно выше (71,83 %). Остальные виды распределены примерно в равных долях и составляют каждый около 10 %.

Таблица 1 – Видовой состав мелких млекопитающих Березовского района (2019 г.)

№	Вид	Всего	Экз. на 10 к/с
1	<i>Sorex araneus</i> Linnaeus, 1758	51	9,81
2	<i>Sorex isodon</i> Turov, 1924	5	0,96
3	<i>Sorex caecutiens</i> Laxmann, 1788	8	1,54
4	<i>Sorex minutus</i> Linnaeus, 1766	7	1,35
5	<i>Talpa europaea</i> Linnaeus, 1758	1	0,19
6	<i>Microtus agrestis</i> Linnaeus, 1761	3	0,58
7	<i>Microtus arvalis</i> Pallas, 1778	10	1,92
8	<i>Clethrionomys glareolus</i> Schreber, 1780	8	1,54
9	<i>Sicista betulina</i> Pallas, 1779	3	0,58
10	<i>Micromys minutus</i> Pallas, 1771	2	0,38
11	<i>Apodemus</i> cf. <i>sylvaticus</i> Linnaeus, 1758	1	0,19
12	<i>Apodemus uralensis</i> Pallas, 1811	2	0,39
13	<i>Apodemus</i> ex. gr. <i>uralensis</i> - <i>sylvaticus</i>	1	0,19
Всего:		102	19,62

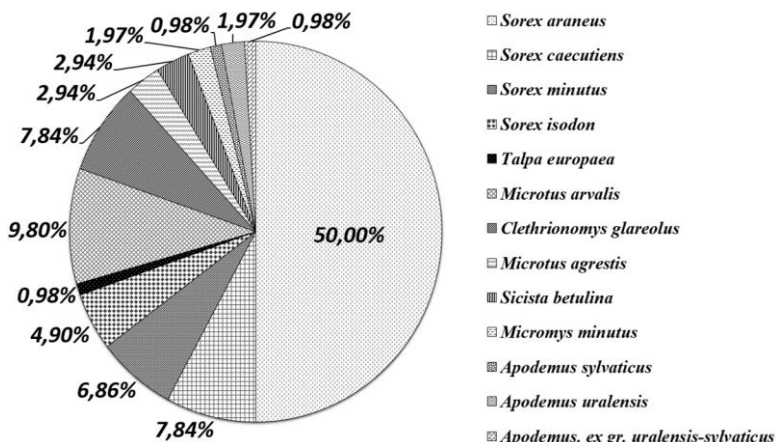


Рис. 1. Соотношение видов мелких млекопитающих на территории Березовского района (2019 г.)

Таблица 2 – Показатели видового разнообразия сообществ мелких млекопитающих Березовского района

Биотоп	Индексы								
	c	D	E	\bar{H}	e	μ	h	DMg	d
П	0,39	2,56	0,64	1,11	0,80	3,43	0,14	2,39	0,56
Е	0,24	4,17	0,83	1,48	0,92	4,62	0,08	2,98	0,32
МЛ	0,47	2,13	0,71	0,90	0,82	2,70	0,10	2,21	0,62
ЕМЛ	0,31	3,23	0,54	1,47	0,82	5,14	0,14	4,36	0,50
И(э)	0,61	1,64	0,41	0,79	0,57	2,92	0,27	2,69	0,77
ЕСЛ	0,26	3,85	0,48	1,70	0,82	6,73	0,16	5,95	0,47
МС(э)	0,48	2,08	0,42	1,09	0,68	3,87	0,23	3,71	0,67

Примечание: П – «поле»; Е – «сельник»; МЛ – «мелколиственный лес у реки»; ЕМЛ – «слово-мелколиственный лес»; И(э) – «ивняк» (экотон); ЕСЛ – «слово-сосновый лес»; МС(э) – «молодые сосны» (экотон).

При помощи данных о количестве видов и числе особей каждого вида в биотопе были рассчитаны следующие индексы: индекс доминирования Симпсона (с), индекс разнообразия Симпсона (D), индекс выравненности Симпсона (E), индекс разнообразия Шеннона (\bar{H}), индекс выравненности Шеннона-Пиелу (e), индекс Животовского

(среднее число видов, μ), показатель доли редких видов Животовского (h), индекс видового богатства Маргалефа (Dm_g), индекс Бергера-Паркера (d) (таблица 2).

Таким образом, согласно этим индексам биотопы «мелколиственный лес у реки», «ивняк» (экотон) и «молодые сосны» (экотон) отличаются самым низким разнообразием среди всех, поскольку в них есть виды-доминанты. В биотопах «ельник» и «елово-сосновый лес» степень доминирования принимает самое низкое значение, при этом данные биотопы отличаются значительным разнообразием в отличие от остальных.

