

ISSN 2311-1402

НИЖНЕВАРТОВСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО
УНИВЕРСИТЕТА



БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

2/2019

В

е
с

т

н

и

к





СОДЕРЖАНИЕ

ЭКОЛОГИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ, РАСТЕНИЙ

Андреева И.С., Сафатов А.С., Пучкова Л.И., Емельянова Е.К., Буряк Г.А., Олькин С.Е., Резникова И.К., Охлопкова О.В.
КУЛЬТИВИРУЕМЫЕ МИКРООРГАНИЗМЫ В ВЫСОТНЫХ ПРОБАХ АЭРОЗОЛЕЙ ВОЗДУХА СЕВЕРА СИБИРИ В ХОДЕ САМОЛЕТНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ АТМОСФЕРЫ3

Егузова Е.Ю., Шарипова М.Ю., Абдуллин Ш.Р.
ИЗУЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ТРЕХ ШТАММОВ ЦИАНОБАКТЕРИЙ *NOSTOC CF. PUNCTIFORME VAUCH*11

Алвердиева С.М.
ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ЛИСТОВАТЫХ ЛИШАЙНИКОВ АЗЕРБАЙДЖАНА20

Самойленко З.А., Свириденко Б.Ф.
НОВЫЕ НАХОДКИ ПОПУЛЯЦИЙ ПИОНА УКЛОНЯЮЩЕГОСЯ В СУРГУТСКОМ РАЙОНЕ ХАНТЫ-МАНСИЙСКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА – ЮГРЫ31

Скосырева И.Г., Григорьев А.И.
ИЗМЕНЧИВОСТЬ ШИШЕК И СЕМЕННЫХ ЧЕШУЙ ВИДОВ РОДА ЕЛЬ И ИХ ФОРМ В УСЛОВИЯХ ГОРОДА ОМСКА37

Афонин А.А.
ХРОНОБИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОПТИМИЗАЦИИ ПЕСТИЦИДНОЙ НАГРУЗКИ В НАСАЖДЕНИЯХ ИВЫ КОРЗИНОЧНОЙ (*SALIX VIMINALIS L.*) ИНТЕНСИВНОГО ТИПА43

Гасанова Ф.В.
ВЛИЯНИЕ НАНОЧАСТИЦ Al НА СОДЕРЖАНИЕ ХЛОРОФИЛЛА В ЛИСТЯХ ХЛОПЧАТНИКА51

Усманов И.Ю., Юмагулова Э.Р., Александрова В.В., Гончар И.Г., Щербаков А.В., Иванов В.Б.
КОМПЛЕКСЫ ФЛАВОНОИДОВ *СНАМАЕДАРНЕ САЛЮСУЛАТА (L.) МОЕНШ* ОЛИГОТРОФНЫХ БОЛОТ СРЕДНЕЙ ОБИ59

Мамедова А.О., Мамедова Р.Н.
ИССЛЕДОВАНИЕ БИОИНДИКАТИВНЫХ СВОЙСТВ *QUERCUS CASTANEIFOLIA C.A.* MEY НА ПРИРОДНЫХ И УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ РЕСПУБЛИКИ АЗЕРБАЙДЖАН71

ЭКОЛОГИЯ ЖИВОТНЫХ

Новрузов Н.Э.
МАТЕРИАЛЫ К ИЗУЧЕНИЮ СТРУКТУРЫ СООБЩЕСТВ НАЗЕМНЫХ ЧЛЕНИСТОНОГИХ В ПРЕДГОРНОЙ ЧАСТИ ЮГО-ВОСТОЧНЫХ СКЛОНОВ БОЛЬШОГО КАВКАЗА80

Зазнобина Т.В., Иванова О.В.
АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ ТОКСИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В КРОВИ И МОЛОКЕ КОРОВ92

ЭКОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА

Погоньшева И.А., Погоньшев Д.А., Луняк И.И.
ПОКАЗАТЕЛИ ДИСПЕРСИОННОГО КАРТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММЫ У СТУДЕНТОВ СЕВЕРНОГО ВУЗА98

Хасанова Р.Ф., Суяндукоев Я.Т., Семенова И.Н., Рафикова Ю.С.
ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ ГОРНОРУДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ104

Солдатова С.Ю., Филатова Г.Л., Куликовская Т.С.
ЛИСТЕРИОЗ – ЭМЕРДЖЕНТНАЯ ИНФЕКЦИЯ С ПИЩЕВЫМ ПУТЕМ ПЕРЕДАЧИ110

Николаева Ю.В., Тарасова В.В., Нечаев А.П.
ЭКОЛОГИЯ ПИТАНИЯ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ПРОИЗВОДСТВА ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ БЫСТРОГО ПРИГОТОВЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ ПИЩЕВЫХ ВОЛОКОН117

РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ

Манафова Е.К.
ПОЧВЫ КАК ОСНОВА АГРОЦЕНОЗОВ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО СКЛОНА БОЛЬШОГО КАВКАЗА АЗЕРБАЙДЖАНА126

Главный редактор

Горлов С. И., доктор физико-математических наук, профессор
(г. Нижневартовск)

Заместитель главного редактора

Коричко А. В., кандидат педагогических наук, доцент
(г. Нижневартовск)

Ответственный редактор

Овечкина Е. С., кандидат биологических наук, доцент
(г. Нижневартовск)

Члены редакционной коллегии

Аикин В. А., доктор педагогических наук, профессор (г. Омск)

Гбоко С. К., кандидат педагогических наук

(г. Буаке, Республика Кот-д'Ивуар)

Горшков-Кантакузен В. А., доктор медицинских наук, профессор
(г. Москва)

Дайнеко Н. М., кандидат биологических наук, доцент (г. Гомель,
Республика Беларусь)

Еманов А. Г., доктор исторических наук, профессор
(г. Тюмень)

Ибрагимова Л. А., доктор педагогических наук, профессор
(г. Нижневартовск)

Казанский М. М., доктор-хабилитат (г. Париж)

Кулагин А. Ю., доктор биологических наук, профессор (г. Уфа)

Лубышева Л. И., доктор педагогических наук, профессор
(г. Москва)

Нурбеков Б. Ж., доктор педагогических наук, профессор
(г. Астана, Республика Казахстан)

Маймерова Г. Ш., кандидат медицинских наук (г. Бишкек,
Кыргызская Республика)

Медведев С. С., доктор биологических наук, профессор
(г. Санкт-Петербург)

Синявский Н. И., доктор педагогических наук, профессор
(г. Сургут)

Солодкин Я. Г., доктор исторических наук, профессор
(г. Нижневартовск)

Суртаева Н. Н., доктор педагогических наук, профессор
(г. Санкт-Петербург)

Талыбов Т. Г., доктор биологических наук, профессор
(г. Нахчыван, Азербайджанская Республика)

Усманов И. Ю., доктор биологических наук, профессор
(г. Нижневартовск)

Фаттуллаев П. У., доктор философии по аграрным наукам,
доцент (г. Нахчыван, Азербайджанская Республика)

Цысь В. В., доктор исторических наук, доцент
(г. Нижневартовск)

Чорев М. М., кандидат исторических наук (г. Нижневартовск)

Шаров О. В., доктор исторических наук, ведущий научный
сотрудник (г. Санкт-Петербург)

Editor-in-Chief

Gorlov S. I., Doctor of Physics and Mathematics, Professor
(Nizhnevartovsk)

Deputy Editor

Korichko A. V., Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Profes-
sor (Nizhnevartovsk)

Executive editor

Ovechkina E. S., Candidate of Biological Sciences, Associate Profes-
sor (Nizhnevartovsk)

Editorial Board

Aikin V. A., Doctor of Pedagogical Sciences, Professor (Omsk)

Gboko S. K., Candidate of Pedagogical Sciences (Bouake,
Republic of Côte d'Ivoire)

Gorshkov-Kantakuzen V. A., Doctor of Medical Sciences, Professor
(Moscow)

Daineko N. M. Candidate of Biological Sciences, Professor
(Gomel, Republic of Belarus)

Emanov A. G., Doctor of Historical Sciences, Associate Professor
(Tyumen)

Ibragimova L. A., Doctor of Pedagogical Sciences, Professor
(Nizhnevartovsk)

Kazansky M. M., doctor Habilitate (Paris)

Kulagin A. Yu., Doctor of Biological Sciences, Professor (Ufa)

Lubysheva L. I., Doctor of Pedagogical Sciences, Professor
(Moscow)

Nurbekov B. Zh., Doctor of Pedagogical Sciences, Professor
(Astana, Republic of Kazakhstan)

Majorova G. Sh., Candidate of Medical Sciences (Bishkek,
Kyrgyz Republic)

Medvedev S. S., Doctor of Biological Sciences, Professor
(Saint Petersburg)

Sinyavsky N. I., Doctor of Pedagogical Sciences, Professor
(Surgut)

Solodkin Ya. G., Doctor of Historical Sciences, Professor
(Nizhnevartovsk)

Surtaeva N. N., Doctor of Pedagogical Sciences, Professor
(Saint Petersburg)

Talibov T. G., Doctor of Biological Sciences, Professor
(Nakhchivan, Azerbaijan Republic)

Usmanov I. Yu., Doctor of Biological Sciences, Professor
(Nizhnevartovsk)

Fatullayev P. U., Doctor of Philosophy in agricultural Sciences,
Associate Professor (Nakhchivan, Azerbaijan Republic)

Tsyt V. V., Doctor of Historical Sciences, Associate Professor
(Nizhnevartovsk)

Chorev M. M., Candidate of Historical Sciences (Nizhnevartovsk)

Sharov O. V., Doctor of Historical Sciences, Senior Researcher
(Saint Petersburg)

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-55479 от 25 сентября 2013 г.

Журнал индексируется в следующих научных базах:

- Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)
- Научная электронная библиотека открытого доступа КиберЛенинка (CyberLeninka)
- European Reference Index for the Humanities and the Social Sciences (ERIH PLUS)
- Academic Resource Index Research Bible
- Google Академия
- Information Matrix for the Analysis of Journals (MIAR)
- Scientific Indexing Services (SIS)
- Open Academic Journals Index (OAJI)
- Polska Bibliografia Naukowa (PBN)
- Eurasian Scientific Journal Index (ESJI)

Учредитель: ФГБОУ ВО «Нижневартовский государственный университет»

Адрес редакции: Россия, 628605, Ханты-Мансийский автономный округ – Югра, г. Нижневартовск, ул. Ленина, 56

Изд. лиц. ЛР № 020742. Подписано в печать 18.09.2019
Формат 60×84 1/8. Бумага для множительных аппаратов
Гарнитура Times. Усл. печ. листов 12. Тираж 1000 экз.
Заказ 2096

Отпечатано в НВГУ

Россия, 628615, Ханты-Мансийский автономный округ – Югра,
г. Нижневартовск, ул. Маршала Жукова, 4.
Тел./факс: (3466) 45-18-20, E-mail: izdatelstvo@nvsu.ru

ISSN 2311-1402

© Нижневартовский государственный университет, 2019

ЭКОЛОГИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ, РАСТЕНИЙ

УДК 606:579.852.11+66.911.38(571.1)

*И. С. Андреева, А. С. Сафатов, Л. И. Пучкова,
Е. К. Емельянова, Г. А. Буряк, С. Е. Олькин,
И. К. Резникова, О. В. Охлопкова
г. Новосибирск, р.п. Кольцово, Россия*

КУЛЬТИВИРУЕМЫЕ МИКРООРГАНИЗМЫ В ВЫСОТНЫХ ПРОБАХ АЭРОЗОЛЕЙ ВОЗДУХА СЕВЕРА СИБИРИ В ХОДЕ САМОЛЕТНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ АТМОСФЕРЫ

Аннотация. В рамках комплексного изучения атмосферных загрязнений в Сибири проведено самолетное зондирование атмосферы на севере западносибирского региона по маршруту: Новосибирск – Сургут – Игарка – Новосибирск. Целью данной работы являлось исследование численности и состава культивируемых микроорганизмов и других биогенных компонентов атмосферы на высотах до 8000 м. Для последующего анализа пробы атмосферного воздуха отбирали в импинджеры (с расходом 50 ± 5 л/мин), где в качестве сорбирующей жидкости использовали 50 мл раствора Хэнкса (ICN Biomedicals), и на волокнистые фильтры. В пробах по суммарному белку фиксировали концентрацию биогенного материала, определяли концентрацию и разнообразие культивируемых микроорганизмов. Из отобранных проб атмосферного воздуха изолировано 158 мезофильных и психрофильных микроорганизмов, представленных такими родами как *Micrococcus*, *Staphylococcus*, *Bacillus*, *Nocardia*, *Arthrobacter*, *Rhodococcus* и др. Выделены также культуры актиномицетов, дрожжей и плесневых грибов. На всем спектре высот особенно широко были представлены неспороносные бактерии. Исследована ферментативная активность выделенных микроорганизмов, наличие ряда факторов патогенности. Результаты по определению численности и состава культивируемых микроорганизмов и других биогенных компонентов атмосферы на высотах до 8000 м на севере Западной Сибири были получены впервые и являются заметным вкладом в исследования атмосферы данного региона. Для определения закономерностей наблюдаемого биоразнообразия микроорганизмов, связанных с высотой взятия проб или с географическим положением, необходимы дальнейшие систематические исследования.

Ключевые слова: атмосфера; биоаэрозоли; аэрозоли атмосферного воздуха; культивируемые микроорганизмы; ферментативная активность; Сибирь; Евразия; север.

Сведения об авторах: Ирина Сергеевна Андреева¹, кандидат биологических наук, доцент, ведущий научный сотрудник; Александр Сергеевич Сафатов², доктор технических наук, заведующий отделом; Лариса Ивановна Пучкова³, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник; Елена Константиновна Емельянова⁴, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, доцент кафедры гигиены и экологии; Галина Алексеевна Буряк⁵, научный сотрудник; Сергей Евгеньевич Олькин⁶, ведущий научный сотрудник; Ирина Константиновна Резникова⁷, старший научный сотрудник; Олеся Викторовна Охлопкова⁸, младший научный сотрудник.

Место работы:¹⁻⁸ФБУН Государственный научный центр вирусологии и биотехнологии «Вектор» Роспотребнадзора; ⁴ФГБОУ ВО Новосибирский государственный медицинский университет.

Контактная информация: ¹⁻⁸630559, Россия, Новосибирская обл., р.п. Кольцово; ⁴630091, Россия, г. Новосибирск, Красный проспект, д. 52; e-mail: ¹andreeva_is@vector.nsc.ru; ²safatov@vector.nsc.ru; ³puchkova_li@vector.nsc.ru; ⁴emelen1@yandex.ru; ⁵buryak@vector.nsc.ru; ⁶olkin@vector.nsc.ru; ⁷reznikova@vector.nsc.ru; ⁸ohlopko_ova@vector.nsc.ru.

Введение

Микроорганизмы, содержащиеся в атмосферных аэрозолях, имеют разнообразные источники поступления как природного (с поверхности водной и почвенной сред, фитомассы растений, пыльцы и др.), так и антропогенного характера (с поверхности урбаноземов, с выбросами от техногенных объектов и др.). Жизнеспособные клетки, находящиеся в атмосфере, проявляют устойчивость к УФ-излучению, фотохимическим окислителям, загрязнителям (окиси азота и серы, ароматические со-

единения, сажа и др.). Эти стрессирующие факторы окружающей среды способствуют проявлению у микроорганизмов таких адаптационных возможностей как пигментообразование, формирование эндоспор, секреция новых вторичных метаболитов с широким спектром биологической активности. В связи с происходящими в современных условиях глобальными климатическими изменениями актуальность исследований атмосферных аэрозолей существенно выросла.

Существует мнение, что микроорганизмы, обнаруживаемые в атмосфере, являются не только случайными биоагентами, подхватываемыми восходящими конвективными потоками воздуха, но среди них встречается и метаболически активная резидентная микробиота, способная к размножению и участию в биогеохимическом круговороте (Womack et al. 2010). Таким образом, атмосфера может являться полноценной средой обитания. Но даже в пределах воздушной среды можно выделить несколько экологических ниш: капли воды, атмосферные снег и лед, поверхность твердых частиц и пыли, где содержание микроорганизмов может варьировать. Имеются отличия в численности и разнообразии микроорганизмов в атмосфере и воды в ней: в исследованиях (Xu et al. 2017) подчеркивается, что на значительных высотах бактериальное обилие (индекс видового разнообразия Chao1) воды облаков было выше, чем в атмосферных аэрозолях, даже после ураганов и пыльных бурь. По-видимому, это связано с наличием растворенных в атмосферной воде питательных веществ, концентрация которых может достигать уровня олиготрофных озер (Pearce et al. 2009). Что касается расчетов длительности пребывания биоаэрозолей с момента попадания в атмосферу до момента осадения, то период «витания» может быть от 2,2 до 188,1 дня, а среднее время пребывания клеток в воздухе составляет 1 неделю (Williams et al. 2002; Burrows et al. 2009).

Интересно, что в исследовании (Ravva et al. 2012) содержание культивируемых бактерий в атмосферных аэрозолях колебалось от 3 КОЕ до 6×10^6 КОЕ/м³ воздуха и значительно зависело от сезонных температур, но не от влажности воздуха или скорости ветра. К настоящему времени установлено, что наибольшие значения КОЕ в атмосфере наблюдаются летом и осенью, а в течение суток в концентрации бактерий может иметься два пика – утром и вечером (Tong et al. 2007; Fang et al. 2007; Lighthart, Shaffer 1995; Shaffer, Lighthart 1997). Предполагается, что на ежедневные и еженедельные изменения в численности бактерий в атмосферных сообществах влияют антропогенные источники, а сезонные изменения вызваны климатическими и атмосферными процессами (Magon et al. 2006).

Отмечена зависимость между особенностями почвенно-растительного покрова и концентрациями клеток бактерий в приземном слое воздуха (Bertolini et al. 2013; Shaffer, Lighthart 1997; Tong et al. 2007). Количество биоаэрозолей, захватываемых восходящими воздушными потоками с поверхности почвы и

растительности, может быть измерено (Burrows et al. 2009a, 2009b). Например, в исследовании (Lighthart, Shaffer 1994) для географической зоны пустыни с кустарниковой растительностью на территории США оценен максимальный восходящий поток биоаэрозолей в дневное время – 17 000 КОЕ м⁻²/ч⁻¹ и показано, что он зависит от интенсивности нагревания земной поверхности: чем лучше прогревание, тем интенсивнее происходят восходящие конвективные движения воздуха. Несмотря на то, что восходящий поток бактерий уменьшался после полудня, их концентрация в атмосфере продолжала увеличиваться. Предположительно, авторы связывают это с уменьшением интенсивности солнечной радиации во второй половине дня, что позволяет увеличить выживаемость высвобождаемых от поверхности земли бактериальных клеток.

Существенную роль в привнесении биоаэрозолей в атмосферу оказывают азиатские пыльные бури, микроорганизмы из которых транспортируются на значительные расстояния от места их возникновения. Пылевые частицы снижают степень проникновения УФ-лучей, губительно воздействующих на живые клетки, и обеспечивают наличие питательных веществ (Kakikawa 2008). Показатель КОЕ при этом может увеличиться от нескольких раз до нескольких порядков по сравнению с условиями до пыльной бури (Nara, Zhang 2012). Зарегистрирован перенос биологических частиц с пылью из Средней Азии в Западную Сибирь (Андреева и др. 2018), перенос бактериальных клеток с территории Восточной Сибири через Монголию до Великой Китайской равнины, причем эти пробы воздуха имели наибольшее видовое богатство и разнообразие по сравнению с другими в этом исследовании, внутриконтинентальными и принесенными потоками со стороны океана (Xu 2019). Ранее исследования содержания биоаэрозолей и суммарного белка на территории Сибири проводились для других областей: прибрежной зоны Байкала (Сергеев и др. 2009; Matthias-Maser et al. 2000) и юга Западной Сибири (Андреева и др. 2000).

Целью данной работы являлось исследование на высотах до 8 000 м численности и разнообразия культивируемых микроорганизмов над территорией севера Сибири.

Материалы и методы

Отбор высотных проб атмосферного воздуха осуществляли по маршруту Новосибирск – Сургут – Игарка – Новосибирск и Новосибирск – Сургут – Новосибирск с помощью лаборатории «Оптик-Э», смонтированной на са-

молете ТУ-134. Самолет пролетал в дневное время 16–18 июля 2017 г. над территорией Сибири на высотах от 400 до 8 000 м.

Для определения массы суммарного белка для каждой высоты отбирали пробы воздуха на фильтры типа АФА-ХА-20. Определение в пробах массовой концентрации суммарного белка проводили флуорометрическим методом, основанным на приобретении белком интенсивной флуоресценции после его модификации флуорогенным реактивом. Для микробиологического анализа пробы атмосферного воздуха отбирали в импинджеры, содержащие 50 мл раствора Хенкса в качестве сорбирующей жидкости с расходом 50 л/мин.

Выделение микроорганизмов проводили, высевая пробы на питательные среды, позволяющие выявить микроорганизмы различных таксономических групп: на агаризованную и жидкую среду LB (Difco, USA), обедненную среду LB (разбавление 1:10), крахмало-аммиачный агар (КАА), почвенный агар (ПА), среду Сабуро (Методы 1984; Определитель 1997). Инкубировали высевы при температурах 28–30 и 6–9°C в течение 3–14 суток. Расчет числа культивируемых микроорганизмов в пробах проводили по стандартным методикам (Ашмарин, Воробьев 1962), при этом количество микроорганизмов определяли по 3–4 параллелям проб, рассеянных на 4–5 различных средах.