Библиографический список

1. Край мой березовый: (К 80-летию Березовского района) / Ред.-сост. С. М. Барков. Пермь: ООО «Раритет-Пермь», 2004. 240 с.

2. Наумов Н. П. Изучение подвижности и численности мелких млекопитающих с помощью ловчих канавок // Вопросы краевой, общей и экспериментальной паразитологии и медицинской зоологии. М.: АМН СССР, 1955. Т. 9. С. 179–202

Влияние промысла на Воткинском водохранилище на структуру стада наиболее массовых видов рыб

С.К. Москаленко, студентка 2 курса магистратуры биологического факультета ПГНИУ

Научный руководитель – к.б.н., доцент ***Н.В. Костицына***

С начала эксплуатации Воткинского водохранилища на нём осуществляется активный промысел. В связи с этим на водохранилище проводили многочисленные исследования, на основании которых устанавливали общие допустимые уловы (ОДУ) на водные биоресурсы [1].

Целью статьи является анализ динамики возрастной структуры выборок наиболее часто встречающихся в промысловых уловах рыб в разные годы в связи с динамикой лова.

Автор принимал участие в комплексной экспедиции ПермНИРО в августе 2019 г. в рамках сбора материала для отчета «Материалы, обосновывающие общие допустимые уловы (ОДУ) водных биологических ресурсов на 2021 год...» [2].

На Воткинском водохранилище общее допустимый улов устанавливается на следующие виды: лещ, судак, щука, сом и стерлядь (таблица 1). На стерлядь ОДУ устанавливается только в последние годы и ведется лишь прогнозирование, так как до 2018 г. стерлядь Воткинского водохранилища была занесена в Красную Книгу Пермского края. Из видов, на которые не устанавливается ОДУ, доминирующими по массе являются: чехонь, плотва и жерех.

Таблица 1 – Динамика уловов основных промысловых видов рыб на Воткинском водохранилище, тонны

Вид рыбы	Год								ИТОГО
	2006	2007	2008	2009	2010	2013	2018	2019	
Виды, по которым определяется ОДУ									
Лещ	115	81	91	92	144	199	146	178	1047
Судак	11	10	13	16	21	41	47	52	211
Щука	2	1	4	2	7	1	18	17	54
Сом	4	4	4	5	7	8	7	9	48
Всего	133	96	111	116	179	250	219	256	1359

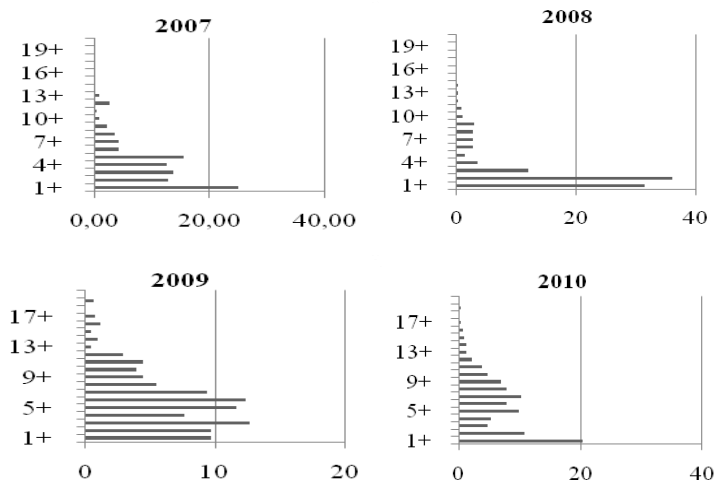


Рис. 1. Возрастные пирамиды уловов леща 2007–2010 гг., в % от численности

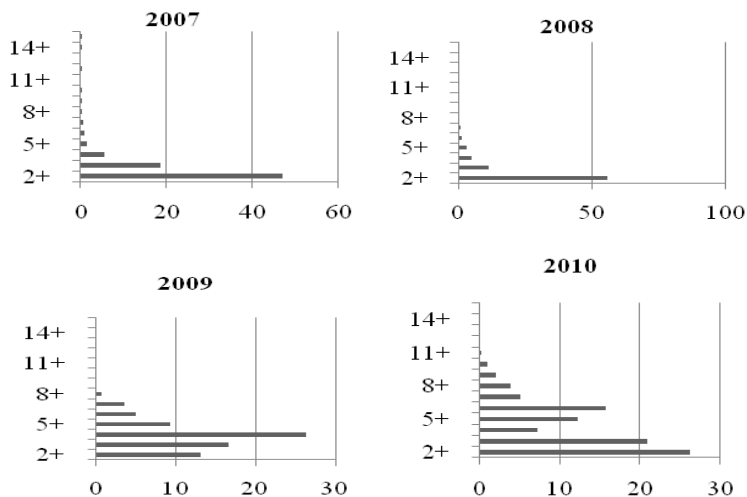


Рис. 2. Возрастные пирамиды уловов судака 2007–2010 гг., в % от численности

Увеличение промысла произошло по большинству видов с 2006 по 2019 гг., так, промысел судака увеличился в 5 раз, щуки – в 9 раз, сома – в 2 раза [1, 2]. Основа промысла – лещ. Его вылов вырос в 2 раза с 2006 по 2019 гг.

На рисунке 1 представлены возрастные пирамиды выборок леща, которые хорошо отражают возрастную структуру промыслового стада рыб, так как вылов проводили с использованием сетей с максимально широким разнообразием ячеи, и, как следствие, в уловах были представлены рыбы практически всех возрастных групп, начиная с 1+ лет. Возрастные пирамиды выборок рыб 2007–2010 годов, когда происходило увеличение промысла леща, отвечают возрастной структуре растущей или устойчивой по численности популяции. В уловах 2019 г. присутствуют рыбы возрастных групп с 0+ до 19+ лет, причем наиболее многочисленными являются особи младших возрастных групп, следовательно, промысел в рамках установленных ОДУ не наносит ущерб промысловому стаду леща в Воткинском водохранилище. Такую же картину мы наблюдаем у судака (рисунок 2).

Таким образом, можно утверждать, что при данном уровне промысла на Воткинском водохранилище сохраняется нормальная структура стада рыб, их запасы не подрываются.

Библиографический список

1. Биологическое обоснование к прогнозу вылова на 2012 год в основных рыбохозяйственных водоемах Пермского края и в Удмуртском секторе Воткинского водохранилища [Электронный ресурс]. URL:[http://prioda.permkrai.ru/files/file/perm_odu_i_vu.pdf](http://priroda.permkrai.ru/files/file/perm_odu_i_vu.pdf) (дата обращения: 28.05.2020).
2. Общественные слушания. ПермНИРО [Электронный ресурс]. URL:<http://perm.vniro.ru/ru/ob-slush> (дата обращения: 28.05.2020).

Распространение и некоторые популяционные характеристики бычка-кругляка в р. Кама

А.В. Скокло, студент 2 курса магистратуры биологического факультета ПГНИУ

Научный руководитель – к.б.н., доцент *С. Э. Коротаяева*

В конце XX в. отмечено усиление инвазий рыб в бассейне р. Волги. Они приобрели характер массовой взрывной экспансии, особенно для представителей семейства *Gobiidae* [1]. Этот процесс в значительной мере связан с зарегулированием стока крупных рек. При создании водохранилищ значительно снизились скорости течения, увеличилась теплоёмкость водных масс, повысилась минерализация и значительно возросла гетерогенность среды. Одним из успешных видов-вселенцев из семейства *Gobiidae* является бычок-кругляк *Neogobius melanostomus*, Pallas, 1814, автохтон и эндемик понто-каспийского фаунистического комплекса [2]. Природный ареал кругляка располагается в прибрежной зоне Мраморного, Черного, Азовского и Каспийского морей, впадающих в них рек и водоемах речных систем. Проникновение происходило путём случайного переселения при проведении работ по акклиматизации различных гидробионтов, при переносе икры и молоди с балластными водами и на днищах судов [2].

В низовье р. Камы впервые одиночные экземпляры бычка-кругляка были обнаружены в 2002 г. в районе Усть-Бельска. В бассейне средней Камы бычок-кругляк впервые отмечен в 2003 г. В 2011 г. бычок-кругляк стал обычным видом в Воткинском водохранилище [3]. Наблюдения 2012 г. установили границу распространения бычка-кругляка в Каме – чуть ниже шлюзов КамГЭС [3].

В 2019 г. автором в результате контрольных обловов и опроса местного населения был подтвержден факт отсутствия этого вида в

Камском водохранилище р. Кама выше шлюзов КамГЭС. Также были исследованы некоторые участки р. Чусовой со специфическим биотопами и установлено отсутствие бычка-кругляка в этой зоне.

Для мониторинга популяционных показателей автором было отловлено 150 экз. бычка-кругляка в Воткинском водохранилище. Лов производился с 6 июня по 30 августа 2019 г. Обработка материала производилась по стандартным методикам.