Индивидуальные колонии микроорганизмов использовали для получения чистых культур и последующего анализа фенотипических свойств стандартными методами (Методы 1984). Морфологию клеток микроорганизмов исследовали с помощью фазово-контрастной микроскопии (микроскоп Axioskop 40, "CarlZeiss", Германия).

Скрининг ферментативной активности культур проводили в соответствии с (Методы 1984). Выделенные штаммы микроорганизмов хранили при низкотемпературном замораживании в коллекции природных изолятов ФБУН ГНЦ ВБ «Вектор» Роспотребнадзора.

Результаты и обсуждение

В рамках комплексного изучения атмосферных загрязнений в Сибири проведено самолетное зондирование атмосферы на севере Западно-Сибирского региона, расположенного на территории Западно-Сибирской равнины, представленного природными зонами тундры, лесотундры и тайги. По климатическим усло-

виям г. Сургут и п. Игарка приравнены к Крайнему Северу.

Масса суммарного белка является универсальным маркером наличия компонентов биологического происхождения. С помощью данного показателя можно судить о насыщенности атмосферы биологическими частицами. В пробах фиксировалась концентрация биогенного материала по суммарному белку (в том числе его доля в полной массе аэрозоля). Суммарный белок находился в пределах от 0 до 0,663 мкг/м³. На высотах 4 000–8 000 м содержание суммарного белка было ниже, чем на высотах 400–500 м, примерно в 6 раз (табл. 1), что, скорее всего, объясняется существенным вкладом наземных источников в пул аэрозолей нижних слоев атмосферы. Ранее были определены значения величин суммарного белка для аэрозолей юга Западной Сибири, которые колебались от 0,11±0,10 в 2001 г. до 0,89±0,21 в 2006 г. Летом средние значения суммарного белка в воздухе на юге Западной Сибири были выше, чем в другие сезоны года, и составляли 0,75±0,07 мкг/м³ (Сафатов и др. 2014).

Высев проб атмосферных аэрозолей позволил выделить 158 чистых культур микроорганизмов, из них 123 были мезофильными, 35 психрофильными. Наибольшее разнообразие бактериальных видов было представлено на агаризованных средах LB, LB 1:10 и ПА, незначительное на КАА, как для культивирования при температуре 28–30°C, так и при 6–9°C.

На этапе маршрута Новосибирск – Сургут – Игарка (промежуточный ориентир полета – над г. Норильском) среди выделенных мезофильных и психрофильных штаммов преобладали неспороносные бактерии. Полет Игарка – Новосибирск (промежуточный ориентир полета – над п. Бор) показал преобладание в пробах атмосферного воздуха неспороносных бактерий и кокков среди мезофилов, и неспороносных бактерий среди психрофилов (табл. 2).

Пробы третьей части маршрута Новосибирск – Сургут – Новосибирск отличались от предыдущих по качественному составу: в разных пробах преобладали по численности мезофильные спорообразующие бактерии, неспороносные бактерии, кокки; отдельные пробы содержали актиномицеты, психрофильные бактерии были представлены неспороносными бактериями и кокками. Ни одна проба не содержала большого количества грибов. Психрофильные дрожжи и спорообразующие бактерии, культивируемые в условиях опыта, не были обнаружены.

Таблица 1

Концентрации суммарного белка в атмосфере на различных сегментах полета

Дата, сегмент полета	Время	Высота, м	Объем, м ³	Белок, мкг/м ³
16.07.2017 Новосибирск–Сургут	11:52–12:26	4 000	13,034	0
	12:36–13:01	400	7,454	0,134
	13:03–13:37	500	11,023	0,663
16.07.2017 Сургут–Игарка	15:00–15:38	4 000	13,862	0
	15:47–16:24	400	11,039	0,053
	16:26–16:42	300–400	5,192	0,014
	16:52–17:36	4 000	12,357	0
17.07.2017 Игарка–Новосибирск	10:14–10:34	4 000	7,494	0
	10:46–11:05	400–500	5,828	0,036
	11:15–11:36	4 000	7,256	0,057
	11:44–12:06	400	6,628	0,053
	12:15–12:35	4 000	7,451	0
18.07.2017 Новосибирск–Сургут–Новосибирск	12:46–13:12	400	7,645	0,175
	7:35–7:47	8 000	4,74	0,066
	7:59–8:13	4 000	4,487	0,078
	8:23–8:47	500–700	7,203	0,257
	9:10–9:24	8000	6,026	0,024
	9:35–9:54	4 000	6,315	0,066
10:03–10:38	400	6,963	0,217	

Примечание: «0» – пробы, в которых концентрация находится ниже предела обнаружения.

Таблица 2

Концентрации и представительство культивируемых микроорганизмов в атмосфере на различных сегментах полета, выявленные при температуре культивирования высевок 6-9 и 28-30°C

Сегмент полета	№ пробы	Время пробоотбора	Высота, м	Группы микроорганизмов (%)					
				Бациллы	Кокки	Неспороносные	Грибы	Акциномицеты	Дрожжи
<i>Мезофильные микроорганизмы, выделенные при температуре культивирования 28–30°C</i>									
Новосибирск – Сургут – Игарка	1	11:54–12:24	4000	0	12,50	12,50	0	75,00	0
	2	12:36–13:38	400–500	0	30,06	66,46	0,32	0	3,16
	3	15:00–15:30	4000	0	0	93,56	0,31	6,13	0
	4	15:38–16:33	400–300	17,86	0	80,36	1,79	0	0
	5	16:50–17:33	4000	0	5,56	94,44	0	0	0
Игарка – Новосибирск	6	10:14–10:33	4000	0	100,00	0	0	0	0
	7	10:46–11:05	400–500	0	0	86,55	2,80	10,65	0
	8	11:15–11:35	4000	0	66,67	16,67	16,66	0	0
	9	11:44–12:07	400	0	0	53,60	0,18	46,21	0
	10	12:14–12:35	4000	0	89,47	0	10,53	0	0
	11	12:46–13:12	400	0	3,55	95,74	0,71	0	0
Новосибирск – Сургут	12	7:35–7:47	8000	0	83,33	0	16,67	0	0
	13	7:59–8:12	4000	0	20,00	20,00	0	60,00	0
	14	8:23–8:35	500–700	0	100,00	0	0	0	0
	15	9:09–9:27	8000	100	0	0	0	0	0
	16	8:34–9:54	4000	0	50,00	0	0	50,00	0
	17	10:03–10:26	400	0	0	0	100,00	0	0

Окончание таблицы 2

Сегмент полета	№ пробы	Время пробоотбора	Высота, м	Группы микроорганизмов (%)					
				Бациллы	Кокки	Неспороносные	Грибы	Акциномицеты	Дрожжи
<i>Психрофильные микроорганизмы, выделенные при температуре культивирования 6–9°C</i>									
Новосибирск Сургут Игарка	1	11:54–12:24	4000	0	0	25,00	50,00	25,00	0
	2	12:36–13:38	400–500	0	22,07	73,10	0,69	4,14	0
	3	15:00–15:30	4000	0	0	89,47	10,53	0	0
	4	15:38–16:33	300–400	0	0	47,62	52,38	0	0
	5	16:50–17:33	4000	0	0	100,00	0	0	0
Игарка Новосибирск	6	10:14–10:33	4000	0	0	0	100,00	0	0
	7	10:46–11:05	400–500	0	0	93,55	6,45	0	0
	8	11:15–11:35	4000	0	0	66,67	33,33	0	0
	9	11:44–12:07	400	0	10,99	65,93	23,08	0	0
	10	12:14–12:35	4000	0	20,00	40,00	40,00	0	0
	11	12:46–13:12	400	0	0	83,33	16,67	0	0
Новосибирск Сургут	12	7:35–7:47	8000	–	–	–	–	–	–
	13	7:59–8:12	4000	0	0	100,00	0	0	0
	14	8:23–8:35	500–700	–	–	–	–	–	–
	15	9:09–9:27	8000	0	0	0	100,00	0	0
	16	8:34–9:54	4000	0	0	98,04	1,96	0	0
	17	10:03–10:26	400	0	32,26	0	67,74	0	0

Сравнение содержания основных выделенных групп бактерий показывает, что как в нашем исследовании, так и в других работах, где отбор проб осуществлялся над сельскими или природными территориями, среди грамотрицательных бактерий преобладали представители протеобактерий, а среди грамположительных – фирмикуты (Lighthart 1997; Maron et al. 2005; Fang et al. 2007).

Концентрация бактерий в приземном воздухе, по данным многочисленных исследований, в среднем составляет 10^2 – 10^6 клеток/м³. Над равнинными и низменными участками суши, где ведется активная сельскохозяйственная или промышленная деятельность, содержание бактерий в воздухе обычно составляет около 10^5 – 10^6 клеток/м³ (Bowers et al. 2011a; 2011b). В прибрежных у океана и высокогорных районах концентрация бактерий обычно ниже – менее 10^4 – 10^5 клеток/м³ (Bowers et al. 2012). В тропосфере содержание клеток еще ниже и достигает от 0,36 до 3×10^5 клеток/м³ (DeLeon-Rodriguez et al. 2013; Maki et al. 2013).

Итак, в исследованиях максимальных значений численность выделяемых микроорганизмов при температуре культивирования 28–30°C достигала $1,3 \times 10^4$ КОЕ/м³, при температуре культивирования 6–9°C – $6,3 \times 10^3$ КОЕ/м³; минимальные значения численности микроорганизмов, выделяемых при тех же температур-

ных условиях, составляли, соответственно, $1,6 \times 10$ и 9 КОЕ/м³. Следует отметить, что корреляции в концентрации белка и численности обнаруживаемых микроорганизмов в исследуемых аэрозолях не наблюдали, что свидетельствует о наличии достаточно большого количества биогенных компонентов в атмосфере не микробного происхождения.

Ферментативная активность выделенных мезофильных бактериальных изолятов: протеолитической активностью обладали 30% из числа исследуемых бактерий, липолитической – 51%, фосфолипазной – 37%, амилолитической – 6% изолятов. Психрофильные бактерии значительно отличались по изучаемым спектрам активности: протеолитической активностью обладали 60%, липолитической – 6%, фосфолипазной – 34%, амилолитической – 8,5% изолятов. Протеолитические, липолитические и фосфолипазные свойства у бактерий являются потенциальными признаками патогенности – факторами инвазии при проникновении в организм хозяина.

Типичной картиной высева являлось богатое разнообразие яркоокрашенных колоний: желтую и оранжевую пигментацию имели 40% выделенных мезофильных и 48% психрофильных штаммов. В аналогичных исследованиях разнообразия микроорганизмов аэрозолей воздуха пигментированные бактерии составляли

от 21 до 62% от общего числа выделенных (Shaffer, Lighthart 1997). Следует отметить, что пигментообразование у микробов имеет определенное физиологическое значение. Пигменты обеспечивают защиту клеток от природной ультрафиолетовой радиации, участвуют в биохимических реакциях, обладают антибиотическим действием.

Выводы

В пробах выявлены микроорганизмы широко распространенных родов, таких как

Micrococcus, Staphylococcus, Bacillus, Nocardia, Arthrobacter, Rhodococcus, а также – актиномицеты, дрожжи и плесневые грибы. Анализ полученных данных не позволил выявить надежных связей изменения наблюдаемого биоразнообразия микроорганизмов в пробах с высотой взятия проб или с географическим положением. Очевидно, что полученных данных в настоящее время недостаточно для выявления этих закономерностей, для этого необходимы дальнейшие систематические исследования.

ЛИТЕРАТУРА

- Андреева И. С., Белан Б. Д., Бородулин А. И., Буряк Г. А., Марченко Ю. В., Олькин С. Е., Панченко М. В., Петрищенко В. А., Пьянков О. В., Резникова И. К., Сафатов А. С., Сергеев А. Н., Степанова Е. В. 2000. Изучение изменчивости биогенной компоненты атмосферного аэрозоля над лесными массивами Западной Сибири // *Оптика атмосферы и океана* 13:06-07, 639–644.
- Андреева И. С., Сафатов А. С., Пучкова Л. И., Емельянова Е. К., Буряк Г. А., Терновой В. А. 2018. Споробразующие бактерии, выделенные из аэрозолей воздуха юга Западной Сибири, во время атмосферного переноса воздушных масс // *Вестник Нижневартковского государственного университета* 3, 123–130.
- Ашмарин И. П., Воробьев А. А. 1962. Статистические методы в микробиологических исследованиях. Л.: МЕДГИЗ, 180.
- Методы общей бактериологии. 1984 / Герхард Ф., Мюррэй Р., Костилоу Р., Нестер Ю., Вуд В., Криг Н., Филипс Г. (ред.) М.: Мир. Т. 3.
- Определитель бактерий Берджи. 1997 / Хоулт Дж. (ред.). М.: Мир. Т. 2.
- Сафатов А. С., Буряк Г. А., Олькин С. Е., Резникова И. К., Макаров В. И., Попова С. А. 2013. Мониторинг концентраций органического/неорганического углерода и суммарного белка в аэрозоле приземного слоя атмосферы юга Западной Сибири // *Оптика атмосферы и океана* 26(12), 1054–1058.
- Сергеев А. Н., Сафатов А. С., Агафонов А. П., Андреева И. С., Аршинов М. Ю., Белан Б. Д., Буряк Г. А., Генералов В. М., Захарова Ю. Р., Лаптева Н. А., Олькин С. Е., Панченко М. В., Парфенова В. В., Резникова И. К., Симоненков Д. В., Теплякова Т. В., Терновой В. А. 2009. Сравнение присутствия химических и биологических маркеров в поверхностном микрослое воды акваторий курортных зон озера Байкал и в атмосферном аэрозоле этого региона // *Оптика атмосферы и океана* 22(6), 585–594.
- Bertolini V., Gandolfi I., Ambrosini R., Bestetti G., Innocente E., Rampazzo G., Franzetti A. 2013. Temporal variability and effect of environmental variables on airborne bacterial communities in an urban area of Northern Italy // *Appl. Microbiol. Biotechnol* 59, 177–183. DOI: 10.1007/s00253-012-4450-0.
- Bowers R., McCubbin I., Hallar A., Fierer N. 2012. Seasonal variability in airborne bacterial communities at a high-elevation site // *Atmospheric Environment* 50, 41–49.
- Bowers R., McLechie S., Knight R., Fierer N. 2011a. Spatial variability in airborne bacterial communities across land-use types and their relationship to the bacterial communities of potential source environments // *ISME J.* 5, 601–612. DOI: 10.1038/ismej. 2010. 167.
- Bowers R., Sullivan A., Costello E., Collett J., Knight R., Fierer N. 2011b. Sources of bacteria in outdoor air across cities in the Midwestern United States // *Appl. Environ. Microbiol.* 77, 6350–6356. DOI: 10.1128/AEM.05498-11.
- Burrows S., Elbert W., Lawrence M., Pösch U. 2009. Bacteria in the global atmosphere – Part 1: Review and synthesis of literature data for different ecosystems // *Atmos. Chem. Phys.* 9, 9263–9280. DOI: org/10.5194/acp-9-9263-2009.
- Burrows S., Butler T., Jöckel P., Tost H., Kerkweg A., Pöschl U., Lawrence M. 2009. Bacteria in the global atmosphere – Part 2: Modeling of emissions and transport between different ecosystems // *Atmos. Chem. Phys.* 9(23), 9281–9297.
- Fang Z., Ouyang Z., Zheng H., Wang X., Hu L. 2007. Culturable airborne bacteria in outdoor environments in Beijing, China // *Microb. Ecol.* 54, 487–496. DOI:10.1007/s00248-007-9216-3.
- Hara K., Zhang D. 2012. Bacterial abundance and viability in long-range transported dust // *Atmos. Environ* 47, 20–25.
- Kakikawa M., Kobayashi F., Maki T., Yamada M., Higashi T., Chen B., Shi G., Hong C., Tobo Y., Iwasaka Y. 2008. Dustborne microorganisms in the atmosphere over an Asian dust source region, Dunhuang // *Air Qual Atmos Health* 1(4), 195–202. DOI:10.1007/s11869-008-0024-9.
- Lighthart B. 1997. The ecology of bacteria in the alfresco atmosphere // *FEMS Microbiol. Ecol.* 23(4), 263–274. DOI: 10.1111/j.1574-6941.1997.tb00408.x.

- Lighthart B., Shaffer B. 1994. Bacterial flux from chaparral into the atmosphere in mid-summer at a high desert location // *Atmos. Environ.* 28(7), 1267–1274.
- Lighthart B., Shaffer B.T. 1995. Airborne bacteria in the atmospheric surface layer: temporal distribution above a grass seed field // *Appl. Environ. Microbiol.* 61, 1492–1496.
- Maki T., Kakikawa M., Kobayashi F., Yamada M., Matsuki A., Hasegawa H., Iwasaka Y. 2013. Assessment of composition and origin of airborne bacteria in the free troposphere over Japan // *Atmos. Environ.* 74, 73–82.
- Maron P., Mougel C., Lejon D.P.H., Carvalho E., Bizet K., Marck G., Cubito N., Lemanceau P., Ranjard L. 2006. Temporal variability of airborne bacterial community structure in an urban area // *Atmos. Environ.* 40, 8074–8080.
- Matthias-Maser S., Obolkin V., Khodzer T., Jaenicke R. 2000. Seasonal variation of primary biological aerosol particles in the remote continental region of Lake Baikal/Siberia // *Atmos. Environ.* 34, 3805–3811.
- Pearce D., Bridge P., Hughes K., Sattler B., Psenner R., Russell N. 2009. Microorganisms in the atmosphere over Antarctica // *FEMS Microbiol. Ecol.* 69, 143–157. DOI:10.1111/j.1574-6941.2009.00706.x.
- Ravva S., Hernlem B., Sarreal C., Mandrella R. 2012. Bacterial communities in urban aerosols collected with wetted-wall cyclonic samplers and seasonal fluctuations of live and culturable airborne bacteria // *J. Environ. Monit.* 14(2), 473–481.
- Shaffer T., Lighthart B. 1997. Survey of Culturable Airborne Bacteria at Four Diverse Locations in Oregon: Urban, Rural, Forest, and Coastal // *Microbial Ecol.* 34(3), 167–177.
- Tong Y., Lighthart B. 1999. Diurnal distribution of total and culturable atmospheric bacteria at a rural site // *Aerosol Sci. Technol.* 30, 246–254. DOI:10.1080/027868299304822.
- Tong Y., Lighthart B. 2000. The annual bacterial particle concentration and size distribution in the ambient atmosphere in a rural area of the Willamette Valley, Oregon // *Aerosol Sci. Technol.* 32, 393–403. DOI:10.1080/027868200303533.
- Williams J., De Reus M., Krejci R., Fischer H., Ström J. 2002. Application of the variability-size relationship to atmospheric aerosol studies: estimating aerosol lifetimes and ages // *Atmos. Chem. Phys.* 2, 133–145. DOI:10.5194/acp-2-133-2002.
- Womack A., Bohannan J., Green J. 2010. Biodiversity and biogeography of the atmosphere // *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 365, 3645–3653. DOI: org/10.1098/rstb.2010.0283.
- Xu C., Wei M., Chen J., Sui X., Zhu C., Li J., Zheng L., Sui G., Li W., Wang W., Zhang O., Mellouki A. 2017. Investigation of diverse bacteria in cloud water at Mt. Tai, China // *Science of The Total Environment* 580(15), 258–265.
- Xu C., Wei M., Chen J., Zhu C., Li J., Xu X., Wang W., Zhang Q., Ding A., Kan H., Zhao Z., Mellouki A. 2019. Profile of inhalable bacteria in PM_{2.5} at Mt. Tai, China: Abundance, community, and influence of air mass trajectories // *Ecotoxicology and Environmental Safety* 168, 110–119.

REFERENCES

- Andreeva, I.S., Belan, B.D., Borodulin, A.I., Buryak, G.A., Marchenko, Yu.V., Olkin, S.E., Panchenko, M.V., Peshchenko, V.A., Pyankov, O.V., Reznikova, I.K., Safatov, A.S., Sergeev, A.N., & Stepanova, E.V. Izucheniye izmenchivosti biogennoy komponenty atmosfernogo aerolya nad lesnymi massivami Zapadnoy Sibiri [Variability of biogenic component of atmospheric aerosol over forested areas of Western Siberia]. In: *Optika Atmosfery i Okeana*, 2000 (13), issue 6-7, pp. 592–596. (In Russian).
- Andreeva, I.S., Safatov, A.S., Puchkova, L.I., Emelyanova, E.K., Buryak, G.A., & Ternovoy, V.A. Sporoobrazuyushchie bakterii, vydelennye iz aehrozolej vozduha yuga Zapadnoj Sibiri, vo vremya atmosfernogo perenosa vozdushnyh mass [Spore-forming bacteria isolated from aerosols of air in the south of Western Siberia, during atmospheric transfer of air masses]. In: *Vestnik Nizhnevartovskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2018 (3), pp. 123–130. (In Russian).
- Ashmarin, I.P., & Vorobyov, A.A. Statisticheskie metody v mikrobiologicheskikh issledovaniyakh [Statistical Methods in Microbiological Studies]. Leningrad: Medgiz, 1962, 180 p. (In Russian).
- Metody obshchej bakteriologii [Manual of Methods for General Bacteriology]. Ed. by P. Gerhardt, R.G.E. Murray, R.N. Costilow, E.W. Nester, W.A. Wood, N.R. Krieg, G.B. Phillips. Moscow: Mir, 1984, vol. 3. (In Russian).
- Opredelitel bakterij Berdzhii [Bergey's Manual of Systematic Bacteriology]. Ed. by J.G. Holt. Moscow: Mir, 1997. (In Russian).
- Safatov, A.S., Buryak, G.A., Olkin, S.E., Reznikova, I.K., Makarov, V.I., & Popova, S.A. Monitoring kontsentratsiy organicheskogo / neorganicheskogo ugleroda i summarnogo belka v aerolye prizemnogo sloya atmosfery yuga Zapadnoy Sibiri [Monitoring data on organic/elemental carbon and total protein in ground air layer aerosol in the south of Western Siberia]. In: *Optika Atmosfery i Okeana*, 2014 (27), issue 2, pp. 164–168. (In Russian).
- Sergeev, A.N., Safatov, A.S., Agafonov, A.P., Andreeva, I.S., Arshinov, M.Yu., Belan, B.D., Buryak, G.A., Generalov, V.M., Zakharova, Yu.R., Lapteva, N.A., Olkin, S.E., Panchenko, M.V., Parfenova, V.V., Reznikova, I.K., Simonenkov, D.V., Teplyakova, T.V., & Ternovoi, V.A. Sravneniye prisutstviya khimicheskikh i biologicheskikh markerov v poverkhnostnom mikrosloye vody akvatorii kurortnykh zon ozera Baykal i v atmosfernom aerolye etogo regiona [Comparison of the presence of chemical and biological markers in the surface microlayer in water areas of

health resort zones of Lake Baikal and in atmospheric aerosol of this region]. In: *Optika Atmosfery i Okeana*, 2009(22), issue 4, pp. 467–477. (In Russian).

Bertolini, V., Gandolfi, I., Ambrosini, R., Bestetti, G., Innocente, E., Rampazzo, G., & Franzetti, A. Temporal variability and effect of environmental variables on airborne bacterial communities in an urban area of Northern Italy. In: *Applied Microbiology and Biotechnology*, 2013 (59), pp. 177–183. doi: 10.1007/s00253-012-4450-0.

Bowers, R., McCubbin, I., Hallar, A., & Fierer, N. Seasonal variability in airborne bacterial communities at a high-elevation site. In: *Atmospheric Environment*, 2012 (50), pp. 41–49.

Bowers, R., McLetchie, S., Knight, R., & Fierer, N. Spatial variability in airborne bacterial communities across land-use types and their relationship to the bacterial communities of potential source environments. *ISME Journal*, 2011a (5), pp. 601–612. doi: 10.1038/ismej.2010.167.

Bowers, R., Sullivan, A., Costello, E., Collett, J., Knight, R., & Fierer, N. Sources of bacteria in outdoor air across cities in the Midwestern United States. In: *Applied Microbiology and Biotechnology*, 2011b (77), pp. 6350–6356. doi: 10.1128/AEM.05498-11.

Burrows, S., Elbert, W., Lawrence, M., & Pösch, U. Bacteria in the global atmosphere – Part 1: Review and synthesis of literature data for different ecosystems. In: *Atmospheric Chemistry and Physics*, 2009 (9), pp. 9263–9280. doi.org/10.5194/acp-9-9263-2009.

Burrows, S., Butler, T., Jöckel, P., Tost, H., Kerkweg, A., Pöschl, U., & Lawrence, M. Bacteria in the global atmosphere - Part 2: Modeling of emissions and transport between different ecosystems. In: *Atmospheric Chemistry and Physics*, 2009 (9), issue 23, pp. 9281–9297.

Fang, Z., Ouyang, Z., Zheng, H., Wang, X., & Hu, L. Culturable airborne bacteria in outdoor environments in Beijing, China. In: *Microbial Ecology*, 2007 (54), pp. 487–496. doi:10.1007/s00248-007-9216-3.

Hara, K., & Zhang, D. Bacterial abundance and viability in long-range transported dust. In: *Atmospheric Environment*, 2012 (47), pp. 20–25.

Kakikawa, M., Kobayashi, F., Maki, T., Yamada, M., Higashi, T., Chen, B., Shi, G., Hong, C., Tobo, Y., & Iwasaka, Y. Dustborne microorganisms in the atmosphere over an Asian dust source region, Dunhuang. In: *Air Quality, Atmosphere, and Health*, 2008 (1), issue 4, pp. 195–202. doi:10.1007/s11869-008-0024-9.

Lighthart, B. The ecology of bacteria in the alfresco atmosphere. In: *FEMS Microbiology Ecology*, 1997 (23), issue 4, pp. 263–274. doi: 10.1111/j.1574-6941.1997.tb00408.x.

Lighthart, B., & Shaffer, B. Bacterial flux from chaparral into the atmosphere in mid-summer at a high desert location. In: *Atmospheric Environment*, 1994 (28), issue 7, pp. 1267–1274.

Lighthart, B., & Shaffer, B.T. Airborne bacteria in the atmospheric surface layer: temporal distribution above a grass seed field. In: *Applied and Environmental Microbiology*, 1995 (61), pp. 1492–1496.

Maki, T., Kakikawa, M., Kobayashi, F., Yamada, M., Matsuki, A., Hasegawa, H., & Iwasaka, Y. Assessment of composition and origin of airborne bacteria in the free troposphere over Japan. In: *Atmospheric Environment*, 2013 (74), pp. 73–82.

Maron, P., Mougel, C., Lejon, D.P.H., Carvalho, E., Bizet, K., Marck, G., Cubito, N., Lemanceau, P., & Ranzard, L. Temporal variability of airborne bacterial community structure in an urban area. In: *Atmospheric Environment*, 2006 (40), pp. 8074–8080.

Matthias-Maser, S., Obolkin, V., Khodzer, T., & Jaenicke, R. Seasonal variation of primary biological aerosol particles in the remote continental region of Lake Baikal/Siberia. In: *Atmospheric Environment*, 2000 (34), pp. 3805–3811.

Pearce, D., Bridge, P., Hughes, K., Sattler, B., Psenner, R., & Russell, N. Microorganisms in the atmosphere over Antarctica. In: *FEMS Microbiology Ecology*, 2009 (69), pp. 143–157. doi:10.1111/j.1574-6941.2009.00706.x.

Ravva, S., Hernlem, B., Sarreala, C., & Mandrella, R. Bacterial communities in urban aerosols collected with wetted-wall cyclonic samplers and seasonal fluctuations of live and culturable airborne bacteria. In: *Journal of Environmental Monitoring*, 2012 (14), issue 2, pp. 473–481.

Shaffer, T., & Lighthart, B. Survey of Culturable Airborne Bacteria at Four Diverse Locations in Oregon: Urban, Rural, Forest, and Coastal. In: *Microbial Ecology*, 1997 (34), issue 3, pp. 167–177.

Tong, Y., & Lighthart, B. Diurnal distribution of total and culturable atmospheric bacteria at a rural site. In: *Aerosol Science and Technology*, 1999 (30), pp. 246–254. doi:10.1080/027868299304822.

Tong, Y., & Lighthart, B. The annual bacterial particle concentration and size distribution in the ambient atmosphere in a rural area of the Willamette Valley, Oregon. In: *Aerosol Science and Technology*, 2000 (32), pp. 393–403. doi:10.1080/027868200303533.

Williams, J., De Reus, M., Krejci, R., Fischer, H., & Ström, J. Application of the variability-size relationship to atmospheric aerosol studies: estimating aerosol lifetimes and ages. In: *Atmospheric Chemistry and Physics*, 2002 (2), pp. 133–145. doi:10.5194/acp-2-133-2002.

Womack, A., Bohannan, J., & Green, J. Biodiversity and biogeography of the atmosphere. In: *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 2010 (365), pp. 3645–3653. doi.org/10.1098/rstb.2010.0283.

Xu, C., Wei, M., Chen, J., Sui, X., Zhu, C., Li, J., Zheng, L., Sui, G., Li, W., Wang, W., Zhang, O., & Mellouki, A. Investigation of diverse bacteria in cloud water at Mt. Tai, China. In: *Science of the Total Environment*, 2017 (580), issue 15, pp. 258–265.

Xu, C., Wei, M., Chen, J., Zhu, C., Li, J., Xu, X., Wang, W., Zhang, Q., Ding, A., Kan, H., Zhao, Z., & Mellouki, A. Profile of inhalable bacteria in PM_{2.5} at Mt. Tai, China: Abundance, community, and influence of air mass trajectories. In: *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 2019 (168), pp. 110–119.

I.S. Andreeva, A.S. Safatov, L.I. Puchkova, E.K. Emelyanova,
G.A. Buryak, S.E. Olkin, I.K. Reznikova, O.V. Ohlopkova
Koltsovo, Novosibirsk, Russia

CULTURABLE MICROORGANISMS IN HIGH-ALTITUDE ATMOSPHERIC AEROSOL SAMPLES COLLECTED ABOVE NORTHERN SIBERIA BY AIRCRAFT SOUNDING

Abstract. To contribute to the comprehensive study of atmospheric pollution in Siberia, aircraft sounding was carried out in Northwestern Siberian along the following route: Novosibirsk – Surgut – Igarka – Novosibirsk. This work was aimed at studying the quantity and representation of culturable microorganisms and other biogenic components of the atmosphere at altitudes up to 8,000 m. The air samples were collected to impingers (flow rate 50 ± 5 L/min) where 50 ml of Hanks' solution (ICN Biomedicals) was used as the sorbing liquid and applied on the fibrous filters. The concentration of biogenic material was recorded, and the concentration and diversity of culturable microorganisms were determined in total protein samples. It was found that the samples of atmospheric air contained 158 mesophilic and psychophilic microorganisms represented by such genera as *Micrococcus*, *Staphylococcus*, *Bacillus*, *Nocardia*, *Arthrobacter*, and *Rhodococcus*. Also, Actinomycete, yeast and fungal cultures were also isolated. Non-sporiferous bacteria were widely presented at all altitudes. Enzymatic activity of the isolated microorganisms and a number of pathogenicity factors present were investigated. The data on quantity and representation of culturable microorganisms and other biogenic components at altitudes up to 8000 m in Northwestern Siberia were obtained for the first time. It is a significant contribution to the study of the atmosphere of this region. The patterns of the observed biodiversity of microorganisms, associated with the sampling altitude or geographic location, should be determined in further research.

Key words: atmosphere; bioaerosol; atmospheric aerosol; culturable microorganism; enzymatic activity; Siberia; Eurasia; North.

About the authors: Irina Sergeevna Andreeva¹, Candidate of Biological Sciences (PhD), Associate Professor, Leading Researcher; Alexander Sergeevich Safatov², Doctor of Technical Sciences, Head of Department; Larisa Ivanovna Puchkova³, Candidate of Biological Sciences (PhD), Leading Researcher; Elena Konstantinovna Emelyanova^{4,5}, Candidate of Biological Sciences (PhD), Senior Researcher, Associate Professor at the Department of Hygiene and Ecology; Galina Alekseevna Buryak⁶, Researcher; Sergei Evgenyevich Olkin⁷, Leading Researcher; Irina Konstantinovna Reznikova⁸, Senior Researcher; Olesya Viktorovna Ohlopkova⁹, Junior Researcher.

Place of employment: ^{1-4,6-9}State Research Center of Virology and Biotechnology "Vector" of Rospotrebnadzor; ⁵Novosibirsk State Medical University.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке проекта YAK-Sib 2017 (CNRS, France) и Государственного задания Роспотребнадзора 14/18.

Андреева И.С., Сафатов А.С., Пучкова Л.И., Емельянова Е.К., Буряк Г.А., Олькин С.Е., Резникова И.К., Охлопкова О.В. Культивируемые микроорганизмы в высотных пробах аэрозолей воздуха севера Сибири в ходе самолетного зондирования атмосферы // Вестник Нижневартовского государственного университета. 2019. № 2. С. 3–11.

Andreeva I.S., Safatov A.S., Puchkova L.I., Emelyanova E.K., Buryak G.A., Olkin S.E., Reznikova I.K., Ohlopkova O.V. Culturable microorganisms in high-altitude atmospheric aerosol samples collected above northern Siberia by aircraft sounding // Bulletin of Nizhnevartovsk State University. 2019. No. 2. P. 3–11.

УДК: 579.243, 581.14

Е.Ю. Езунова, М.Ю. Шарипова, Ш.Р. Абдуллин
г. Уфа, Россия

ИЗУЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ТРЕХ ШТАММОВ ЦИАНОБАКТЕРИЙ *NOSTOC CF. PUNCTIFORME* VAUCH

Аннотация. Представлены результаты исследования жизненного цикла трех штаммов (Пк20ж, Чх55 и Св31ж) нитчатой азотфиксирующей цианобактерии *Nostoc cf. punctiforme* Vauch. Широкое распространение данных микроорганизмов, высокий адаптационный потенциал, неприхотливость к условиям искусственного культивирования, высокие темпы роста и особенности физиолого-биохимических процессов (способность к оксигенному фотосинтезу, азотфиксации и др.) определяют успешность их выбора в качестве биотехнологического объекта. Исследование свойств вида *Nostoc cf. punctiforme* и его дальнейшее возможное использо-

вание в различных областях биотехнологии может затрудниться из-за специфичного и малоизученного жизненного цикла. Изучение жизненного цикла проходило с помощью метода «висячей капли», а также при прямом микроскопировании культур цианобактерий, инокулированных в свежую питательную среду Громова № 6. Было выявлено, что все штаммы цианобактерий проходят несколько этапов развития: образование гормогониев (*st. oscillatorioideus* (вторичные гормогонии), 2-е сутки), прорастание гормогониев (*st. oscillatorioideus* (осцилляториеподобное состояние), *st. cylindrospermoideus* (цилиндроспермоподобное состояние), *st. anabaenoideus* (анабеноподобное состояние); 2–5-е сутки), переходный этап от нитчатых стадий к колониальным (*st. angulato-flexuosus* (зигзаговидные трихомы), 5–17-е сутки), и колониальный (*st. punctiforme*, с 14-х суток и более месяца; *st. sphaericus*, *st. stratosus*). Время прохождения стадий развития в лабораторной гетерогенной популяции по сравнению с развитием изолированных гормогониев увеличивается на 2-3 дня, при этом размножение вторичными гормогониями может начаться на любом этапе жизненного цикла. Также у трех штаммов выявлен различный характер образования гетероцист. Полученные результаты свидетельствуют о влиянии условий культивирования на протекание жизненного цикла и о внутривидовой изменчивости штаммов, выделенных из разных местообитаний.

Ключевые слова: *Nostoc*; цианобактерии; штамм; жизненный цикл; стадия развития.

Сведения об авторах: Елена Юрьевна Егупова¹, лаборант кафедры биохимии и биотехнологии; Марина Юрьевна Шарипова², доктор биологических наук, профессор кафедры физиологии и общей биологии; Шамиль Раисович Абдуллин³, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории ботаники.

Место работы: ^{1,2}ФГБОУ ВО «Башкирский государственный университет», ³ФГБУН «Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии» ДВО РАН

Контактная информация: ^{1,2}450076, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Заки Валиди, д. 32; ¹egupowaelena@yandex.ru.

Цианобактерии являются наиболее сложно морфологически и генетически устроенными организмами среди прокариотов. Это обуславливает их широкое распространение и высокий адаптационный потенциал по отношению к негативным биотическим и абиотическим факторам окружающей среды. Кроме того, неприхотливость к условиям искусственного культивирования и высокие темпы роста, особенности физиолого-биохимических процессов (способность к оксигенному фотосинтезу, фиксации молекулярного азота и др.) (Громов 1976), частое обнаружение цианобактерий в симбиотических взаимоотношениях определяют необходимость выявления и поддержания их биоразнообразия, а также успешность выбора в качестве биотехнологического объекта. Однако для решения теоретических и прикладных задач биологии, биотехнологии и экологии необходимо более полное понимание биологических особенностей цианобактерий, в частности, морфологического разнообразия популяций, данных по которым в настоящее время всё еще недостаточно.

Известно, что нитчатые и колониальные цианобактерии в естественных и лабораторных популяциях чаще всего находятся в разных возрастных состояниях (*status*), которые морфологически зачастую очень сильно отличаются друг от друга, но являются сходными со зрелыми особями представителей других родов цианобактерий. Так, в работе Н.В. Кондратьевой (1975) у индивидов рода *Nostoc* Vauch. наблюдаются *status oscillatorioideus*, *st. cylindrospermoideus*, *st. anabaenoideus*, *st. angulato-flexuosus*, *st. punctiforme*, *st. sphaericus*, *st. strato-*

sus. Возрастное состояние *st. oscillatorioideus* характеризуется расположением прямых или слегка изогнутых гормогониев, удлиняющихся и собирающихся в пучки, где они располагаются относительно параллельно; *st. cylindrospermoideus* – прорастанием и увеличением в ширину гормогониев, прямыми осцилляториеподобными нитями с терминальными гетероцистами; *st. anabaenoideus* – подобно *st. cylindrospermoideus*, но с интеркалярными гетероцистами; *st. angulato-flexuosus* – возникновением зигзаговидных нитей с расширенными клетками, появлением косых перегородок и зачатков колониальной слизи; *st. punctiforme* – точковидными микроскопическими колониями, образующимися из зигзаговидных нитей, окруженных колониальной слизью; *st. sphaericus* – шаровидными и полусферовидными колониями до 5 мм в диаметре; *st. stratosus* – повторным разделением и слиянием нитей и колоний, относящихся к предыдущим этапам развития (Кондратьева, Кислова 1992). Морфологические преобразования, происходящие в течение жизненного цикла, ведут к проявлению полного комплекса признаков, свойственных определенным видам (Schübler et al. 1997). Понимание закономерностей чередования стадий развития позволит точнее идентифицировать таксономическую принадлежность цианобактерий, так как зачастую разные стадии морфологически очень сильно отличаются друг от друга (Вассер и др. 1989), а также наиболее эффективно использовать их в сфере биотехнологической промышленности (Кокшарова 2008) или биоиндикации (Шкундина и др. 2010). Последнее обусловлено тем, что на внутривидовое разно-

образии цианобактерий могут оказывать влияние те или иные экологические факторы, в результате чего могут произойти изменения жизненного цикла (Veserra-Absalon, Tavera 2009).

Nostoc – род нитчатых азотфиксирующих цианобактерий, обладающих сложным жизненным циклом с дифференцированием клеток на гетероцисты, акинеты и гормогонии, способных к образованию ассоциаций, сообществ и биопленок с участием различных микроорганизмов. Представителей рода можно найти в почве, на влажных скалах, на дне водоемов (как пресных, так и соленых), редко в морских местообитаниях (Голлербах и др. 1953; Komarek 2013), а также в экстремальных, в частности, в пещерах (Abdullin, Sharipova 2004; Абдуллин 2005; Абдуллин, Миркин 2015). Целью данной работы является изучение жизненного цикла трех штаммов цианобактерии *Nostoc* sp., выявление особенностей и длительности их стадий развития, морфологических преобразований, образования гетероцист.

Материалы и методы

Материалом для исследований послужили штаммы цианобактерий Пк20ж (выделен из грунта пещеры Геологов-2, Пермский край), Св31ж (выделен из грунта пещеры Северная, Свердловская область) и Чх55 (выделен из грунта пещеры под висячим камнем, г. Уфа). Для выделения альгологически чистых культур применяли стандартные микробиологические методы (Шарипова, Дубовик, 2012). Штаммы культивировались в жидкой минеральной среде Громова № 6 при комнатной температуре и освещенности 760 лк с периодичным пересевом раз в два месяца. Для изучения жизненного цикла использовали два метода. Метод «висячей капли» (Сиренко и др. 1975): в каплю помещали несколько гормогониев цианобактерии (гормогонии – многоклеточные фрагменты трихомов цианобактерий, служащие для размножения и способные к передвижению). Второй метод: инокуляция 30-дневных культур цианобактерий (0,5 г сырой биомассы на 30 мл среды) в жидкую питательную среду Громова № 6 в чашки Петри. Дальнейшее культивирование проходило при комнатной температуре и естественном освещении. Ежедневные наблюдения в течение месяца проводили при помощи микроскопа Levenhuk, данные обрабатывали с использованием программы Levenhuk Tour View. Наблюдения проводили в не менее чем 3 биологических повторностях в чашках Петри и препарате «висячая капля», где было просмотрено не менее 100 трихомов.

Систематическую принадлежность цианобактерий устанавливали с помощью молекулярно-генетического анализа. Штаммы цианобактерий собирали во время экспоненциальной фазы роста и концентрировали центрифугированием. Общая геномная ДНК была выделена согласно Echt et al. (1992) с некоторыми модификациями (Kiselev et al. 2015). Для амплификации гена 16S рРНК и соответствующей области внутреннего транскрибированного спейсера (ITS) 16S–23S использовали следующие праймеры: праймер 1 ITS-340R (5'-CTC TGT GTG CCT AGG TAT CC-3') согласно Wilmotte et al. (1993) и праймер 2 CYA359F (5'-GGG GAA TTT TCC GCA ATG GGG-3') согласно Nübel et al. (1997), как ранее подробно описано Boyer et al. (2001). ПЦР-амплификацию проводили с помощью T100 Thermal Cycler (Bio-Rad Laboratories, Inc., США). Продукты ПЦР очищали реагентом для очистки продуктов ПЦР ExoSAP-IT (Affymetrix Inc., США) и секвенировали в обоих направлениях в Инструментальном центре биотехнологии и геномной инженерии ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН с использованием генетического анализатора ABI 3500 (Applied Biosystems, США) с набором для секвенирования BigDye Terminator v. 3.1 (Applied Biosystems, Maryland, USA) и теми же праймерами, которые использовались для ПЦР.

Последовательности были собраны с помощью пакета Staden v.1.4 (Bonfield et al. 1995) и выровнены вручную в программе SeaView (Galtier et al. 1996).