Размерные и возрастные характеристики популяций бычка-кругляка в зоне инвазии являются важным показателем состояния вида. Изучение этих характеристик необходимо для контроля распространения и прогнозирования потенциальных рисков, связанных с увеличением численности инвазионного вида [4].

В нативном ареале бычок-кругляк достигал длины 200 мм и массы до 100 г. Более поздние исследования демонстрируют некоторое уменьшение размеров. В бассейне р. Кама, являющейся северной границей инвазионного ареала, бычок-кругляк характеризовался небольшими размерами (таблица 1).

Таблица 1 – Размерный состав популяций бычка-кругляка разных мест обитания по данным уловов (l, мм)

Водоем, дата сборов	Линейные размеры (l, мм)	Автор
Куйбышевское в-ще, 2003-2005	77-157	Шемонаев, 2006
Гданьский залив, 2006	85-205	Sokołowska, Fey, 2011
Азовское море, 2010	51-170	Александрова, Корнакова, 2014
Trent River, 2010	43-135	Brownscombe, Fox, 2012
Керченский пролив, 2014	51-147	Милованов, 2019
Воткинское в-ще, 2011	40-82	Шагалыева, 2012
Воткинское в-ще, 2013	32-106	Шагалыева, 2014
Воткинское в-ще, 2019	38-125	данные автора

Малые линейные размеры согласуются с гипотезами о механизме расселения в результате внутривидовой конкуренции, при которой наиболее крупные особи вытесняют мелких из предпочитаемых биотопов, и именно эти не крупные экземпляры обеспечивают расселение вида [4]. При сравнении линейных размеров в выборках Воткинского в-ща разных лет, можно отметить увеличение максимальных размеров: от 82 мм (2012) до 125 (2019). В уловах

доминируют половозрелые бычки размером от 51 мм до 65 мм, (52 экз. или 36,4%). Крупные особи, более 110 мм, представлены всего 6 экз. (4,2 %).

Одним из признаков успешной инвазии считается расширение возрастного ряда [5]. В естественном ареале представлены особи в возрасте 5+ лет и более. Для Воткинского водохранилища отмечен самый короткий возрастной ряд, что может быть связано со сравнительно недавним вселением бычка-кругляка в водоемы с суровыми климатическими условиями. В уловах 2019 г. впервые обнаружен бычок-кругляк в возрасте 5+ лет (самец, 125 мм). Доминируют в уловах особи младших возрастных групп (1+ и 2+ лет), что типично для короткоцикловых видов (таблица 2).

Таблица 2 – Возрастной состав выборок бычка-кругляка Воткинского водохранилища (%)

Год сборов, автор,	Возрастные группы, лет					Число экз.
	1+	2+	3+	4+	5+	
2011, Шагалыева	34,6	46,2	19,2	-	-	52
2013, Шагалыева	32,1	45,5	18,1	3,0	-	299
2019, Скокло	22,0	57,5	16,3	3,5	0,7	141

Таким образом, за 5 лет не произошло расселения бычка кругляка выше по течению р. Камы. Расширение размерного и возрастного рядов свидетельствуют о благоприятных условиях для существования вида. Значительная доля в уловах половозрелых трехлеток (2+ лет) предполагает успешное увеличение численности бычка-кругляка в Воткинском водохранилище.

Библиографический список

1. Слынько Ю.В. и др. Инвазии чужеродных рыб в бассейнах крупнейших рек Понто-Каспийского бассейна: состав, векторы, инвазионные пути и темпы // Российский журнал биологических инвазий. 2010. Вып. 4. С. 74–89.
2. Москалькова К.И. Экологические и морфофизиологические предпосылки к расширению ареала у бычка-кругляка *Neogobius melanostomus* в условиях антропогенного загрязнения водоемов // Вопросы ихтиологии. 1996. Т. 36. С. 615–621.

3. Шагальева С.Р., Коротаева С.Э. Бычок-кругляк (*Neogobius melanostomus*) – аутоакклиматизант бассейна Средней Камы // Рыбные ресурсы Камско-уральского региона и их рациональное использование. Пермь. 2013. С. 80–84.

4. Brownscombe J., Fox M. Range expansion dynamics of the invasive round goby (*Neogobius melanostomus*) in a river system // Aquatic Ecology. 2012. Vol. 46, № 2. P. 175–189.

5. Sokołowska E., Fey D. Age and growth of the round goby *Neogobius melanostomus* in the Gulf of Gdansk several years after invasion. Is the Baltic Sea a new Promised Land? // J. of fish Biology. Vol. 78. P. 1993–2009.