Результаты и обсуждение

Результаты поиска BLAST показали, что штамм Пк20ж генетически наиболее близок в GenBank к штамму *Nostoc* sp. CALU 907 (KX424439.1), штамм Св31ж – к штамму *Nostoc* sp. CMT-1BRIN-NPC12 clone E2 (MH427677.1), штамм Чх55 – к штамму Uncultured *Nostoc* sp. clone UK104 (JQ007802.1). Таким образом, все три штамма являются видами рода *Nostoc*. С помощью определителей (Голлербах и др. 1951; Komarek 2013) на основании морфологических особенностей штаммы были определены как *Nostoc cf. punctiforme*.

Отправной точкой изучения жизненного цикла штаммов *Nostoc cf. punctiforme* стало выделение, перенос в висячую каплю и в чашки Петри и дальнейшее наблюдение гормогониев, массовое образование которых вызывается обычно значительным изменением условий среды (например, увеличение в окружающей среде количества питательных веществ). Поэтому для их получения небольшое количество биомассы цианобактерий инокулировали в

свежую минеральную среду Громова № 6, после чего уже на 2–3 день у всех трех штаммов наблюдали образование гормогониев (*st. oscillatorioideus*). Так как трихомы цианобактерий в процессе роста переплетаются между собой беспорядочным образом, было решено отдельно в «висячей капле» проследить развитие трех гормогониев штамма Пк20ж (рис. 1).

В последующие дни (2–5-е сутки) происходило прорастание гормогониев, при котором

трихомы утратили способность к движению, начали активно делиться в длину, клетки трихомов расширялись (не всегда равномерно по всей длине нити).

Уже на 5-е сутки было отмечено появление первых косых перегородок и зигзаговидное искривление нити (переход к *st. angulato-flexuosus*). На 6-е сутки стадия проявилась более отчетливо (рис. 2), при этом образования гетероцист не наблюдалось.

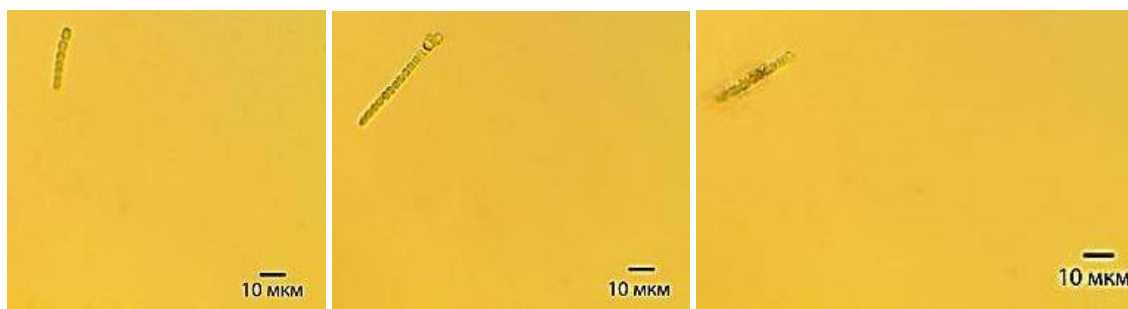


Рис. 1. *Nostoc cf. punctiforme*. Пк20ж – *st. oscillatorioideus*, 2-е сутки



Рис. 2. *Nostoc cf. punctiforme*. Пк20ж – *st. angulato-flexuosus*, 6-е сутки

Далее также происходило удлинение трихомов с последующим расширением вегетативных клеток, искривлением нитей и поперечным делением клеток. На 8-е сутки на участках нитей, где происходило наибольшее сгущение клеток, можно было заметить начало образования первичного влагилица вокруг трихома (рис. 3). Это свидетельствует о начале перехода к следующей стадии развития – *st. punctiforme*. К этой стадии относят точковидные микроскопические колонии, образующиеся из зигзаговидных нитей, вокруг которых возникли влага-

лица, затем превращающиеся в колониальную слизь (Кондратьева, Кислова 1992).

Через две недели с начала эксперимента стадия *st. punctiforme* стала ярко выраженной (рис. 4). Однако, несмотря на то, что на 15-е сутки микроколонии приобрели более четкие границы, их рост и формирование на этом не закончились, и к 19-му дню две из трех колоний приобрели почти шаровидную форму, тогда как третья проявила тенденцию к образованию кружевовидной колонии, стала более рыхлой и начала распадаться на отдельные трихомы (рис. 5).



Рис. 3. *Nostoc cf. punctiforme*. Пк20ж – переход со *st. angulato-flexuosus* к *st. punctiforme*, 8-е сутки

Рис. 4. *Nostoc cf. punctiforme*. Пк20ж – *st. punctiforme*, 15-е суткиРис. 5. *Nostoc cf. punctiforme*. Пк20ж – *st. punctiforme*, 19-е сутки

Как известно, размножение у цианобактерий со сложным жизненным циклом может происходить не только у особей, находящихся на конечных стадиях развития, но и на промежуточных и даже начальных стадиях (Вассер и др. 1989). Так и в нашем случае, с 19-го дня на стадии *st. punctiforme* начался процесс образования вторичных гормогониев, проходящий явно интенсивнее в третьей колонии (рис. 6).

Через три недели (22-е сутки наблюдений) все три микроскопические колонии приобрели кружевидную форму, причем у двух из них наблюдался четко оформившийся сферический центр, из которого в разные стороны

выходили многочисленные переплетенные трихомы разной длины (рис. 7).

Через месяц наблюдения можно было заметить, что как вышедшие из колоний вторичные гормогонии, так и направленные в разные стороны трихомы колоний развиваются морфологически в той же последовательности, и в тех же временных рамках, что и первоначально отобранные особи (рис. 8). К этому моменту диаметр микроколоний достиг 150 мкм в диаметре, еще не произошло перехода из *st. punctiforme* в *st. sphaericus*, которая характеризуется различными глазами шаровидными и полушаровидными колониями до 3,5 мм в диаметре.

Рис. 6. *Nostoc cf. punctiforme*. Пк20ж – *st. punctiforme*, образование вторичных гормогониев, 19-е суткиРис. 7. *Nostoc cf. punctiforme*. Пк20ж – *st. punctiforme*, 22-е сутки

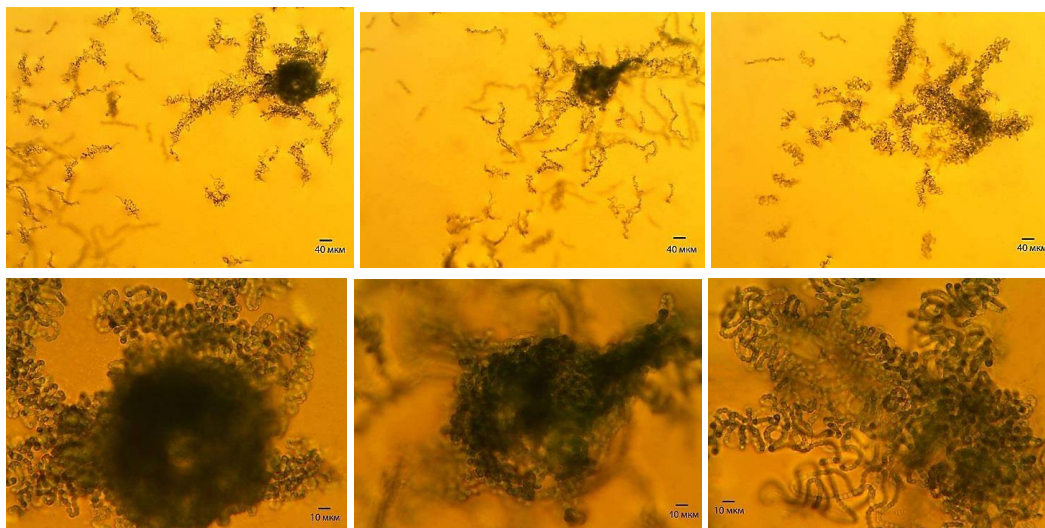


Рис. 8. *Nostoc cf. punctiforme*. Пк20ж – st. punctiforme, 31-е сутки

Можно предположить, что выявленные нами периоды смены возрастных стадий характерны в целом для многих представителей рода *Nostoc* и часто зависят от экологических факторов. Так, например, известно, что появление st. punctiforme (Кондратьева 1989) в жизненном цикле *Nostoc linckia* Vorn. ex Vorn. et Flah. было отмечено на 5–8-е сутки при высоком уровне освещенности и на 23–25-е сутки при низком (в нашем случае на 15-е при естественном комнатном освещении).

Также было исследовано развитие цианобактерий в чашках Петри со свежей жидкой питательной средой Громова № 6, для чего были использованы культуры штаммов цианобактерий Пк20ж, Св31ж и Чх55 в возрасте 1 месяца, в количестве 0,5 г биомассы на чашку. При этом филаменты цианобактерий находились в разных возрастных состояниях (st. oscillatioideus, st. cylindrospermoideus, st. anabaenoides, st. angulato-flexuosus, st. punctiforme). Бы-

ло выявлено, что процесс смены стадий развития штаммов в чашках Петри отставал по времени в сравнении с таковым в препарате «висячая капля» на 2–3 дня, при этом морфологически и морфометрически прохождение разных стадий совпадало. Так, стадия st. angulato-flexuosus была отмечена на 8-е сутки (рис. 9), а st. punctiforme – на 17-е (рис. 10). При st. punctiforme отмечено образование беспорядочного переплетения зигзаговидных трихомов, из которого через месяц наблюдений формировались центры микроколоний.

При проведении опыта в чашках Петри появление вторичных гормогониев наблюдали уже со 2–3-го дня наблюдения. Возможно, помимо изначальной возрастной разнородности, это связано с наличием достаточного количества питательных веществ и стремлением популяции наиболее полно занять жизненное пространство.



Рис. 9. *Nostoc cf. punctiforme*. – st. angulato-flexuosus, 8-е сутки
Слева – штамм Св31ж, справа – штамм Чх55

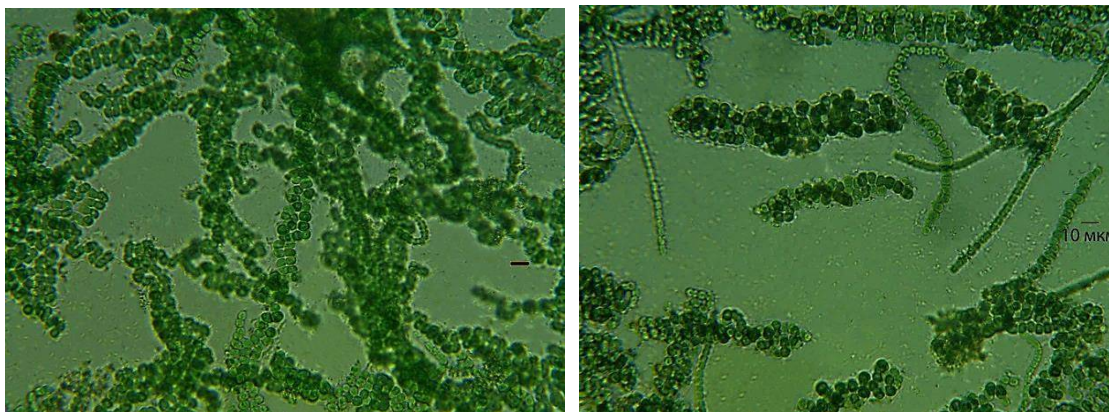


Рис. 10. *Nostoc cf. punctiforme*– *st. punctiforme*, 17-е сутки
Слева – штамм Св31ж, справа – штамм Чх55

Также у штамма Чх55 на 4-е сутки эксперимента было выявлено наличие стадий *st. cylindrospermoides* и *st. anabaenoides* (доминирования индивидов, находившихся в этих двух состояниях, не было). Первая характеризуется прямыми осцилляториеподобными нитями с терминальными гетероцистами, а вторая – с интеркалярными (рис. 11). При этом первая гетероциста у штамма Пк20ж в препарате «висячая капля» появилась лишь на 15-е сутки, а у штамма Св31ж подобной дифференциации клеток вовсе не наблюдалось. Известно, что образование гетероцист зачастую связано с ограни-

ченным наличием связанного азота в среде (Meeks et al. 2002). Однако все три штамма находились в одинаковых условиях (температура, освещенность, состав питательной среды), в связи с чем можно предположить, что подобное различие объясняется внутривидовой изменчивостью, отмеченной у цианобактерий на популяционном, клеточном и субклеточном уровнях (Баулина 2005). Так как все штаммы выделены из разных местообитаний, то различия в их клеточной дифференцировке могут служить адаптацией к местным факторам окружающей среды (Паламарь-Мордвинцева, Царенко 2010).



Рис. 11. *Nostoc cf. punctiforme*. Чх55 – *st. cylindrospermoides* (слева) и *st. anabaenoides* (справа)

Таким образом, в процессе исследования жизненного цикла штаммов цианобактерии *Nostoc cf. punctiforme* было выявлено:

1. Все штаммы проходят несколько этапов развития: образование гормогониев (*st. oscillatorioides*, 1-е сутки), их прорастание – удлинение, увеличение ширины клеток и появление гетероцист (*st. oscillatorioides*, *st. cylindrospermoides* и *st. anabaenoides*; 2–5-е сутки), переходный этап от нитчатых стадий к колониальным – косое или продольное деление клеток, появление зачатков колониальной слизи (*st. angulato-flexuosus*, 5–7-е сутки), колониальную стадию – характерный этап для цианобак-

терий рода *Nostoc*, образование микро- и макроколоний (*st. punctiforme*, с 14-х суток и более месяца; *st. sphaericus*, *st. stratosus*).

2. Время прохождения стадий развития в гетерогенной популяции сдвигается в сторону увеличения на 2–3 дня по сравнению с развитием изолированных гормогониев. В связи с этим изучение реакции вида на изменение условий окружающей среды и подбор оптимальных условий культивирования позволит в дальнейшем максимально полно использовать его в биотехнологических целях, в частности, при создании биопрепаратов для применения в сельском хозяйстве, при биотестировании и биоиндикации.

3. Различный характер образования гетероцист у трех исследованных штаммов служит, вероятно, проявлением внутривидовой изменчивости цианобактерии *Nostoccf. punctiforme*.

Полученные нами данные помогут в отборе перспективных штаммов для биотехнологии и в дальнейшем могут использоваться при

проведении различных физиолого-биохимических исследований (например, при определении образуемых цианобактериями вторичных метаболитов), результаты которых могут, вероятно, отличаться на разных этапах развития данных микроорганизмов.

ЛИТЕРАТУРА

- Абдуллин Ш. Р. 2005. Цианобактерии и водоросли пещеры Шульган-Таш (Каповой): Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Уфа.
- Абдуллин Ш. Р., Миркин Б. М. 2015. Синтаксономия цианобактериально-водорослевых ценозов пещер России и некоторых сопредельных государств // Растительность России 27, 3–23.
- Баулина О. И. 2005. Ультраструктурная пластичность цианобактерий: Дис. ... д-ра биол. наук. М.
- Водоросли. Справочник. 1989 / Под ред. С.П. Вассер. Киев: Наукова думка.
- Голлербах М. М., Косинская Е. К., Полянский В. И. 1953. Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 2. Синезеленые водоросли. М.: Советская наука.
- Громов Б. В. 1976. Ультраструктура синезеленых водорослей. Л.: Наука.
- Кокшарова О. А. 2008. Цианобактерии: перспективные объекты научного исследования и биотехнологии // Успехи современной биологии 7, 3–20.
- Кондратьева Н. В. 1975. Морфогенез и основные пути эволюции гормоногиевых водорослей. Киев: Наукова думка.
- Кондратьева Н. В., Кислова О. А. 1992. Жизненные циклы *Nostoc* Vauch. (Cyanophyta), общие сведения // Альгология 2(4), 123–126.
- Кондратьева Н. В. 1989. Морфология популяций прокариотических водорослей. Киев: Наукова думка.
- Определитель синезеленых водорослей СССР. 1951 / Под ред. М.М. Голлербах. Л.: Наука.
- Паламарь-Мордвинцева Г. М., Царенко П. М. 2010. Биогеография водорослей Украины, ее особенности, проблемы и перспективы // Альгология 3, 253–280.
- Сиренко Л. А., Сакевич А. И., Осипов Л. Ф., Лукина Л. Ф., Кузьменко М. И., Козицкая В. Н. 1975. Методы физиолого-биохимического исследования водорослей в гидробиологической практике. Киев: Наукова думка.
- Шарипова М. Ю., Дубовик И. Е. 2012. Современные методы альгологии: Учеб. пособие. Уфа: Изд-во БашГУ.
- Шкундина Ф. Б., Дубовик И. Е., Киреева Н. А., Шарипова М. Ю., Никитина О. А., Турьянова Р.Р., Гуламанова Г. А., Ядыкина М. Г., Полева А. О., Климина И. П., Смирнова Н. Г., Гареева А. М. 2010. Использование водорослей и цианопрокариот для мониторинга территорий городов республики Башкортостан // Известия Самарского научного центра РАН 12(1-4), 1183–1187.
- Abdullin Sh. R., Sharipova M. Yu. 2004. Studies of algae in the Shulgan-Tash (Kapova) Cave, South Ural, Russia // Cave and Karst Science 31(2), 83–86.
- Becerra-Absalon I., Tavera R. 2009. Life cycle of *Nostoc sphaericum* (Nostocales, Cyanoprokaryota) in tropical wetlands // Nova Hedwigia 88(1-2), 117–128.
- Bonfield J. K., Smith K. F., Staden R. 1995. A new DNA sequence assembly program. Nucl Acids Res 23:4992–4999. URL: <https://doi.org/10.1093/nar/23.24.4992>.
- Boyer S. L., Flechtner V. R., Johansen J. R. 2001. Is the 16S–23S rRNA internal transcribed spacer (ITS) region a good tool for use in molecular systematics and population genetics? A case study in cyanobacteria. // Molecular Biology and Evolution 18, 1057–1069. URL: <http://dx.doi.org/10.1093/oxfordjournals.molbev.a003877>.
- Echt C. S., Erdahl L. A., McCoy T. J. 1992. Genetic segregation of random amplified polymorphic DNA in diploid cultivated alfalfa // Genome 35(1), 84–87.
- Galtier N., Gouy M., Gautier C. 1996. Seaview and phylo-win: two graphic tools for sequence alignment and molecular phylogeny // Computer Applications in the Biosciences 12, 543–548.
- Kiselev K. V., Dubrovina A. S., Tyunin A. P. 2015. The methylation status of plant genomic DNA influences PCR efficiency // Journal of plant physiology 175, 59–67.
- Komarek J. 2013. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bd. 19 (3). Cyanoprokaryota. III. Heterocytousgenera. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.
- Meeks J. C., Campbell E. L., Summers M. L., Wong F. C. 2002. Cellular differentiation in the cyanobacterium *Nostoc sp.* // Archives Microbiology 178(6), 395–403.
- Nübel U., Garcia-Pichel F., Muyzer G. 1997. PCR primers to amplify 16S rRNA genes from cyanobacteria // Applied and Environmental Microbiology 63, 3327–3332.
- Schüßler A., Meyer T., Gehrig H., Kluge M. 1997. Variations of lectin binding sites in extracellular glycoconjugates during the life cycle of *Nostoc sp.*, a potentially endosymbiotic cyanobacterium // European Journal of Phycology 32(3), 233–239.

Wilmotte A., Van der Auwera G., De Wachter R. 1993. Structure of the 16S ribosomal RNA of the thermophilic cyanobacterium *Chlorogloeopsis* HTF (*Mastigocladus laminosus* HTF') strain PCC7518, and phylogenetic analysis // FEBS Letters 317, 96–100. URL: [http://dx.doi.org/10.1016/0014-5793\(93\)81499-P](http://dx.doi.org/10.1016/0014-5793(93)81499-P).

REFERENCES

- Abdullin, Sh.R. Tsianobakterii i vodorosli peshchery Shulgan-Tash (Kapovoj) [Cyanobacteria and algae of the Shulgan-Tash cave (Kapova)]: Author's abstract of thesis for Candidate Degree in biological sciences. Ufa, 2005. (In Russian).
- Abdullin, Sh.R., & Mirkin B.M. Sintaksonomiya cianobakterialno-vodoroslevykh cenozov peshcher Rossii i nekotorykh sopredelnykh gosudarstv [Syntaxonomy of cyanobacteria- algae cenoses of caves of Russia and some adjacent states]. In: Rastitelnost Rossii, 2015 (27), 3–23. (In Russian).
- Baulina, O.I. Ultrastrukturnaya plastichnost cianobakterij [Ultrastructural flexibility of cyanobacteria]: Author's abstract of thesis for Candidate Degree in biological sciences. Moscow, 2005. (In Russian).
- Vodorosli. Spravochnik [Algae: A Reference Book]. Ed. by S.P. Vasser. Kiev: Naukova dumka, 1989. (In Russian).
- Gollerbakh, M.M., Kosinskaya E.K., & Polyanskij V.I. Opredelitel presnovodnykh vodoroslej SSSR. Vypusk 2. Sinezelenye vodorosli [Field Guide to Freshwater Algae of the USSR. Volume 2. Blue-Green Algae]. Moscow: Sovetskaya Nauka, 1953. (In Russian).
- Gromov, B.V. Ultrastruktura sine-zelenykh vodoroslej [Ultrastructure of Blue-Green Algae]. Leningrad: Nauka, 1976. (In Russian).
- Koksharova, O.A. Tsianobakterii: perspektivnye obekty nauchnogo issledovaniya i biotekhnologii [Cyanobacteria: Promising objects of scientific research and biotechnology]. In: Uspekhi sovremennoj biologii 2008 (7), 3–20. (In Russian).
- Kondratyeva, N.V. Morfogenez i osnovnye puti ehvoljucii gormogonievnykh vodoroslej [Morphogenesis and Main Evolutionary Pathways of Hormogonium Algae]. Kiev: Naukova dumka, 1975. (In Russian).
- Kondratyeva, N.V., & Kislova, O.A. Zhiznennye cikly NostocVauch.(Cyanophyta), obshchie svedeniya [Life cycles of Nostoc Vauch. (Cyanophyta): General information]. In: Algologiya, 1992 (2), issue4, pp. 123–126. (In Russian).
- Kondratyeva, N.V. Morfologiya populyacij prokarioticheskikh vodoroslej [Morphology of Prokaryotic Algae Populations]. Kiev: Naukova dumka, 1989. (In Russian).
- Opredelitel sine-zelenykh vodoroslej SSSR [Field Guide to Algae of the USSR] Ed. by M.M. Gollerbakh. Leningrad: Nauka, 1951. (In Russian).
- Palamar-Mordvintseva, G.M., & Tsarenko, P.M. Biogeografiya vodoroslej Ukrainy, ee osobennosti, problemy i perspektivy [Biogeography of the algae of Ukraine, its features, problems and prospects]. In: Algologiya, 2010 (3), pp. 253–280. (In Russian).
- Sirenko, L.A., Sakevich, A.I., Osipov, L.F., Lukina, L.F., Kuzmenko, M.I., & Kozitskaya, V.N. Metody fiziologo-biohimicheskogo issledovaniya vodoroslej v gidrobiologicheskoy praktike [Methods of physiological and biochemical research of algae in hydrobiological practice]. Kiev: Naukova dumka, 1975. (In Russian).
- Sharipova M.Yu., & Dubovik I.E. Sovremennyye metody algologii: Uchebnoe posobie [Modern Methods of Algology: A Handbook]. Ufa: Izdatelstvo BashGU, 2012. (In Russian).
- Shkundina, F.B., Dubovik, I.E., Kireeva, N.A., Sharipova, M.Yu., Nikitina, O.A., Turyanova, R.R., Gulamanova, G.A., Yadykina, M.G., Poleva, A.O., Klimina, I.P., Smirnova, N.G., & Gareeva, A.M. Ispolzovanie vodoroslej i cianoprokariot dlya monitoringa territorij gorodov respubliki Bashkortostan [Using Algae and Cyanoprokaryotes for monitoring the territories of the cities of the Republic of Bashkortostan]. In: Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra RAN, 2010 (12), issue 1-4, pp. 1183–1187. (In Russian).
- Abdullin, Sh.R., & Sharipova, M.Yu. Studies of algae in the Shulgan-Tash (Kapova) Cave, South Ural, Russia. In: Journal of Cave and Karst Studies, 2004 (31), issue 2, pp. 83–86.
- Becerra-Absalon, I., & Tavera, R. Life cycle of *Nostoc sphaericum* (Nostocales, Cyanoprokaryota) in tropical wetlands. In: Nova Hedwigia, 2009 (88), issue1-2, pp. 117–128.
- Bonfield, J.K., Smith, K.F., & Staden, R. A new DNA sequence assembly program. In: Nucleic Acids Research, 1995 (23), pp. 4992–4999. Retrieved from: <https://doi.org/10.1093/nar/23.24.4992>.
- Boyer, S.L., Flechtner, V.R., & Johansen, J.R. Is the 16S–23S rRNA internal transcribed spacer (ITS) region a good tool for use in molecular systematics and population genetics? A case study in cyanobacteria. In: Molecular Biology and Evolution, 2001 (18), pp. 1057–1069. Retrieved from: <http://dx.doi.org/10.1093/oxfordjournals.molbev.a003877>.
- Echt, C.S., Erdahl, L.A., & McCoy, T.J. Genetic segregation of random amplified polymorphic DNA in diploid cultivated alfalfa. In: Genome, 1992 (35), issue1, pp. 84–87.
- Galtier, N., Gouy, M., & Gautier, C. Seaview and phylo-win: two graphic tools for sequence alignment and molecular phylogeny. In: Computer Applications in the Biosciences, 1996 (12), pp. 543–548.
- Kiselev, K.V., Dubrovina, A.S., & Tyunin, A.P. The methylation status of plant genomic DNA influences PCR efficiency. In: Journal of Plant Physiology, 2015 (175), pp. 59–67.

Komárek, J. Cyanoprokaryota: 3rd Part: Heterocystous Genera. In: Süßwasserflora von Mitteleuropa, Bd. 19 (3). Ed. by B. Büdel, G. Gärtner, L. Krienitz, M. Schagerl. Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum, 2013, pp. 1–1130.

Meeks, J.C., Campbell, E.L., Summers, M.L., & Wong F.C. Cellular differentiation in the cyanobacterium *Nostoc* sp. In: Archives of Microbiology, 2002, pp. 395–403.

Nübel, U., Garcia-Pichel, F., & Muyzer, G. PCR primers to amplify 16S rRNA genes from cyanobacteria. In: Appl. Environ. Microbiol., 1997 (63), pp. 3327–3332.

Schüßler, A., Meyer, T., Gehrig, H., & Kluge, M. Variations of lectin binding sites in extracellular glycoconjugates during the life cycle of *Nostoc* sp., a potentially endosymbiotic cyanobacterium. In: European Journal of Phycology, 1997 (32), issue3, pp. 233–239.

Wilmotte, A., Van der Auwera, G., & De Wachter, R. Structure of the 16S ribosomal RNA of the thermophilic cyanobacterium *Chlorogloeopsis* HTF (*Mastigocladus laminosus* HTF') strain PCC7518, and phylogenetic analysis. In: FEBS Letters, 1993 (317), pp. 96–100. Retrieved from: [http://dx.doi.org/10.1016/0014-5793\(93\)81499-P](http://dx.doi.org/10.1016/0014-5793(93)81499-P).

E.Yu. Egupova, M.Yu. Sharipova, Sh.R. Abdullin
Ufa, Russia

A STUDY OF LIFE CYCLE FEATURES OF THREE STRAINS OF CYANOBACTERIA *NOSTOC CF. PUNCTIFORME* VAUCH

Abstract. The article presents the study of the life cycle of three strains (Pk20j, Ch55 and Sv31j) of filamentous nitrogen-fixing cyanobacteria *Nostoc cf. punctiforme* Vauch. The wide distribution, high adaptation potential, tolerance to the artificial cultivation conditions, high growth rates and peculiar features of physiological and biochemical processes (propensity for oxygenate photosynthesis, nitrogen fixation, etc.) make these microorganisms a convenient biotechnological object of research. Although *Nostoc cf. punctiforme* can find use in various fields of biotechnology, its life cycle is still poorly understood. The methods of the study were the pendent drop method and the microscope observation of bacterial cultures inoculated into fresh Gromov's medium No. 6. It was found that all the strains of cyanobacteria passed through several stages of development: the formation of hormogonia (status oscillatorioideus or secondary hormogonia, day 2), the germination of hormogonia (status oscillatorioideus, status cylindrospermoideus and status anabaenoideus, days 2–5), the transition from filaments to colonies (status angulato-flexuosus, days 5–17), and the formation of colonies (status punctiforme, from day 14 to more than a month; status sphaericus, status stratosus). The time of development in the laboratory heterogeneous population increases by 2–3 days as compared with the development of isolated hormogonia. The reproduction by secondary hormogonia can begin at any stage of the life cycle. Also, the three strains demonstrated different patterns of heterocyst formation. The obtained results indicate that cultivation conditions affect the life cycle of cyanobacteria and strains, isolated from different habitats, have intraspecific variability.

Keywords: *Nostoc*; cyanobacteria; strain; life cycle; development stage.

About the authors: Elena Yuryevna Egupova¹, Department of Biochemistry and Biotechnology; Marina Yuryevna Sharipova¹, Doctor of Biological Sciences, Professor at the Department of Physiology and General Biology; Shamil Raisovich Abdullin², Doctor of Biological Sciences, Leading Researcher of the Laboratory of Botany.

Place of employment: ¹Bashkir State University; ²Federal Scientific Center of the East Asian Terrestrial Biodiversity, Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences.

Егупова Е.Ю., Шарипова М.Ю., Абдуллин Ш.Р. Изучение особенностей жизненного цикла трех штаммов цианобактерий *Nostoc cf. punctiforme* Vauch // Вестник Нижневартковского государственного университета. 2019. № 2. С. 11–20.

Egupova E.Yu., Sharipova M.Yu., Abdullin Sh.R. A study of life cycle features of three strains of cyanobacteria *Nostoc cf. punctiforme* Vauch // Bulletin of Nizhnevartovsk State University. 2019. No. 2. P. 11–20.

УДК 582.29

С.М. Алвердиева
г. Баку, Азербайджан

ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ЛИСТОВАТЫХ ЛИШАЙНИКОВ АЗЕРБАЙДЖАНА

Аннотация. В результате обобщения лихенологических данных по листоватым лишайникам Азербайджана определен уровень их видового разнообразия. Установлено, что все лишайники этой группы относятся к трем классам: Eurotiomycetes, Lecanoromycetes и Lichenomycetes отдела Ascomycota. Они представлены 166 видами, включающими 8 порядков: *Caliciales*, *Candelariales*, *Lecanorales*, *Peltigerales*, *Teloschistales*, *Umbilicariales*, *Verrucariales*, *Lichinales*, 15 семейств: *Candelariaceae*, *Collembataceae*, *Lecanoraceae*, *Lobariaceae*, *Nephromataceae*, *Pannariaceae*, *Parmeliaceae*, *Peltigeraceae*, *Peltylaceae*, *Physciaceae*, *Placynthiaceae*, *Stereocaulaceae*, *Teloschistaceae*, *Umbilicariaceae*, *Verrucariaceae* и 51 род. Из них восемь видов: *Anaptychia elbur-*

siana, *Anaptychia ulothricoides*, *Enchylium ligerinum*, *Phaeophyscia hirsuta*, *Parmelia fraudans*, *Physconia perisidiosa*, *Punctelia rudecta*, *Tuckermannopsis chlorophylla*, *Umbilicaria proboscidea* являются новыми для лишайнофлоры исследуемого региона. Для каждого вида приведены сведения о местонахождении на исследуемой территории, субстрате и принадлежности к экологической группе. Установлено, что основной объем видового разнообразия листоватых лишайников составляют представители пяти семейств, являющихся полиморфными: *Parmeliaceae*, *Physciaceae*, *Collemtaceae*, *Peltigeraceae*, *Umbilicariaceae*, в сумме составляющих 132 вида (79,5% от общего числа видов). В родовом спектре наибольшим видовым разнообразием представлены пять родов: *Peltigera* (17 видов), *Physcia* (15), *Umbilicaria* (13), *Collema* (9) и *Parmelia* (5). По отношению к фактору влажности выделены пять групп: мезофиты, включающие 132 вида, ксерофиты (17), ксеромезофиты (9), гигромезофиты (6), мезоксерофиты (2). В зависимости от типа субстрата листоватые лишайники распределены по пяти эколого-субстратным группам: эпифиты, включающие 53 вида, эпилиты (48), эпигейды (22), эпибриофиты (18) и эврисубстратные (25) видов.

Ключевые слова: Азербайджан; разнообразие; листоватые; лишайники.

Сведения об авторе: Севда Мухтар гызы Алвердиева, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник.

Место работы: Институт ботаники Национальной Академии Наук Азербайджана.

Контактная информация: AZ 1004, Азербайджан, г. Баку, Бадамдарское шоссе, д. 40, тел.: +994125024330, +994125024480, e-mail: sevdaalv@gmail.com.

Введение

Изучение и сохранение биологического разнообразия является одной из важнейших проблем современности. Первым и неизбежным этапом работы для решения этой проблемы являются флористические исследования на определенных территориях. Без знания флоры невозможно решать задачу сохранения генофонда растительного мира, рационального использования растительных ресурсов и организации охраны редких и исчезающих видов. Целью работы было выявление биоразнообразия листоватых лишайников Азербайджана. Основной задачей было составление аннотированного списка с учетом номенклатурных изменений.

Материал и методы

Материалом для данной работы послужила коллекция лишайников (около 1 100 образцов), собранная автором в разные годы с учетом литературных данных: Бархалов (1969, 1983); Новрузов (1990); Алвердиева (2017); Байрамова (2007) и др. Обработка материала осуществлялась по общепринятой в лишайнологии методике, в основе которой лежит анатомо-морфологический метод и применение реактивов (Определитель... 1974). Образцы хранятся в лишайнологическом гербарии Института Ботаники Национальной Академии Наук Азербайджана (ВАК). Номенклатура таксонов приведена по сводке лишайников России (Урбанавичюс 2010); по «Флоре лишайников России (Биология, экология, разнообразие, распространение и методы изучения лишайников)» (2014) с учетом современных изменений (Nordin et al. 2011; Arup et al. 2013; Otalora et al. 2014, а также <http://130.238.83.220/santesson/home.php>).

Результаты исследования и их обсуждение

В результате обобщения литературных данных и оригинальных исследований определено видовое разнообразие листоватых лишайников. Они представлены 166 видами (227 ввт) из 3 классов, 8 порядков, 15 семейств и 51 рода. По видовому богатству доминирующее положение занимает класс *Lecanoromycetes*, включающий 161 вид (215 ввт) из 4 порядков, 12 семейств и 51 рода. *Eurotiomycetes* включает 1 порядок, 1 семейство, 2 рода, 4 вида (6 ввт). Наименьшим числом представлен класс *Lichenomycetes*, включающий всего 1 порядок, 1 семейство и 1 вид. В семейственном спектре основной объем видового разнообразия листоватых лишайников составляют представители пяти семейств, являющихся полиморфными, это: *Parmeliaceae*, *Physciaceae*, *Collemtaceae*, *Peltigeraceae*, *Umbilicariaceae*, в сумме составляющие 132 вида (79,5% от общего числа видов). В родовом спектре наибольшим видовым разнообразием представлены пять родов: *Peltigera* (17 видов), *Physcia* (15), *Umbilicaria* (13), *Collema* (9) и *Parmelia* (5). По отношению лишайников к фактору влажности выделены 5 групп. Большая часть листоватых лишайников на исследуемой территории относится к мезофитам (132 вида; 16%), приуроченным к местобитаниям с умеренной влажностью. Далее идут ксерофиты, включающие 17 видов, ксеромезофиты – 9, гигромезофиты – 6, мезоксерофиты – 2. В результате обобщения гербарной коллекции, собранной на разных субстратах, выделены: эпифиты, включающие 53 вида, эпилиты – 48, эпигейды – 22, эврисубстратные – 25 и эпибриофиты – 18 видов.

Список видов и внутривидовых таксонов листоватых лишайников Азербайджана

Принятые условные обозначения: (БК) – Большой Кавказ; (МК) – Малый Кавказ; (К.-Ар.н.) – Кура-Араксинская низменность.

В списке для каждого вида приводится ссылка на литературу, в которой указан данный вид.

Verrucariaceae:

1. *Dermatocarpon miniatum* (L.) W. Mann. Дерматокарпон матово-красный. – БК; МК; Тальш: (Бархалов 1969: 12; Бархалов 1983: 25; Байрамова 2007: 105; Алвердиева, Новрузов 2014: 28). На скалах. Мезофит.

2. *D. miniatum* var. *compactum* (Lamy) Zahlbr. – БК; МК: (Бархалов 1969: 14; Бархалов 1983: 26; Алвердиева 2007: 142; Алвердиева, Новрузов, 2014: 28). На скалах. Мезофит.

D. miniatum var. *complicatum* (Lightf.) Hellb. – БК; МК; Тальш: (Бархалов 1969: 15; Бархалов 1983: 26; Алвердиева, Новрузов, 2014: 29). На скалах. Мезофит.

3. *D. vellereum* Zschacke. Дерматокарпон шерстистый. – БК; МК; Тальш: (Байрамова 2007: 105; Алвердиева, Новрузов 2014: 29). На камнях и скалах. Мезофит.

4. *Endocarpon adscendens* (Anzi) Müll. Arg. Эндокарпон восходящий. – БК; МК: (Новрузов 1990: 184; Алвердиева, Новрузов 2014: 29). На скалах. Ксерофит.

5. *E. subfoliaceum* Tomim. Эндокарпон слегка листоватый. – МК: (Ганбаров 2007: 71). На почве. Ксерофит.

Physciaceae:

6. *Anaptychia desertorum* (Rupr.) Poelt. Анаптихия пустынная. – БК; МК; Тальш: (Бархалов 1983: 253; Байрамова, 2007: 143). На каменистом субстрате. Ксерофит.

7. *A. elbursiana* (Szatala) Poelt. Анаптихия эльбурская. – МК: (С. Алвердиева, 03.07.2004, Гербарий Института ботаники НАН Азербайджана (ВАК). На известняковых скалах. Ксерофит.

8. *A. runcinata* (With.) J.R. Laundon. Анаптихия струговидная. – Тальш: (Бархалов 1969: 266; 1983: 266; Алвердиева, Новрузов 2014: 125). На мшистых скалах. Мезофит.

9. *Heterodermia dactyliza*. Гетеродермия пальцевидная. – БК: (Новрузов 1990: 299; Алвердиева, Новрузов 2014: 128). На коре деревьев. Мезофит.

10. *H. speciosa* (Wulf.) Trevis. Гетеродермия прекрасная. – БК; МК: (Новрузов 1990: 299; Алвердиева, Новрузов, 2014: 128). На мшистом покрове. Мезофит.

11. *Hyperphyscia adglutinata* (Flörke) Mayrh. ex Poelt. Гиперфисция приклеенная. –

БК; Тальш: (Бархалов 1983: 253; Алвердиева, Новрузов 2014: 128). На стволах деревьев. Мезофит.

12. *Phaeophyscia ciliata* (Hoffm.) Du Rietz. Феофисция реснитчатая. – БК; МК; Тальш: (Бархалов 1983: 252; Новрузов 1990: 292; Алвердиева, Новрузов 2014: 129). На стволах деревьев. Мезофит.

13. *P. hirsuta* (Mereschk.) Essl. Феофисция дымчатая. – К.-Ар.н.: (Алвердиева 2017: 18). На стволах деревьев. Ксерофит.

14. *P. hispidula* (Ach.) Essl. Феофисция мохнатая. – БК; МК; Тальш: (Бархалов 1983: 255; Новрузов 1990: 292; Байрамова 2007: 143; Алвердиева, Новрузов, 2014: 130). На мшистом покрове скал. Мезофит.

15. *P. nigricans* (Florke) Moberg. Феофисция черноватая. – БК; МК; Тальш: (Бархалов 1983: 261; Новрузов 1990: 292; Ганбаров 2007: 118; Алвердиева, Новрузов, 2014: 130). На коре деревьев. Мезофит.

16. *P. orbicularis* (Neck.) Moberg. Феофисция округлая. – БК; МК; Тальш: (Бархалов 1983: 257; Новрузов 1990: 293; Алвердиева 2017: 191; Алвердиева, Новрузов 2014: 130). На стволах деревьев. Мезофит.

17. *P. sciastra* (Ach.) Moberg. Феофисция тене звездчатая. – МК: (Бархалов 1969: 256; С. Алвердиева, 15.07.1985 (ВАК); Ганбаров 2007: 119). На силикатных скалах. Мезофит.

18. *Physcia adscendens* (Fr.) Oliv. Фисция восходящая. – БК; МК; К.-Ар.н.; Тальш: (Бархалов 1983: 249; Новрузов 1990: 293; Алвердиева, Новрузов 2014: 131). На стволах деревьев и кустарников, редко на мшистых камнях. Мезофит.

P. adscendens f. *minor* Barkhal. – БК: (Бархалов 1983: 259). На коре деревьев.

19. *P. aipolia* (Ehrh.) Türnig. Фисция аиполия. – БК; МК; К.-Ар.н.; Тальш: (Бархалов 1983: 250; Алвердиева, Новрузов 2014: 132). На коре и древесине стволов и ветвей деревьев, на каменистом субстрате. Мезофит.

P. aipolia var. *acrita* (Ach.) Hue. – БК: (Бархалов 1983: 233). На коре *Quercus* L.

P. aipolia f. *gibberulosa* Barkhal. – МК: (Бархалов 1969: 236). На кустарниках.

P. aipolia var. *anthelina* (Ach.) Vain. – БК; Тальш: (Бархалов 1969: 236). На кустарниках.

20. *P. biziana* (Massal.) Zahlb. Фисция причудливая. – БК; МК: (Новрузов 1990: 294; Пашаев 2008: 101). На стволах деревьев и каменистом субстрате. Мезофит.

21. *P. caesia* (Hoffm.) Fűrng. Фисция голубовато-серая. – БК; МК; Тальш: (Алвердиева, Новрузов 2014: 133). На камнях и мшистом покрове почвы. Ксеромезофит.

22. *P. caucasica* Stnr. Фисция кавказская. – МК: (Бархалов 1983: 252). На скалах. Мезофит.

23. *P. clementei* (Turner) Lyng. Фисция Клемента. – БК; МК; Талыш: (Алвердиева, Новрузов 2014: 132). На стволах деревьев. Мезофит.

24. *P. dimidiata* (Arnold) Nyl. Фисция двухраздельная. – БК; МК; Талыш: (Бархалов 1983: 120; Новрузов, 1990: 295). На коре деревьев и кустарников, реже на камнях. Мезофит.

25. *P. dubia* (Hoffm.) Lett. Фисция сомнительная. – БК; МК; Талыш: (Алвердиева, Новрузов 2014: 133). На силикатных скалах. Мезофит.