Характеристика изменчивости сетей пауков-кругопрядов *Mangora acalypha* (Walckenaer, 1802) и *Cyclosa conica* (Pallas, 1772) (Aranei, Araneidae)

А.Л. Устинова, студент 4 курса биологического факультета ПГНИУ
Научный руководитель – старший преподаватель *А.В. Тиунов*

Пауки-кругопряды (Araneidae Clerck, 1757) используют колесовидные сети для ловли добычи. Структурно сети кругопрядов всегда имеют одинаковую конструкцию, а все видовые отличия заключаются в количественных параметрах отдельных элементов. Если учесть, что строительство сетей является генетически запрограммированным поведенческим актом, то становится понятно, что отклонения от общей схемы – скорее результат влияния внешних факторов [1]. Это делает изучение сетей интересным не только с точки зрения таксономии, но и как потенциальных объектов биоиндикации (тем более что сети обладают множеством легко формализуемых параметров).

Для удобства анализа и формализации данных о строении сетей В.П. Тыщенко [2] предложил использовать метод эталонных сетей. Суть этого метода заключается в измерении стандартного набора параметров 20 сетей одной географической популяции и последующей статистической обработке этих данных.

Целью данной работы было проанализировать строение ловчих сетей двух видов пауков-кругопрядов, используя как стандартные промеры, так и методы геометрической морфометрии – достаточно нового подхода, основанного на анализе формы биологических

объектов как конфигураций гомологичных опорных точек (ландмарок) в двумерном пространстве [3].

Материал, использованный в исследовании, был собран в период с 30 июня по 17 июля 2019 года в Государственном природном Троицком комплексном заказнике (Троицкий р-н Челябинской обл.). Сети фотографировались вместе с линейкой, фиксировались также основные параметры сети по Тыщенко [2]. Для определения пауки помещались в пробирки с 75% этанолом. Всего были проанализированы 39 сетей половозрелых самок *Mangora acalypha* и 79 сетей *Cyclosa conica*. Расстановка опорных точек производилась в программе tpsDig 32.2. На каждом снимке было расставлено по 24 опорных точки по контуру ловчей зоны сети (рис. 1.1) с помощью радиального шаблона, одна из линий которого совмещалась с крайней левой нитью-якорем для обеспечения гомологичности расстановки точек, либо (14 экземпляров *C. conica*) со стабилизатором, и 1 точка в центре сети. Решение сделать два варианта расстановки опорных точек объясняется тем, что пока не разработан единый принцип их расстановки для ловчих сетей пауков. Подобная схема – попытка гомологизировать структуры сетей для анализа и выявить, существуют ли значимые различия при различной расстановке точек.

Обработка и анализ данных производилась в программах tpsUtil32, tpsrelw32 и PAST 3.26. Для выравнивания конфигураций опорных точек применялось Прокрустово преобразование. Т.к. при первичной проверке данных на соответствие нормальному распределению (тест Шапиро-Уилка) некоторые переменные показали значимое отличие от нормального распределения, были использованы непараметрические методы статистики. Усредненные параметры сетей приведены в таблице 1.

Таблица 1. Параметры сетей *C. conica* и *M. acalypha*.

	<i>C. conica</i>	<i>M. acalypha</i>
Количество нитей-радиусов	48±9	46±9
Количество ловчих нитей	25±6	33±9
Расстояние от поверхности почвы до нижнего края сети	81±36.22	63±23.84
Угол наклона относительно поверхности почвы	81±6.65	67±14.78
Средняя площадь сети	172.07±14.25	96.37±46.05

Площадь, описываемая внутренним контуром сетей, обладает меньшим размахом изменчивости, чем площадь внешнего контура (рис. 1.1,2). Полученные нами данные по числу радиусов и углу наклона сети относительно горизонта у *S. conica* не имеют отличий при уровне значимости $p < 0.05$ с данными по Томской популяции [1] (одновыборочный критерий Вилкоксона, $W = 2522.5$ и $W = 2561.5$ соответственно). По данным Герберта Леви [4] среднее количество радиусов в сети американских *S. conica* составляет 40-50, что также согласуется с нашими данными. Это позволяет заключить, что данные показатели являются специфичными для вида. Значимая разница в расстоянии от нижнего края сети до поверхности почвы ($W = 3081$) может объясняться различиями в структуре растительности.

При сравнении наших данных по числу радиусов и количеству ловчих нитей *M. acalypha* с данными по популяции Лагодехского заповедника [5], были обнаружены значимые различия ($W = 679$ и $W = 780$ соответственно).