P. dubia f. *szatalica* Novruz. – БК: (Новрузов 1990: 295). На силикатных камнях.

26. *P. endoaurantiaca* Barkhal. Фисция внутриоранжевая. – МК: (Бархалов 1983: 254; Алвердиева, Новрузов 2014: 133). На стволе *Quercus* L. Мезофит.

27. *P. leptalea* (Ach.) DC. Фисция слабая. – БК; МК; Талыш: (Новрузов 1990: 295; Алвердиева, Новрузов, 2014: 135). На стволах деревьев. Ксеромезофит.

28. *P. stellaris* (L.) Nyl. Фисция звездчатая. – БК; МК; Талыш: (Алвердиева, Новрузов 2014: 134). На стволах деревьев. Ксеромезофит.

P. stellaris var. *rosulata* (Ach.) Hue – МК: (Бархалов 1969:258; Бархалов 1983: 262). На кустарнике.

29. *P. subalbinea* Nyl. Фисция сероголубая. – МК: (Novruzov 2003: 59; Алвердиева, Новрузов 2014: 136). На скалах. Ксеромезофит.

30. *P. subnuda* Novruz. Фисция голая. – БК: (Новрузов 1990: 296). На коре *Prunus* L. Мезофит.

31. *P. tenella* (Scop.) DC. Фисция тоненькая. – БК; МК; Талыш; К.-Ар.н.: (Бархалов 1983: 255; Алвердиева, Новрузов 2014: 134). На коре деревьев и кустарников. Мезофит.

32. *P. tribacia* (Ach.) Nyl. Фисция тройчатая. – БК; МК; Талыш: (Алвердиева, Новрузов 2014: 135). На твердых породах. Ксеромезофит.

33. *Physconia distorta* (With.) J.R. Laundon. Фискония закрученная. – БК; МК; Талыш: (Бархалов 1983: 258; Новрузов 1990: 297; Алвердиева 2011: 191). На коре лиственных деревьев, реже на валунах и скалах. Мезофит.

34. *P. grisea* (Lam.) Poelt. Фискония серая. – БК; МК; Талыш; К.-Ар.н.: (Бархалов 1983: 254). На коре лиственных деревьев, реже на мхах, камнях и на земле. Мезоксерофит.

P. grisea f. *alphiophora* (Ach.) Lyng. – МК: (Бархалов 1983: 255). На *Carpinus* L.

P. grisea f. *argypharoides* (Harm.) Elenkin. – МК; БК; Талыш: (Бархалов 1983: 255). На *Carpinus* L.

P. grisea f. *isidiosa* Elenkin. – МК: (Бархалов 1983: 255). На ветвях кустарников.

P. grisea var. *detersa* (Nyl.) Lyng. – МК: (Бархалов 1983: 255). На коре дерева.

P. grisea var. *leucoleiptes* (Tuck.) Elenkin. – БК: (Бархалов 1983: 255). На *Quercus* L.

P. grisea f. *subdetersa* (Nyl.) Elenkin. – МК: (Бархалов, 1983:255). На сухой коре.

P. grisea var. *semifarrea* (Vain.) Lyng. – БК; МК: (Бархалов 1983: 255). На *Quercus* L.

P. muscigena (Ach.) Poelt. Фискония моховая. – БК; МК; Талыш: (Алвердиева, Новрузов 2014: 137). На стволах деревьев, замшелых камнях и скалах. Ксеромезофит.

P. muscigena f. *squarrosa* (Ach.) Lyng. – Талыш: (Алвердиева, Новрузов, 2014: 137). На земляной корочке в углублениях скал.

35. *P. perisidiosa* (Erichsen) Moberg. Фискония изидиозная. – МК: (С.Алвердиева, 07.08.2005, ВАК). На *Quercus* L. Мезофит.

Candelariaceae:

36. *Candelaria concolor* (Dicks.) Stein ap. Kohn. Канделария одноцветная. – БК; МК; Талыш: (Алвердиева, Новрузов 2014: 75). На коре деревьев. Мезофит.

Lecanoraceae:

37. *Rhizoplaca chrysoleuca* (Sm) Zopf. Ризоплака золотисто-белая. – БК; МК; Талыш: (Бархалов 1983: 164). На скалах. Ксерофит.

38. *R. sorediata* (Vain.) S.Kondr. & Kärnefelt. Русавския соредиозная. – МК; Талыш (Бархалов 1983: 235). На камнях. Мезофит.

Parmeliaceae:

39. *Brodoa intestiniformis* (Vill.) Goward. Бродоа кишкообразная. – БК: (Алвердиева, Новрузов, 2014: 106). На силикатных камнях, в горах. Мезофит.

40. *Cetrelia olivetorum* (Nyl.) Culb. et C. Culb. Цетрерия оливковая. – БК; МК; Талыш: (Алвердиева, Новрузов 2014: 101). На стволах деревьев, реже на мшистых камнях. Гигромезофит.

41. *Flavoparmelia caperata* (L.) Hale. Флавопармелия морщинистая. – БК; МК; Талыш: (Алвердиева, Новрузов 2014: 105). На коре деревьев, на замшелых скалах. Мезофит.

42. *F. soredians* (Nyl.) Hale. Флавопармелия соредиальная. – МК: (Бархалов 1983: 191). На стволах деревьев. Мезофит.

43. *Flavopunctelia flaventior* (Stirt.) Hale. Флавопунктелия желтеющая. – Талыш: (Бархалов 1983: 181). На сухих ветвях и мшистом покрове. Мезофит.

44. *F. soledica* (Nyl.) Hale. Флавопунктелия курчаволистная. – МК: (Бархалов 1983: 195). На коре деревьев. Мезофит.
45. *Hypogymnia bitteri* (Lynge) Ahti. Гипогимния биттера. – БК: (Алвердиева, Новрузов 2014: 105). На стволах деревьев, на почве. Мезофит.
46. *H. physodes* (L.) Nyl. Гипогимния вздутая. – БК; МК: (Бархалов 1983: 105). На коре деревьев. Мезофит.
- H. physodes f. labrosa* (Ach.) Vain. – МК: (Бархалов 1983: 173). На коре деревьев.
47. *H. tubulosa* (Schaer.) Nav. Гипогимния трубчатая. – БК; МК; Талыш: (Бархалов 1983: 106). На стволах деревьев, камнях и мхах. Мезофит.
48. *H. vittata* (Ach.) Parrique. Гипогимния ленточная. – МК: (Бархалов 1983: 174). На коре деревьев. Гигромезофит.
49. *Hypotrachyna laevigata* (Sm.) Hale. Гипотрахина сглаженная. – БК; МК; Талыш: (Бархалов 1983: 184; Новрузов 1990: 247; Пашаев 2008: 87). На стволах деревьев. Мезофит.
50. *Imshaugia aleurites* (Ach.) S.L.F. Meyer. Имшаугия мучнистая. – МК: (Пашаев 2008: 86). На стволах деревьев. Мезофит.
51. *Melanelia stygia* (L.) Essl. Меланелия темная. – БК; МК; Талыш: (Бархалов 1969: 158; Новрузов 1990: 250). На силикатных камнях. Мезофит.
52. *Melanelixia fuliginosa* (Fr. exDyby) O. Blanco et al. Меланеликсия грязно-бурая. – БК; МК; Талыш: (Бархалов 1983: 181; Новрузов 1990: 245). На коре деревьев, реке на камнях. Мезофит.
53. *M. glabrata* (Lamy) Sander & Arup. Меланеликсия ярко-зеленеющая. – БК; Талыш: (Бархалов 1983: 183; Новрузов 1990: 247; Алвердиева, Новрузов, 2014: 113). На камнях. Мезофит.
54. *M. subargentifera* (Nyl.) O. Blanco et al. Меланеликсия маловетвистая. – БК; МК; Талыш: (Алвердиева, Новрузов 2014: 110). На стволах деревьев. Мезофит.
55. *M. subaurifera* (Nyl.) O. Blanco et al. Меланеликсия золотиносная. – БК; МК; Талыш: (Бархалов 1983: 193; Алвердиева, Новрузов 2014: 115). На стволах деревьев. Мезофит.
56. *Melanohalea elegantula* (Zahlbr.) O. Blanco et al. Меланохалея изященькая. – БК; Талыш: (Бархалов 1983: 180; Алвердиева, Новрузов 2014: 107). На коре деревьев. Мезофит.
57. *M. exasperata* (DNot.) O. Blanco. Меланохалея шероховатая. – БК; МК; Талыш: (Бархалов 1969: 137; Бархалов 1983: 180; Байрамова 2007: 127; Новрузов 2004: 98). На коре деревьев. Мезофит.
58. *M. exasperatula* (Nyl.) O. Blanco et al. Меланохалея шероховатистая. – БК; МК; Талыш: (Алвердиева, Новрузов 2014: 108). На стволах и ветвях плодовых и лесных пород, на обработанной древесине и каменном субстрате. Мезофит.
59. *M. infumata* (Nyl.) O. Blanco. Меланохалея нанизанная. – БК; Талыш: (Бархалов 1969: 142; Новрузов 1990: 246). На каменном субстрате. Мезофит.
60. *M. olivacea* (L.) O. Blanco et al. Меланохалея оливковая. – БК; МК; Талыш: (Алвердиева, Новрузов 2014: 109). На коре деревьев и обработанной древесине. Мезофит.
61. *Montanelia soreliata* (Ach.) Divakar, A. Crespo, Wedin et Essl. Монтанелия соредиозная. – БК; МК: (Новрузов 1990: 249; Алвердиева, Новрузов 2014: 110). На силикатных камнях. Мезофит.
62. *Parmelia hypochlysta* (Nyl.) Klem. – Нахчыван: Бабекский, Шахбузский, Шарурский р-ны (Алвердиева, Новрузов 2014: 112). На почве. Мезофит.
63. *P. fraudans* Nyl. Пармелия обманная. – МК: (С.Алвердиева, 08.07.1985). На скалах. Мезофит.
64. *P. glabra* (Schaer.) Nyl. Пармелия оголенная. – БК; МК; Талыш: (Алвердиева, Новрузов 2014: 108). На коре деревьев и кустарников. Мезофит.
65. *P. omphalodes* (L.) Ach. Пармелия пупковидная. – БК; МК; Талыш: (Алвердиева, Новрузов 2014: 108). На силикатных камнях. Мезофит.
66. *P. saxatilis* (L.) Ach. Пармелия скальная. – БК; МК; Талыш: (Новрузов 1990: 248; Новрузов 2004: 99; Бархалов 1969: 153; Алвердиева, Новрузов 2014: 113). На мшистых камнях. Мезофит.
- P. saxatilis f. furfuracea* Linds. – БК: (Бархалов 1983: 190). На мшистых камнях.
- P. saxatilis f. lacinata* (Ericks.) Rassad. – БК: (Новрузов 1990: 249). На камнях.
- P. saxatilis f. pruinosa* Zahlbr. – БК: (Новрузов 1990: 249). На силикатных камнях.
- P. sulcata* Taylor. Пармелия – БК; МК: (Алвердиева, Новрузов 2014: 115). На стволах деревьев. Мезофит.
- P. sulcata f. convoluta* Hillm. – БК: (Новрузов 1990: 250). На силикатных камнях.
- P. sulcata f. rubescens* V. de Lesd. – МК; Талыш: (Бархалов 1969: 163; Алвердиева, Новрузов 2014: 116). На коре деревьев.
- P. sulcata var. discreta* (Oliv.) Hillm. – Талыш: (Бархалов 1969: 163). На коре дерева.
- P. vagans* Nyl. Пармелия блуждающая. – БК; МК; Талыш: (Бархалов 1983: 195; Новрузов

1990: 251). На почве в горных и предгорных степях. Ксеромезофит.

67. *Parmelina carporrhizans* (Taylor) Hale. Пармелина ризиноплодная. – БК; МК; Талыш: (Бархалов 1983: 177; Алвердиева, Новрузов 2014: 112). На коре лиственных пород, редко на мшистом покрове. Мезофит.

68. *P. quercina* (Willd.) Hale. Пармелина дубовая. – БК; МК; Талыш: (Бархалов 1983: 107; Новрузов 1990: 246; Алвердиева 2004: 261; Байрамова 2007: 128). На стволах деревьев. Мезофит.

69. *P. tiliacea* (Hoffm.) Hale. Пармелина кожистая. – БК; МК; Талыш: (Алвердиева, Новрузов 2014: 117). На стволах деревьев, на скалах и мшистом покрове. Мезофит.

P. tiliacea f. *obscurior* Hillm. – БК; МК; Талыш: (Алвердиева, Новрузов 2014: 117). На камнях и скалах.

70. *Parmeliopsis ambigua* (Wulf.) Nyl. Пармелиопсис сомнительный. – БК: (Новрузов 1990: 243). На стволах деревьев. Мезофит.

71. *Parmotrema cetratum* (Ach.) Hale. Пармотрема щитоносная. – БК: (Новрузов 1990: 244). На коре деревьев, замшелых скалах, почве. Мезофит.

72. *P. perlatum* (Huds.) M.Choisy. Пармотрема жемчужная. – БК; МК; Нахчыван; Талыш: (Алвердиева, Новрузов 2014: 117). На коре деревьев. Мезофит.

73. *P. praesorediosum* (Nyl.) Hale. Пармотрема предсоредиезная. – Талыш: Ленкоранский р-н (Бархалов 1969: 149). На коре *Quercus* L. Ксерофит.

74. *P. reticulatum* (Taylor) M.Choisy. Пармотрема сетчатая. – БК; Талыш: (Бархалов 1983: 188). На коре деревьев, замшелых камнях. Мезофит.

75. *P. stuppeum* (Taylor) Hale. Пармотрема паклевидная. – БК: (Новрузов 1990: 250; Алвердиева, Новрузов 2014: 115). На коре деревьев, на замшелых камнях. Гигромезофит.

76. *Pleurosticta acetabulum* (Neck.) Elix et Lumbsch. Плевростикта блюдчатая. – БК; МК; Талыш: (Бархалов 1983: 174; Новрузов 1990: 243; Байрамова 2007: 127; Пашаев 2008: 86). На коре деревьев. Мезофит.

77. *Punctelia borrieri* (Sm.) Krog. Пунктелия Боррера. – БК; МК; Талыш: (Алвердиева, Новрузов 2014: 119). На стволах деревьев. Мезофит.

78. *P. rudecta* (Ach.) Krog. Пунктелия сухая. – МК: (Алвердиева 2004: 261). На мшистом покрове скал. Мезофит.

79. *Tuckermannopsis chlorophylla* (Willd.) Hale. Тукерманопсис зеленолиственный. – МК: (С.

Алвердиева, 03.07.1984, ВАК). На коре деревьев. Мезофит.

80. *Vulpicida juniperinus* (L.) J.-E.Mattsson & M.J.Lai. Вулпицида можжевельниковая. – МК: (Байрамова 2007:129). На коре деревьев. Ксерофит.

81. *V. pinastri* (Scop.) J.-E.Mattsson & M.J. Lai. Вулпицида сосновая. – Ширван: (Зарбалиев 1995: 14). На коре деревьев. Мезофит.

82. *V. tilesii* (Ach.) J.-E.Mattsson & M.J. Вулпицида Тилезия. – Ширван; МК: (Зарбалиев 1995: 14; Ганбаров 2007: 93). На почве. Мезофит.

83. *Xanthoparmelia conspersa* (Ehrh. ex Ach.) Hale. Ксантопармелия усеянная. – БК; МК; Талыш: (Алвердиева, Новрузов 2014: 122). На силикатных породах. Мезофит.

X. conspersa f. *heterocluta* Mereschk. – БК: (Новрузов 1990: 122). На силикатных камнях.

X. conspersa f. *hypochlysta* Nyl. – МК: (Бархалов 1983:179). На камнях.

X. conspersa f. *isidiata* Anzi. – БК: (Новрузов 1990: 245). На силикатных камнях.

84. *X. loxodes* (Nyl.) O. Blanco, A. Crespo, Elix, D.Hawksw. & Lumbsch. Ксантопармелия неровная. – БК; МК; Талыш: (Алвердиева, Новрузов 2014: 110). На силикатных камнях. Мезофит.

85. *X. pulla* (Ach.) O.Blanco et al. Ксантопармелия темная. – БК; МК; Талыш: (Алвердиева, Новрузов 2014: 111). На почве. Мезофит.

X. pulla f. *corrugata* (Kernst.) DT. – МК: (Бархалов 1983: 67). На камнях.

X. pulla var. *pokornyii* (Körb.) Barkhal. – МК; Талыш: (Бархалов 1983: 187). На выходах скал.

86. *X. stenophylla* (Ach.) Ahti & D.Hawksw. Ксантопармелия узколистная. – БК; МК; Талыш: (Бархалов 1983: 191; Ганбаров 2007: 98). На силикатных камнях, почве и мшистом покрове. Мезофит.

87. *X. verruculifera* (Nyl.) O.Blanco et al. Ксантопармелия темная. – БК: (Бархалов, 1983: 196). На коре деревьев. Мезофит.

Stereocaulaceae:

88. *Squamarina cartilaginea* (With.) P.James. Скварина толстая. – БК; МК; Талыш: (Алвердиева, Новрузов 2014: 93). На известняковых скалах, в расщелинах скал и на почве. Ксерофит.

89. *S. gypsacea* (Sm.) Poelt. Скварина гипсовая. – БК; МК; К.-Ар.н.: (Алвердиева, Новрузов 2014: 93). На известняковых скалах и карбонатной почве, на равнинах и в горах. Ксерофит.

90. *S. lentigera* (Web.) Poelt. Скварина чечевиценозная. – БК; МК: (Алвердиева, Нов-

рузов 2014: 94). На известняковых скалах и карбонатной почве, на равнинах и в горах. Ксерофит.

Collemataceae:

91. *Blennothallia crispa* (Weber ex F.H.Wigg.) Otálora P.M.Jørg. et Wedin. Бленноталлия курчавая. – БК; МК; К.-Ар.н.: (Бархалов 1969: 24; Алвердиева, Новрузов 2014: 165). На известняковых скалах и глинистой почве. Ксерофит.

92. *Collema flaccidum* (Ach.) Ach. Коллема вялая. – БК; МК; Талыш: (Бархалов 1983: 52; Новрузов, 1990: 203; Алвердиева 2011: 191). На скалах, пнях, коре деревьев, мшистом покрове. Гигромезофит.

93. *C. furfuraceum* (Arn.) DR. Коллема шелушистая. – БК; МК; Талыш: (Бархалов 1969: 28; Новрузов 1990: 203; Алвердиева 2004: 261; Пашаев 2008: 70). На коре лиственных пород деревьев. Мезофит.

94. *C. granulatum* (L.) Röhl. Коллема чешуйчатая. – БК; МК; К.-Ар.н.: (Алвердиева, Новрузов 2014: 167). На почве. Ксерофит.

95. *C. kansuense* H.Magn. Коллема. – МК: (Ганбаров 2007: 82). На почве. Мезофит.

96. *C. minutum* H.Magn. – МК: (Байрамова 2007: 10; Ганбаров 2007: 85). На почве. Ксерофит.

97. *C. minor* (Pakh.) Tomlin. Коллема маленькая. – МК: (Байрамова 2007: 110; Ганбаров 2007: 82). На почве. Мезофит.

98. *C. nigrescens* (Huds.) DC. Коллема черноватая. – БК; МК; Талыш: (Алвердиева, Новрузов 2014: 168). На стволах деревьев. Мезофит.

99. *C. ryssoleum* (Tuck.) A.Schneid. Коллема грубоморщинистая. – Талыш: (Бархалов 1983: 55). На скалах. Мезофит.

100. *C. subnigrescens* Degel. Коллема почти черная. – БК; МК; Талыш: (Бархалов 1983: 55; Новрузов 1990: 204). На стволах деревьев. Мезофит.

101. *Enchylium conglomeratum* (Hoffm.) Otálora, P.M.Jørgensen et Wedin. Энхилиум клубкообразный. – МК: (Бархалов 1983: 51). На стволах лиственных пород. Мезофит.

102. *E. ligerinum* (Hy) Otálora, Jørgensen et Wedin. Энхилиум лигерийский. – МК: (С. Алвердиева, 24.06.1984, ВАК). На коре деревьев. Мезофит.

103. *E. limosum* (Ach.) Otálora P.M.Jørgensen et Wedin. Энхилиум топяной. – МК: (Ганбаров 2007: 82). На почве. Мезофит.

104. *E. polycarpon* (Hoffm.) Otálora, P.M.Jørg. et Wedin. Энхилиум многоплодный. – МК; Талыш: (Алвердиева, Новрузов 2014: 168). На скалах. Ксеромезофит.

105. *E. tenax* (Sw.) Gray. Энхилиум вязкий. – БК; МК; К.-Ар.н.; Талыш: (Бархалов 1983: 55; Алвердиева, Новрузов 2014: 169). На земле. Ксеромезофит.

106. *Lathagrium cristatum* (L.) Otálora, P.M. Jørg. et Wedin. Латагриум гребенчатый. – БК; МК; Талыш: (Бархалов 1983: 51; Новрузов 1990: 203; Алвердиева, Новрузов 2014: 166). На стволах деревьев, известняковых скалах и почве. Ксерофит.

L. cristatum var. *marginale* (Huds.) Degel. – БК; МК; Талыш: (Бархалов, 1983: 52; Алвердиева, Новрузов 2014: 166). На почве.

107. *Leptogium azureum* (Sw.) Mont. ar. Web. Лептогиум лазурный. – БК; МК; Талыш: (Бархалов 1969: 39; Новрузов 1990: 204). На замшелых камнях и скалах. Мезофит.

108. *L. corticola* Stein. Лептогиум надкоровый – МК: (Пашаев 2008: 71). На скалах. Мезофит.

109. *L. cyanescens* (Ach.) Kőrb. Лептогиум синеватый. – БК; МК; Талыш: (Бархалов 1983: 56; Новрузов 2004: 85; Байрамова 2007: 110). На мшистых скалах, мхах и стволах деревьев. Мезофит.

L. cyanescens var. *lobulatum* Barkhal. – Талыш: (Бархалов 1983: 56). На мшистом покрове.

110. *L. saturninum* (Dicks.) Nyl. Лептогиум насеченный. – БК; МК; Талыш: (Алвердиева, Новрузов 2014: 170). На коре деревьев и замшелых камнях. Мезофит.

L. saturninum rostantia f. *isidiosum* Barkal. – БК: (Новрузов 1990: 205). На коре деревьев.

111. *Rostania ceranisca* (Nyl.) Otálora, P.M.Jørg. et Wedin) – МК: (Ганбаров 2007: 81). На почве. Ксерофит.

112. *Scytinium fragrans* (Sm.) Otálora, P.M.Jørg. et Wedin. Сцитиниум пахучий – БК; МК; Талыш: (Бархалов 1983: 53; Новрузов 2004: 84; Байрамова 2007: 110). На стволах деревьев. Ксеромезофит.

113. *S.gelatinosum* (With.) Otálora, P.M.Jørg. et Wedin. Сцитиниум студенистый. – БК; МК: (Бархалов 1983: 58; Новрузов 1990: 205). На коре деревьев и замшелых скалах. Мезофит.

114. *S. lichenoides* (L.) Otálora, P.M.Jørg. et Wedin. Сцитиниум лишайниковый. – БК; МК; Талыш: (Бархалов 1983: 56; Алвердиева, Новрузов 2014: 170). На замшелых скалах, гнилых пнях и почве. Мезофит.

S. lichenoides f. *fimbriatum* (Ach.) Zahlbr. – БК: (Бархалов 1983: 57). На замшелой почве.

S. lichenoides var. *lophaeum* (Ach.) Zahlbr. – МК: (Бархалов 1969: 36; Бархалов 1983: 57; Алвердиева, Новрузов 2014: 170). На замшелых камнях.

S. lichenoides var. *pulvinatum* (Hoffm.) Zahlbr. – Талыш: (Алвердиева, Новрузов 2014: 170). На замшелых скалах.

Pannariaceae:

115. *Pannaria conoplea* (Ach.) Bory. Паннария коноплевая. – БК; МК; Талыш: (Алвердиева, Новрузов 2014: 172). На деревьях. Мезофит.

116. *Parmeliella triptophylla* (Ach.) Müll. Arg. Пармелиелла трехлистная. – МК; Талыш: На замшелых скалах. Ксерофит.

Placynthiaceae:

117. *Pterygium conferciens* Nyl. Птеригий пучковатый. – Талыш: (Алвердиева, Новрузов 2014: 199). На известняках. Ксерофит.

Lobariaceae:

118. *Lobaria amplissima* (Scop.) Forss. Лобария широкая. – БК; МК: (Новрузов 1990: 202; Новрузов 2004: 83; Байрамова 2007: 109). На коре деревьев. Мезофит.

119. *L. pulmonaria* (L.) Hoffm. Лобария легочная. – БК; МК; Талыш: (Бархалов 1983: 62; Алвердиева, Новрузов 2014: 173). На стволах деревьев и замшелых камнях. Мезофит.

L. pulmonaria f. *isidiosa* Zahlbr. – БК; Талыш: (Бархалов 1983: 63). На коре.

L. pulmonaria f. *papillaria* (Del.) Hue. – БК: (Бархалов 1969: 49; Бархалов 1983: 63). На *Quercus* L.

L. pulmonaria f. *sorediata* (Schaer.) Zahlbr. – БК; Талыш: (Бархалов 1969: 51; Алвердиева, Новрузов 2014: 173). На мшистых камнях и коре деревьев.

120. *L. scrobiculata* (Scop.) DC. Лобария бородавчатая. – Талыш: (Бархалов 1983: 64). На мшистой коре лиственных пород деревьев. Мезофит.

121. *Lobaria virens* (With.) J.R. Laundon. Лобария ярко-зеленая. – Талыш: (Бархалов 1983: 62). На мшистом покрове. Мезофит.

L. virens var. *glabratula* Oliv. – Талыш: (Бархалов 1969: 140). На коре деревьев.

Nephromataceae:

122. *Nephroma helveticum* Ach. Нефрома швейцарская. – БК; МК; Талыш: (Алвердиева, Новрузов 2014: 174). У основания стволов деревьев, на пнях и мшистом покрове скал. Мезофит.

123. *N. laevigatum* Ach. Нефрома гладенькая. – Талыш: (Бархалов 1983: 66; Алвердиева, Новрузов 2014: 174). На коре деревьев и мшистом покрове. Мезофит.

N. laevigatum f. *minutocarum* Barkhal. – Талыш: (Бархалов 1983: 66; Алвердиева, Новрузов 2014: 174). На коре деревьев.

124. *N. parile* Ach. Нефрома ровная. – БК; МК; Талыш: (Алвердиева, Новрузов 2014: 174).

На замшелых камнях, на пнях, стволах деревьев, на почве. Мезофит.

125. *N. resupinatum* (L.) Ach. Нефрома завернутая. – БК; Талыш: (Бархалов 1983: 67). На замшелых ветвях и камнях, у основания стволов деревьев. Мезофит.

N. resupinatum f. *fuscum* Massal. – Талыш: (Бархалов, 1983: 67). На замшелых скалах.

Peltigeraceae:

126. *Peltigera aphthosa* (L.) Willd. Пельтигера пупырчатая. – БК; МК: (Алвердиева, Новрузов 2014: 175). На почве, замшелых камнях, на скалах и древесине. Мезофит.

127. *P. canina* (L.) Willd. Пельтигера седоватая. – БК; МК; Талыш: (Бархалов, 1969: 60; Бархалов 1983: 67; Алвердиева, Новрузов 2014: 175). На почве, замшелых камнях, пнях, среди мхов и травянистых растений, на стволах деревьев. Мезофит.

P. canina f. *leucorrhiza* Flk. – БК; МК; Талыш: (Бархалов 1983: 69; Алвердиева, Новрузов 2014: 176). На мшистом покрове почвы.

P. canina f. *spongiosa* Tuck. – БК; МК; Талыш: (Бархалов 1969: 64; Бархалов 1983: 70; Алвердиева, Новрузов 2014: 176). На мшистых камнях и на почве.

P. canina f. *ullorrhiza* (Flk.) Schaer. – БК; МК; Талыш: (Алвердиева, Новрузов 2014: 176). На мшистой земле.

P. canina var. *crispata* Kickx. – Талыш: (Бархалов 1983: 69). На почве.

P. canina var. *subcanina* (Gyeln.) Oxn. – БК; МК; Талыш: (Алвердиева, Новрузов 2014: 176). На замшелой почве, камнях, пнях и скалах.

128. *P. collina* (Ach.) Schrad. Пельтигера холмовая. – БК; Талыш: (Бархалов 1983: 76; Новрузов 1990: 198; Ганбаров 2007: 80). На замшелых стволах и пнях, камнях, реже на почве. Мезофит.

129. *P. didactyla* (With.) J.R. Laundon. Пельтигера ложная. – БК; МК; Талыш: (Бархалов 1983: 71; Алвердиева, Новрузов 2014: 180). На почвенных наносах скал, на замшелой почве, камнях и пнях. Мезофит.

P. didactyla f. *rufa* (Krmplh.) Koltz. – МК: (Бархалов 1983: 77). На почве.

P. elisabethae Gyeln. Пельтигера Элизабет. – МК: (Ганбаров 2007: 75). На почве. Мезофит.

130. *P. horizontalis* (Huds.) Baumg. Пельтигера горизонтальная. – БК; МК; Талыш: (Алвердиева, Новрузов 2014: 177). На замшелой почве, камнях и на пнях. Мезофит.

P. horizontalis f. *lacunculata* Gyeln. – Талыш: (Алвердиева, Новрузов 2014: 177). На почве.

131. *P. lepidophora* (Nyl.) Vain. Пельтигера чешуеносная. – БК; МК; Талыш: (Алвердиева, Новрузов 2014: 177). На почве и замшелых скалах. Мезофит.
132. *P. leucophlebia* (Nyl.) Gyeln. Пельтигера беложилковая. – МК: (Ганбаров 2007: 76). На почве. Мезофит.
133. *P. lyngei* Gyeln. Пельтигера люнге. – МК: (Ганбаров 2007: 76). На почве. Мезофит.
134. *P. malacea* (Ach.) Funck Пельтигера мягкая. – МК; Талыш: (Алвердиева, Новрузов 2014: 177). На почве, гниющих пнях, выходах скал. Мезофит.
135. *P. mauritzi* Gyeln. Пельтигера мауриции. – БК: (Бархалов 1983: 73; Ганбаров, 2007: 76). На почве. Мезофит.
136. *P. membranacea* (Ach.) Nyl. Пельтигера перепончатая. – Талыш: (Бархалов 1983: 73). На мшистом покрове почвы. Мезофит.
137. *P. neckeri* Herpex Müll.Arg. Пельтигера неккера. – БК: (Бархалов 1983: 74). На почве и мхах. Мезофит.
138. *P. polydactylon* (Neck.) Hoffm. Пельтигера полидактиловидная. – БК; МК; Талыш: (Бархалов 1983: 73; Новрузов 1990: 199; Новрузов 2004: 86; Алвердиева 2004: 261). На замшелых камнях, скалах, почве, пнях, у основания стволов деревьев. Мезофит.
- P. polydactylon* f. *collina* Nyl. – Талыш: (Бархалов 1983: 74). На замшелых скалах и на почве.
139. *P. praetextata* (Flörke ex Sommerf.) Zopf. Пельтигера окаймленная. – БК; МК; Талыш: (Алвердиева, Новрузов 2014: 178). На мшистом покрове. Мезофит.
140. *P. rufescens* (Weiss) Humb. Пельтигера рыжеватая. – БК; МК; Талыш: (Бархалов 1983: 75; Новрузов 1990: 199; Алвердиева 2004: 261; Байрамова 2007: 108; Ганбаров 2007: 78). На мшистом покрове почвы, мшистых камнях и скалах. Ксеромезофит.
- P. rufescens* f. *incusa* (Flot.) Körb. – БК; МК; Талыш: (Алвердиева, Новрузов 2014: 179). На выходах скал, замшелых камнях и скалах, на мшистом покрове почвы.
141. *P. venosa* (L.) Hoffm. Пельтигера жилковая. – БК; МК: (Алвердиева, Новрузов 2014: 180). На почве. Мезофит.
142. *Solorina bispora* Nyl. Солорина двуспоровая. – БК: (Бархалов 1983: 64; Ганбаров 2007: 80). На почве. Гигромезофит.
143. *S. crocea* (L.) Ach. Солорина шафранная. – МК: (С. Алвердиева, 26.07.1986, ВАК). На почве. Мезофит.
144. *S. octospora* Arnold. Солорина восьмиспоровая. – МК: (Ганбаров 2007: 81). На почве. Мезофит.
145. *S. saccata* (L.) Ach. Солорина мешковидная. – БК; МК: (Бархалов 1983: 65). На почве. Гигромезофит.
- Teloschistaceae:**
146. *Polyscauliona candelaria* (L.) Frödén et al. Поликаулиона восковидная. – БК; МК; Талыш: (Алвердиева, Новрузов 2014: 180). На коре деревьев и на камнях. Мезофит.
- P. candelaria* var. *caespitosa* Hillm. – Талыш: (Бархалов 1983: 238). На коре деревьев.
147. *P. polycarpa* (Hoffm.) Frödén et al. Поликаулиона многоплодная. – БК: (Бархалов 1983: 240). На коре деревьев. Мезофит.
148. *P. verruculifera* (Vain.) Arup, Frödén & Söchting. Поликаулиона бородавконосная. – (Бархалов, 1983: 236). На скалах. Мезофит.
149. *Rusavskia elegans* (Link) S.Kondr. & Kärnefelt. Русавский эlegantная. – БК; МК; Талыш: (Бархалов, 1983: 233; Алвердиева, Новрузов, 2014: 193). На камнях и скалах. Ксерофит.
150. *Xanthomendoza fallax* Söchting, Kärnefelt & S.Kondr. Ксантомендоза обманчивая. – БК; МК: (Алвердиева, Новрузов 2014: 193). На стволах деревьев. Мезофит.
151. *Xanthoria aureola* (Ach.) Erichs. Ксантория желтая. – БК; МК; Талыш: (Бархалов 1983: 233; Алвердиева, Новрузов 2014: 192). На камнях и скалах. Ксеромезофит.
152. *X. calcicola* Oxp. Ксантория известняковая. – БК; МК: (Алвердиева, Новрузов 2014: 193). На известняках и силикатных камнях. Мезофит.
153. *X. parietina* (L.) Beltr. Ксантория настенная. – БК; МК; Талыш: (Алвердиева, Новрузов 2014: 193). На коре лиственных и хвойных деревьев, обработанной древесине, стенах, крышах, известняковых и силикатных скалах, на мхах и лишайниках. Ксеромезофит.
- X. parietinavar. adpressa* Mer. – БК; МК; Талыш: (Алвердиева, Новрузов 2014: 193). На коре деревьев.
- X. parietinaf. chlorina* (Chev.) Oliv. – БК; МК; Талыш: (Бархалов 1983: 239). На коре деревьев и камнях.
- X. parietinaf. cinerascens* (Leight.) Berg. – Талыш: (Бархалов 1983: 240). На ветвях чайного куста.
- X. parietinaf. nodulosa* (Flok.) Hillm. – Талыш: (Бархалов 1983: 240). На кустарниках.
- X. parietinaf. polyphylla* (Fw.) Hillm. – Талыш: (Бархалов 1983: 240). На коре деревьев.
- Umbilicaceae:**
154. *Umbilicaria crustulosa* (Ach.) Frey. Умбиликария корочковая. – МК: (Бархалов 1983: 123). На горных породах. Мезофит.
155. *U. cylindrica* (L.) Del. ex Duby. Умбиликария цилиндрическая. – БК; МК: (Бархалов

1983: 123; Алвердиева, Новрузов 2014: 196). На силикатных камнях. Мезофит.

U. cylindrica f. *fimbriata* (Ach.) Nyl. – БК; МК: (Бархалов 1983: 123). На скалах.

U. cylindrica f. *furcellata* Novruz. – БК: (Новрузов 1990: 270). На скалах.

U. cylindrical f. *nudiuscula* (Schaer.) Frey. – МК: (Бархалов 1983: 124). На скалах.

U. cylindrical var. *complicata* Barkhal. БК; МК: (Алвердиева, Новрузов 2014: 196). На скалах.

U. cylindrical var. *corrugatoides* (Frey) Barkhal. – БК: (Бархалов 1983: 124). На скалах.

156. *U. decussata* (Vill.) Zahlbr. Умбиликария перекрещенная. – БК; МК: (Бархалов 1983: 126). На силикатных скалах. Мезофит.

157. *U. deusta* (L.) Baumg. Умбиликария обугленная. – БК; МК: (Бархалов, 1983: 125; Алвердиева, Новрузов 2014: 197). На камнях и скалах. Мезофит.

158. *U. grisea* Hoffm. Умбиликария мышино-серая. – БК; МК; Талыш: (Бархалов 1983: 125; Алвердиева, Новрузов 2014: 197). На силикатных камнях. Мезофит.

159. *U. hirsuta* (Sw.) Ach. Умбиликария жестковолосистая. – МК; Талыш: (Бархалов 1983: 125; Алвердиева, Новрузов 2014: 197). На силикатных породах. Мезофит.

160. *U. muehlenbergii* (Ach.) Tuck. Умбиликария Мюленберга. – Ширван: (Зарбалиев 1995: 14). На скалах. Мезофит.

161. *U. nylanderiana* (A.Zahlbr.) H.Magn. Умбиликария. Нюландера. – БК; МК: (Бархалов 1983: 123). На скалах. Мезофит.

162. *U. polyphylla* (L.) Baumg. Умбиликария многолистная. – БК; МК: (Бархалов 1983: 126; Алвердиева, Новрузов 2014: 198). На силикатных горных породах. Мезофит.

163. *U. proboscidea* (L.) Schrad. Умбиликария многокорешковая. – МК: (С. Алвердиева, 20.07.1985, ВАК). На скалах. Мезофит.

164. *U. vellea* (L.) Ach. Умбиликария шерстистая. – БК; МК; Талыш: (Бархалов 1983: 126). На скалах. Мезофит.

165. *U. virginis* Schaer. Умбиликария девичья. – МК: (Бархалов 1983: 127). На скалах. Мезофит.

166. *U. subpolyphylla* Oxn. Умбиликария гладковатая. – МК: (Байрамова 2007: 134). На гранитных породах. Мезофит.

Peltulaceae:

167. *Peltula euploca* (Ach.) Poelt ex Ozenda & Clauzade. Пельтулагепена. – БК; МК; Талыш: (Бархалов 1983: 59). На силикатных породах. Мезофит.

Заключение

Таким образом, на основе обобщения имеющегося лишенологического материала составлен полный список листоватых лишайников, включающий 166 видов. Из них 8 видов: *Anaptychia elbursiana*, *Enchylium ligerinum*, *Phaeophyscia hirsuta*, *Parmelia fraudans*, *Physconia perisidiosa*, *Punctelia rudecta*, *Tuckermannopsis chlorophylla*, *Umbilicaria proboscidea* являются новыми для лишенофлоры Азербайджана.

Установлено, что наибольшим видовым разнообразием представлены эпифиты (53 вида), отмеченные в основном в лесных, горно-лесных экосистемах, и эпилиты (48 видов). Преобладание листоватых эпифитов на исследуемой территории обусловлено видовым разнообразием лиственных лесов, большей частью состоящих из древесных пород, таких как: дуб, бук, граб, клен, вяз, фисташка и др. Что касается листоватых эпилитов, их распространение связано с обилием горных пород. Более половины территории Азербайджана заняты горами.

ЛИТЕРАТУРА

- Алвердиева С. М. 2004. Лишайники Кедабекского района // Труды Института ботаники Национальной Академии Наук Азербайджана. Т. 25, 261–264. (На азерб.).
- Алвердиева С. М. 2007. Видовой состав лишайников юго-западной части Малого Кавказа // Труды Института ботаники Национальной Академии Наук Азербайджана. Т. 27, 142–145.
- Алвердиева С. М. 2011. Флора лишайников Ахсуинского района // Труды Института Ботаники Национальной Академии Наук Азербайджана. Баку, Т. 31, 191–194. (На азерб.).
- Алвердиева С. М., Новрузов В. С. 2014. Конспект лишайников Азербайджана. Баку: Элм.
- Алвердиева С. М. 2017. Лишенофлора Азербайджана // Известия Нахчыванского Отделения НАН Азербайджана. Биологические науки. Т. 72, № 1, 36–43.
- Бархалов Ш. О. 1969. Листоватые и кустистые лишайники Азербайджана. Баку: Элм.
- Бархалов Ш. О. 1983. Флора лишайников Кавказа. Баку: Элм.
- Байрамова А. А. 2007. Флора лишайников северо-восточных частей Малого Кавказа и охрана генофонда: Дис. ... канд. биол. наук. Баку. (На азерб.).
- Ганбаров Д. Ш. 2007. Эпигейные лишайники Нахчыванской Автономной республики и их индикаторные особенности: Дис. ... канд. биол. наук. Баку. (На азерб.).
- Зарбалиев С. М. 1995. Флора лишайников Ширвана и пути ее охраны: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Баку. (На азерб.).

Новрузов В. С. 1990. Флорогенетический анализ лишайников Большого Кавказа и вопросы их охраны. Баку: Элм.

Новрузов Э. А. 2003. Новые лишайники и мхи из Азербайджанского Гаразинского заповедника // Известия АНАН Генджинского регионального научного центра 1, 58–60. (На азерб.)

Окснер А. Н. 1974. Определитель лишайников СССР. Морфология, систематика и географическое распространение. Л.: Наука, Вып. 2.

Пашаев Т. Ю. 2008. Флора лишайников Нахчыванской Автономной Республики: Дис. ... канд. биол. наук. Баку. (На азерб.).

Пашаев Т. Ю. 2010. Современное состояние изучения лишайнофлоры Нахчыванской Автономной Республики Азербайджана // Научный журнал Кубанского государственного аграрного университета 63, 1–12.

Урбанавичюс Г. П. 2010. Список лишайнофлоры России. СПб.: Наука.

Флора лишайников России (биология, экология, разнообразие, распространение и методы изучения лишайников). 2014. М.; СПб.

Arup U., Sochting U., Froden P. 2013. A new of the family *Teloschistaceae* // Nordic journal of Botany. Vol. 31.1, 16–83.

Nordin A., Moberg R., Tønsberg T., Vitikainen O. et al. Santesson's. 2011. Checklist of Fennoscandian Lichen-forming and Lichenicolous Fungi. Ver. April 29, 2011. URL: <http://130.238.83.220/santesson/home.php>. (2016. 25 march).

Otalora M., Jorgensen P. M., Wedin M. 2014. A revised generic classification of the jelly lichens. Collemataceae // Fungal Diversity 64, 275–293.

REFERENCES

Alverdiyeva, S.M. Lichens of Gadabay District. In: Proceedings of the Institute of Botany, Azerbaijan National Academy of Sciences, 2004 (60), pp. 261–264. (In Azerb.).

Alverdiyeva, S.M. Species composition of lichens in the South-Western part of the Lesser Caucasus. In: Proceedings of the Institute of Botany, Azerbaijan National Academy of Sciences, 2007 (27), pp. 142–145. (In Azerb.).