Количество радиусов и площадь ловчей зоны связаны слабой корреляционной зависимостью (коэффициент Спирмена, *M. acalypha*: $r_s = 0.44$, *S. conica*: $r_s = 0.23$, при $p < 0.05$). При этом зависимость не является линейной, наибольшее значение коэффициента детерминации ($R^2 = 0.26$, $p < 0.05$) достигается при аппроксимации квадратным уравнением (рис. 1.3). Можно предположить, что такая форма линии регрессии может быть объяснена доступностью пищи: паук варьирует размер сети в зависимости от количества пищевых ресурсов и баланса между уловистостью сети и затратами энергии на постройку сети за счет увеличения или уменьшения внешнего контура ловчей зоны.

Количество радиусов и количество ловчих нитей также связаны слабой корреляционной зависимостью (*M. acalypha*: $r_s = 0.69$, *S. conica*: $r_s = 0.56$).

Усредненный контур сетей обоих видов близок к правильному кругу (рис. 1.1, 2), разброс точек внутреннего контура меньше, чем внешнего – возможно из-за того, что внешний контур чаще подвержен повреждениям. Точки, сильно отклоняющиеся от среднего значения, соответствуют экземплярам с поврежденной ловчей зоной.

Анализ главных компонент (PCA) показывает достаточно гомогенное распределение конфигураций опорных точек (рис. 1.4). При этом первая главная компонента соответствует растяжению деформационной решетки по диагонали и по-видимому является

афинной, отражая погрешности при съемке (т.к. параллельность плоскости сенсора фотокамеры плоскости сети выставлялась на глаз), вторая главная компонента – изменение площади верхней части сети, что подтверждает данные о большей изменчивости верхней части сети, приведенные по популяциям Томской области [1]. При этом точки, лежащие далеко от центра скопления – образцы либо с повреждениями ловчей сети, либо с провисающей сетью. При этом анализ главных компонент не находит различий между формой ловчей зоны сети как разных видов, так и одного и того же вида с разной логикой расстановки точек. Это может быть объяснено тем, что форма ловчей зоны изученных видов кругопрядов приближена к правильному кругу, что делает её наиболее эффективным орудием лова при наименьших затратах энергии. В свете этого, применение методов геометрической морфометрии для анализа изменчивости формы ловчих сетей, хоть и выглядит привлекательным, требует дальнейшего поиска методов гомологизации основных структур. Это осложняется значительной вариабельностью таких важных элементов сети, как нити-радиусы.

Библиографический список

1. Карташев А.Г., Карташева А.А. Структура ловчих сетей пауков-кругопрядов: моногр. Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2009. 120 с.
2. Тыщенко В.П. Ловчие сети пауков-кругопрядов. 1. Обоснование метода эталонных сетей на примере двух видов рода *Araneus* // Зоологический журнал. 1984. Том 63, № 6. С. 839–847
3. Васильев А. Г., Васильева И.А., Шкурихин А. О. Геометрическая морфометрия: от теории к практике. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2018. 471 с.
4. Dondale C.D., Redner J.H., Paquin P., Levi H.W., 2003. The insects and arachnids of Canada. Part 23. The orb-weaving spiders of Canada and Alaska (Araneae: Uloboridae, Tetragnathidae, Araneidae, Theridiosomatidae). NRC Research Press, Ottawa, 371 pp.
5. Марусик Ю.М. Сравнительное изучение сетей пауков-кругопрядов (*Aranei*, *Araneidae*, *Tetragnathidae*, *Uloboridae*) Лагодехского заповедника // Вестник зоологии. 1987. № 3. С. 83–86.

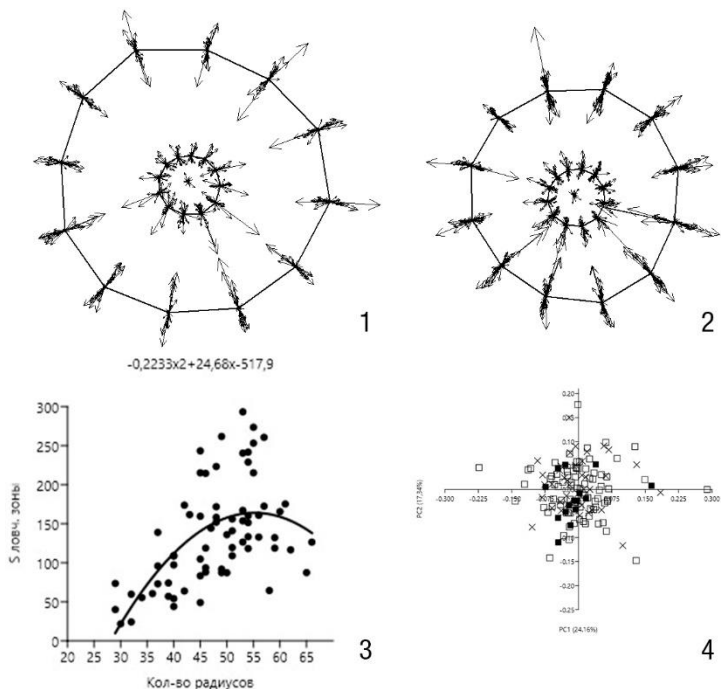


Рис. 1. 1, 2– средние (consensus) значения и разброс опорных точек, описывающих форму сети (1– *M. acalypha*, 2 – *C. conica*); 3 – зависимость между площадью ловчей зоны и количеством радиусов сети *C. conica*; 4 – биplot главных компонент (PCA) изменчивости формы сетей: крестик – *M. acalypha*, квадрат без заливки – *C. conica* (без учета стабилимента), квадрат с заливкой – *C. conica* (расстановка опорных точек с учетом стабилимента).

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
-------------------	---

Секция «Ботаника, генетика и экология растений»

<i>Нехороших Е.В.</i> Молекулярно-генетический анализ популяций плотвы обыкновенной (<i>Rutilus rutilus</i> L.) на территории Пермского края.	4
<i>Патракова Д.В.</i> Биоразнообразии макромицетов на ООПТ «Осинская лесная дача».	7
<i>Пинаева Ю.Ю., Бельтюкова Н.Н., Сбоева Я.В., Султангазина Г.Ж., Бейшова И.С., Ульянов В.А., Бейшов Р.С.</i> Молекулярно-генетический анализ редкого вида <i>растений Pulsatilla flavescens</i> (Zucc.) Juz. Северного Казахстана.	13
<i>Сафонова Т.А.</i> Анализ генетического разнообразия клонов черники обыкновенной (<i>Vaccinium myrtillus</i> L.) в ООПТ «Сосновый бор» на основании полиморфизма межмикросателлитных маркеров.	16
<i>Сердюк В.А.</i> Биоразнообразии водорослей в районах воздействия галитовых отходов Пермского края.	19
<i>Тиунов Д.Н.</i> Влияние инвазии борщевика Сосновского на биоразнообразии сосудистых растений ООПТ «Липовая гора» города Перми.	22
<i>Чугайнова А.С.</i> Биоразнообразии опылителей <i>Syringa</i> L. на территории учебного ботанического сада им. профессора А.Г. Генкеля ПГНИУ и сквера г. Перми.	25
<i>Ярома А.В.</i> Биоразнообразии макромицетов ООПТ «Липовая гора».	29

Секция «Экофизиология растений и экология почв»

<i>Боталова К.И., Ваньшева Н.Д.</i> Накопление Na^+ , K^+ , Ca^{2+} в <i>Triticum aestivum</i> L., <i>Secale cereale</i> L. и <i>Pisum sativum</i> L. при изменении реакции почвенной среды.	35
<i>Ибраева К.Р.</i> Органическое вещество почв и техногенных поверхностных образований зоны многоэтажной застройки Индустриального района г. Перми.	38

<i>Кайгородова А.М.</i> Содержание фенольных соединений в некоторых видах биологически активных кормовых трав.	41
<i>Куприна А.С.</i> Содержание низкомолекулярных антиоксидантов в растениях в условиях техногенного засоления.	44
<i>Лучникова К.И.</i> Динамика активности каталазы у овса посевного в условиях засоления и разных уровней рН корневой среды.	48
<i>Мошева В.А.</i> Динамика содержания аскорбиновой кислоты у овса посевного при воздействии засоления и рН-уровня корневой среды.	52
<i>Правкова А.А., Боталова К.И.</i> Динамика каталазной активности в листьях пшеницы обыкновенной и ржи посевной при кислотном и щелочном стрессе.	56
<i>Сапцын Р.В., Халилов Р.И., Федотов С.В., Алимова Г.С.</i> К вопросу о содержании радионуклидов в почвах фитоценозов и речных долин Тобольского и Вагайского районов Тюменской области.	60
<i>Сомова А.А., Боталова К.И.</i> Влияние рН почвы на пероксидазную активность в листьях гороха.	66
<i>Сюткина Д.А.</i> Содержание кальция и магния у растений в условиях вторичного засоления почв.	69
<i>Фаткуллина А.З.</i> Устойчивость техногенных поверхностных образований к загрязнению свинцом и кадмием на начальных стадиях городского почвообразования.	74

Секция «Микробиология и биотехнология»