Alverdiyeva, S.M. Lichen flora of Aghsu District. In: Proceedings of the Institute of Botany, Azerbaijan National Academy of Sciences, 2011 (31), pp. 191–194. (In Azerb.).

Alverdiyeva, S.M., & Novruzov, V.S. Konspekt lishainikov Azerbaidzhana [Synopsis of Azerbaijan's Lichens]. Baku: Elm, 2014. (In Russian).

Alverdiyeva, S.M. Lichenoflora Azerbaidzhana [Azerbaijan's lichen flora]. In: Proceedings of Nakhchivan Branch of Azerbaijan National Academy of Sciences. Biological Sciences, 2017 (72), issue 1, pp. 36–43.

Barkhalov, Sh. O. Listovatyie i kustistyie lishainiki Azerbaidzhana [Foliose and Fruticose Lichens of Azerbaijan]. Baku: Elm, 1969. (In Russian).

Barkhalov, Sh. O. Flora lishainikov Kavkaza [Lichen Flora of the Caucasus]. Baku: Elm, 1983. (In Russian).

Bayramova, A.A. Lichen flora in the North-Eastern parts of the Lesser Caucasus and protection of genetic pool: Thesis for Candidate Degree in biological sciences. Baku, 2007. (In Azerb.).

Qanbarov, D. Sh. Epigenous lichens of the Nakhchivan Autonomous Republic and their indicative characters: Thesis for Candidate Degree in biological sciences. Baku, 2007. (In Azerb.).

Zarbaliyev, S.M. Lichen flora of Shirvan and means of their protection: Thesis for Candidate Degree in biological sciences. Baku, 1995. (In Azerb.).

Novruzov, V.S. Florogeneticheskij analiz lishainikov Bolshogo Kavkaza i voprosy ikh ohrany [Florogenetic analysis of lichens of the Great Caucasus and issues of their conservation]. Baku: Elm, 1990. (In Russian).

Novruzov, E.A. New lichens and mosses from Azerbaijan's Qarayazy reserve. In: News Collection of Ganja Regional Scientific Centre of the ANAS, 2003 (1), pp. 58–60. (In Azerb.).

Oksner, A.N. Opredelitel lishaynikov SSSR. Vypusk 2. Morfologiya, sistematika i geograficheskoye rasprostraneniye [Identifier of lichens growing in the USSR. Volume 2. Morphology, taxonomy and geographical distribution]. Leningrad: Nauka, 1974. (In Russian).

Pashayev, T.Y. Lichen flora of the Nakhchivan Autonomous Republic: Thesis for Candidate Degree in biological sciences. Baku, 2008. (In Azerb.).

Pashayev, T.Y. Sovremennoe sostoyaniye izucheniya lihenoflory Nahchyivanskoi Avtonomnoi Respubliki Azerbaidzhana [The modern state of studying lichen flora of the Nakhchivan Autonomous Republic, Azerbaijan]. In: Nauchny Zhurnal KubGAU, 2010 (63), pp. 1–12. (In Russian).

Urbanavichus, G.P. Spisok lihenoflory Rossii [A List of Russia's Lichen Flora]. Saint Petersburg: Nauka, 2010. (In Russian).

Flora lishainikov Rossii: Biologiya, ekologiya, raznoobrazie, rasprostraneniye i metody izucheniya lishaynikov [Lichen Flora of Russia: Biology, Ecology, Diversity, Distribution and Methods of Studying Lichens]. Moscow – Saint Petersburg, 2014. (In Russian).

Arup, U., Sochting, U., & Frödén, P. A new taxonomy of the family *Teloschistaceae*. In: Nordic Journal of Botany, 2013 (31), issue 1, pp. 16–83.

Nordin, A., Moberg, R., Tønsberg, T., Vitikainen, O., Åsa Dalsätt, Myrdal, M., Snitting, D., & Ekman, S.A Manual to Santesson's Checklist of Fennoscandian Lichen-forming and Lichenicolous Fungi. Ver. April 29, 2011. Retrieved on March 25, 2019 from: http://130.238.83.220/santesson/Santesson_manual.pdf.

Otalora, M., Jorgensen, P.M., & Wedin, M. A revised generic classification of the jelly lichens, Collemataceae. In: Fungal Diversity, 2014 (64), pp. 275–293.

S.M. Alverdiyeva
Baku, Azerbaijan

DIVERSITY OF FOLIOSE LICHENSPECIES IN AZERBAIJAN

Abstract. This article consolidates lichenological data on foliose lichens of Azerbaijan and addresses their species diversity. It was determined that the studied lichens belong to classes Eurotiomycetes, Lecanoromycetes and Lichenomycetes of the phylum Ascomycota. They are represented by 166 species, including 8 orders: *Caliciales*, *Candelariales*, *Lecanorales*, *Peltigerales*, *Teloschistales*, *Umbilicariales*, *Verrucariales*, *Lichinales*; 15 families: *Candelariaceae*, *Collemataceae*, *Lecanoraceae*, *Lobariaceae*, *Nephromataceae*, *Pannariaceae*, *Parmeliaceae*, *Peltigeraceae*, *Peltylaceae*, *Physciaceae*, *Placynthiaceae*, *Stereocaulaceae*, *Teloschistaceae*, *Umbilicariaceae*, *Verrucariaceae*; and 51 genera. Such species as *Anaptychia elbursiana*, *Enchylium ligerinum*, *Phaeophyscia hirsuta*, *Parmelia fraudans*, *Physconia perisidiosa*, *Punctelia rudecta*, *Tuckermannopsis chlorophylla*, and *Umbilicaria proboscidea* are new to the lichen flora of the studied region. The article provides information on the location in the studied region, the substrate and the ecological group for each species. It was found that the species diversity of foliose lichens is mainly formed by five polymorphic families, such as *Parmeliaceae*, *Physciaceae*, *Collemataceae*, *Peltigeraceae*, and *Umbilicariaceae*, that comprise 132 species (79.5% of the total number of species). Among genera, only five of them have significant species diversity: *Peltigera* (17 species), *Physcia* (15), *Umbilicaria* (13), *Collema* (9) and *Parmelia* (5). As for the humidity factor, five groups were distinguished: mesophytes (132 species), xerophytes (17), xeromesophytes (9), hygromesophytes (6), mesoxerophytes (2). As for the substrate, foliose lichens were divided into five ecological and substrate groups: epiphytes (53 species), epilites (48), epigeids (22), epibryophytes (18), eurysubstrate lichens (25).

Key words: Azerbaijan; species diversity; foliose; lichen.

About the author: Sevda Mukhtar gyzy Alverdiyeva, Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher.

Place of employment: Institute of Botany, Azerbaijan National Academy of Sciences.

Алвердиева С.М. Видовое разнообразие листоватых лишайников Азербайджана // Вестник Нижневартовского государственного университета. 2019. № 2. С. 20–31.

Alverdiyeva S.M. Diversity of foliose lichenspecies in Azerbaijan // Bulletin of Nizhnevartovsk State University. 2019. No. 2. P. 20–31.

УДК 581.95

З.А. Самойленко, Б.Ф. Свириденко
г. Сургут, Россия

НОВЫЕ НАХОДКИ ПОПУЛЯЦИЙ ПИОНА УКЛОНЯЮЩЕГОСЯ В СУРГУТСКОМ РАЙОНЕ ХАНТЫ-МАНСИЙСКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА – ЮГРЫ

Аннотация. В статье описано два новых местонахождения популяций *Paeonia anomala* L. – пиона уклоняющегося (марьяна корня), редкого вида, включенного в Красную Книгу Ханты-Мансийского автономного округа – Югры, обнаруженных в Сургутском районе. Выявлены фитоценотические, топографические и экологические условия произрастания популяций, а также их количественные параметры: численность, плотность, возрастная структура. Первая популяция характеризуется довольно высокими показателями плотности и численности в сравнении с другими популяциями, обследованными ранее, а также значительно большим участием в составе популяции генеративных особей. Другие биометрические параметры (среднее число побегов на одно растение, среднее количество генеративных и вегетативных побегов, высота и число листьев на генеративных и вегетативных побегах) практически не уступают популяциям, развитым в оптимальных для них экологических условиях лесостепи. Вторая популяция уступает по многим показателям (численность, плотность, высота и число листьев генеративных и вегетативных побегов) первой, большинство особей находятся в вегетативном состоянии, среднее количество побегов на одну особь также невелико. Полученные сведения расширяют наши представления о численности и структуре популяций этого редкого и исчезающего вида в регионе.

Ключевые слова: *Paeonia anomala*; новые местонахождения; Красная книга; Ханты-Мансийский автономный округ – Югра.

Сведения об авторах: Зоя Анатольевна Самойленко¹, кандидат биологических наук, доцент кафедры биологии и биотехнологии; Борис Федорович Свириденко², доктор биологических наук.

Место работы: ^{1,2}Сургутский государственный университет.

Контактная информация: ^{1,2}628400, г. Сургут, ул. Энергетиков, д. 22, каб. 633, тел.: 8(3462) 76-31-54, ¹e-mail: zoyasl@yandex.ru; ²bosviri@mail.ru.

Планомерная работа по выявлению новых местонахождений популяций редких видов растений, внесенных в Красную Книгу Ханты-Мансийского автономного округа (2003, 2013), ведется сотрудниками кафедры биологии и биотехнологии Сургутского государственного университета уже более 15 лет. Результаты этой работы нашли свое место в новом издании региональной Красной Книги, опубликованной в 2013 г., а также отражены в ряде публикаций. Данная статья продолжает серию публикаций (Самойленко и др. 2009; Свириденко и др. 2010; Свириденко и др. 2011) о новых находках редкого вида (3 категория) *Raemonia anomala* L. – пиона уклоняющегося в ХМАО – Югре, а именно на территории Сургутского района, где в июне 2018 г. были обнаружены 2 новые популяции этого вида.

Первая популяция отмечена на зарастающем после пожара склоне четвертой надпойменной террасы в долине р. Обь, имеющем юго-восточную экспозицию (рис. 1), с величиной уклона около 35–40°. Географические координаты популяции: 61°09'16" с.ш., 73°25'45" в.д. Площадь выгоревшего участка около 0,6 км², площадь данной популяции *Raemonia anomala* составляет 0,004 км² при длине занимаемого участка 200 м и ширине около 20 м. Выгоревший участок на севере граничит с коренным пихтово-кедровым кустарничково-мелкотравным лесом. Южная часть склона примыкает к одной из проток р. Обь и полосе пойменной луговой растительности, тянущейся вдоль ее русла.

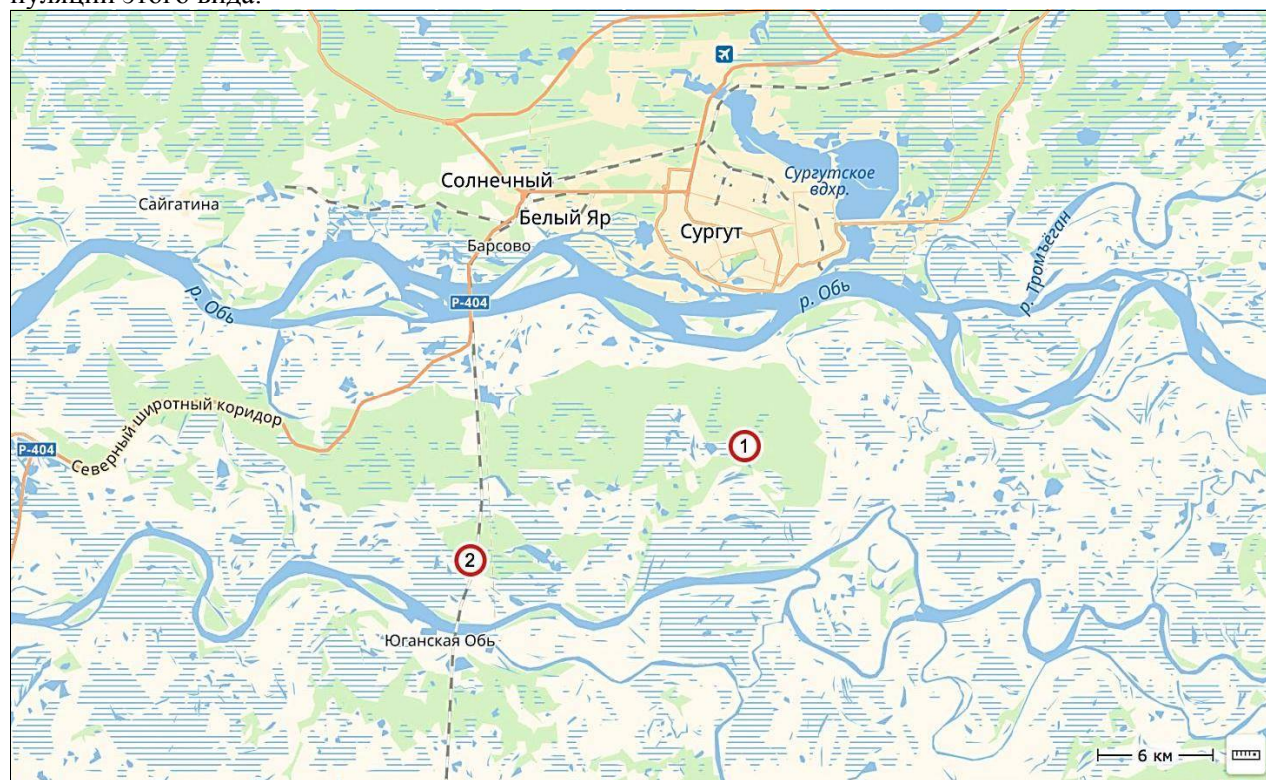


Рис. 1. Новые местонахождения популяций *Raemonia anomala* в Сургутском районе

*Цифрами в кружках обозначены номера популяций

Исходное сообщество представляло собой пихтово-кедровый разнотравный лес, пострадавший от пожара предположительно более 10 лет назад. В настоящее время гарь зарастает осинкой (*Populus tremula* L.) и березой (*Betula pendula* Roth.) высотой 1,5–4,0 м, образу-

ющими нередко густые группы. Изредка в подросте встречается пихта сибирская высотой 1,5 м. Развита ярусность кустарников с общим проективным покрытием (ОП) до 40–45% и трав (рис. 2). Из кустарников присутствуют: *Sorbus sibirica* Hedl. с проективным покрытием

(ПП) 35%, *Rosa majalis* Herrm. (10%), *Viburnum opulus* L. (1%), *Rubus sachalinensis* H. Lev. (5%). На повышенных участках (бывших приствольных повышениях) с невысоким проективным покрытием отмечены кустарнички *Vaccinium vitis-idaea* L. и *Vaccinium myrtillus* L.

Общее проективное покрытие травяного яруса составляет 75%. Ярус разделяется на 2 подъяруса. Первый подъярус – высокотравье высотой до 1,5 м, имеет ОПП около 60%. В его составе доминируют такие виды, как *Milium effusum* L. (30%), *Paeonia anomala* (15–30%), *Aconitum septentrionale* Koelle. (15%), *Cacalia hastata* L. (7%), *Chamerion angustifolium* (L.) Holub. (8%). С небольшим проективным покрытием отмечены: *Hierochloa odorata* (L.) Beauv. (3%), *Polemonium caeruleum* L. (<1%). Во втором подъярусе значительное покрытие (7–18%) имеют *Stellaria bungeana* Fenzl (18%),

Rubus saxatilis L. (8%), *Equisetum pratense* Ehrh. (10%), *Rubus arcticus* L. (5%), *Equisetum sylvaticum* L. С меньшим проективным покрытием представлены *Atragene sibirica* L. (5%), *Maianthemum bifolium* (L.) F.W. Schmidt (5%), *Actaea erythrocarpa* (Fisch.) Freyn (3%), *Galium boreale* L. (3%), *Gymnocarpium dryopteris* (L.) Newm. Присутствуют также *Vicia cracca* L. (2%), *Luzula pilosa* (L.) Willd. (2%), *Paris quadrifolia* L. (1%), *Anemonidium dichotomum* (L.) Holub (1%), *Lactuca sibirica* (L.) Benth. ex Maxim. (1%). В нижней части склона на границе с пойменным лугом отмечены *Lamium album* L., *Filipendula ulmaria* (L.) Maxim. и кустарник *Swida alba* (L.) Oriz. На приствольных повышениях, оставшихся от поврежденного древостоя, встречается мох *Polytrichum juniperinum* Hedw. Флористический состав фитоценоза с участием *Paeonia anomala* представлен 34 видами.



а



б

Рис. 2. Фитоценоз с участием *Paeonia anomala* в долине р. Обь:
а – общий вид, б – генеративные особи *Paeonia anomala* в данном фитоценозе

Численность данной популяции пиона насчитывает 350 особей. Плотность популяции составляет 0,093 особи/м². Распределение особей пиона достаточно равномерное. Если сравнивать с популяциями, описанными нами ранее в Нефтеюганском и Сургутском районах (Самойленко и др. 2009; Свириденко и др. 2010; Свириденко и др. 2011), данная популяция отличается более высокими показателями плотности и численности, а также значительно большим участием в составе генеративных особей (72,6% от числа особей). Известно, что жизненность *Paeonia anomala* зависит от интенсивности освещения, вид предпочитает открытые и полуоткрытые пространства, опушки в пихтово-еловых и смешанных лесах, поляны и лесные луга (Барыкина, Чубатова 2007). Вероятно, пожар оказал положительное воздей-

ствие на развитие данной популяции в связи с увеличением освещенности участка из-за устранения древесного яруса. В то же время пожары в начале вегетации вида могут привести и к уничтожению его популяции. Отмечено, в частности, что примыкающие к изученной популяции участки старой гари подверглись новым пожарам весной 2018 г, в результате чего молодой подрост берез и осин пострадал и, соответственно, сократилась популяция пиона, которая ранее занимала более значительную площадь на данном склоне.

Одним из параметров благоприятного развития популяции пиона является среднее число побегов на одно растение. Этот показатель здесь составил 3,4±0,2 экз. (максимальное число побегов достигало 11 экз. на одно растение), из них среднее количество генеративных

побегов составляло $2,9 \pm 0,2$ экз. (максимум 11 экз.), вегетативных побегов – $0,4 \pm 0,1$ экз. (максимум 4 экз.).

Высота генеративных побегов *Paeonia anomala* составляла $86,5 \pm 0,9$ см ($n = 223$), среднее количество листьев на генеративный побег достигало $8,03 \pm 0,09$ экз. ($n = 223$). Вегетативные побеги имели высоту $52,1 \pm 2,7$ см ($n = 32$), среднее количество листьев на вегетативный побег достигало $5,5 \pm 0,4$ экз. ($n = 32$). По данным показателям обнаруженная популяция не уступает популяциям, развивающимся в оптимальных условиях в лесостепной полосе Западной Сибири (Семенова 2007). Установлен полноценный одновершинный тип возрастного спектра популяции. Наибольшая численность приходится на генеративные особи (72,6%), доля остальных возрастных групп невелика (рис. 4). Данная популяция была обследована в фазе цветения, поэтому семенная продуктивность не изучена.

Вторая популяция найдена на высоком правобережном мезосклоне долины р. Юганская Обь (рис. 1), имеющем южную экспозицию с уклоном $35\text{--}40^\circ$. Географические координаты популяции: $61^\circ 06' 02''$ с.ш., $73^\circ 09' 39''$ в.д. Рельеф склона неоднороден, он прерывается неглубокими логами, обращенными к руслу реки. Популяция сформировалась в березово-кедровом кустарниково-разнотравном лесу (рис. 3). В древесном ярусе преобладает сосна сибирская *Pinus sibirica* DuRoi с небольшим участием *Betula pendula* (формула леса 8К2Б). Сомкнутость крон 0,7. Высота древостоя 25 м, диаметр стволов сосны сибирской в среднем 25–30 см, березы повислой – 16–18 см. Подрост высотой до 3–4 м, средней густоты, выражен преимущественно по днищам логов, образован видами *Pinus sibirica* и *Abies sibirica* Ledeb.

Кустарниковый ярус характеризуется общим проективным покрытием около 10–15%, высотой от 1 до 5 м и образован *Sorbus sibirica* (10%), *Rosa majalis* и *Rosa acicularis* Lindl.

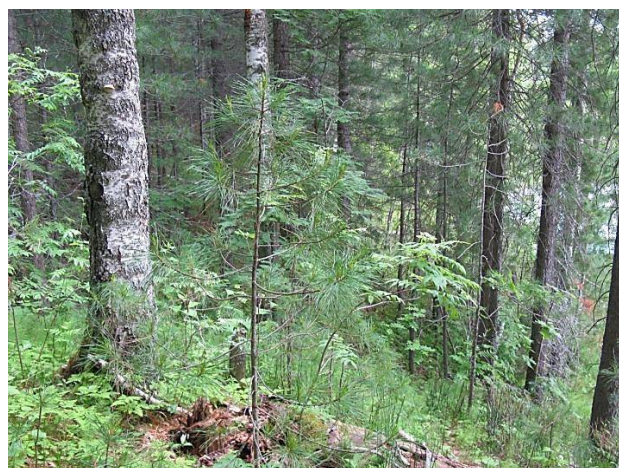
Кустарничковый ярус развит слабо (5–7%) и состоит из видов *Vaccinium vitis-idaea* (1%), *Vaccinium myrtillus* (3%), *Linnaea borealis* L. (3%), *Atragene sibirica* (высота 1–2 м, до 5%).

Травяной ярус развит хорошо (ОПП около 80–85%, высота 25 см), в составе его встречено 27 видов. В травостое доминируют (20–30%) *Rubus saxatilis* и *Aconitum septentrionale*. В качестве содоминантов (10–15%) участвуют *