<i>Варушкина А.М., Куюкина М.С.</i> Подбор условий электротрансформации родококков с использованием транспозомы EZ-Tn5™ <KAN-2>Tnp	78
<i>Глебов Г.Г., Куюкина М.С.</i> Исследование влияния наночастиц никеля на шероховатость клеточной стенки родококков с помощью зондовой микроскопии.	81

<i>Гольшиева А.А., Тищенко А.В., Ившина И.Б.</i> Адаптивные реакции диетций и родококков на воздействие солей тяжёлых металлов.	85
<i>Кандакова А.С.</i> Гидрохимическое исследование грунтовых и проточных вод, используемых для выделения бактерий-нефтедеструкторов.	88
<i>Макарова М.В., Куюкина М.С.</i> Корреляционные изменения дзета-потенциала родококков в зависимости от полидисперсности воздействующих наночастиц металлов. ...	91
<i>Мальцева П.Ю., Лучникова Н.А., Ившина И.Б.</i> Особенности биоконверсии пентациклического тритерпеноида олеаноловой кислоты с использованием актинобактерий <i>Rhodococcus opacus</i> ИЭГМ 488 и <i>Rhodococcus rhodochrous</i> ИЭГМ 66.	95
<i>Попов Л.А., Елькин А.А.</i> Определение десульфуризирующей активности штамма <i>Rhodococcus qingshengii</i> IEGM 1359 при разных условиях культивирования.	99
<i>Шилова В.А., Криворучко А.В.</i> Биодegradация дизельного топлива актинобактериями рода <i>Rhodococcus</i>	103

Секция «Фундаментальная и прикладная медицина, физиология человека, иммунология»

<i>Кадочникова Я.А.</i> Иммуномодулирующие эффекты эндоморфина 1 в отношении моноцитов и нейтрофилов периферической крови.	107
<i>Калашикова Т.В.</i> Технология синтеза альбуминовых наночастиц.	110
<i>Карнаухова А.В.</i> Роль β -адренорецепторов в регуляции функций клеток врожденного иммунитета при холодном стрессе.	112
<i>Орлова Д.А.</i> Роль МП-4 в регуляции антителогенеза, микробицидной активности при иммобилизационном стрессе..	115
<i>Ужвиюк С.В., Тимганова В.П., Бочкова М.С., Заморина С.А.</i> Изучение роли хорионического гонадотропина в регуляции интерлейкин-17-продуцирующих Т-хелперов.	118

Федорова К.И., Заморина С.А., Шардина К.Ю., Тимганова В.П., Бочкова М.С., Нечаев А.И., Храпцов П.В. Самостоятельный эффект оксида графена и пегилированного оксида графена на люминол-зависимую хемилюминесценцию в экспериментальной бесклеточной модели с перекисью водорода.	121
---	-----

Секция «Зоология»

Бразевич В.А. Заражённость рыб плероцеркоидами <i>Diphyllobothrium latum</i> в различных водоемах Пермского края.	125
---	-----

Валиева Д.Г. Воспроизводство стерляди <i>Acipenser ruthenus</i> на Югорском рыбоводном заводе.	128
--	-----

Мальшева К.О. Заражённость карповых рыб метацеркариями <i>Opisthorchis felineus</i> (Rivolta, 1884) Blanchard, 1895 в различных водоемах Пермского края.	131
--	-----

Мерзляков И.Н. Учет численности и массы рыб по траловым уловам на Угличском и Иваньковском водохранилищах.	134
--	-----

Морозова Н.А. Видовой состав насекомоядных и сопутствующая фауна мелких млекопитающих Березовского района.	137
--	-----

Москаленко С.К. Влияние промысла на Воткинском водохранилище на структуру стада наиболее массовых видов рыб.	140
--	-----

Скоклов А.В. Распространение и некоторые популяционные характеристики бычка-кругляка в р. Кама.	143
---	-----

Устинова А.Л. Характеристика изменчивости сетей пауков-кругопрядов <i>Mangora acalypha</i> (Walckenaer, 1802) и <i>Cyclosa conica</i> (Pallas, 1772) (Aranei, Araneidae).	146
---	-----

Научное издание

**Фундаментальные и прикладные исследования
в биологии и экологии**

Материалы региональной студенческой
научной конференции с международным участием

Публикуется в авторской редакции
Компьютерная верстка *А. Б. Крашенинникова*

Подписано в печать 06.11.2020. Формат 60×84¹/₁₆.
Усл. печ. л. 9,01. Тираж 100 экз. Заказ № 27.

Издательский центр
Пермского государственного
национального исследовательского университета
614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15

Отпечатано в ООО Учебный центр “Информатика”
614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15

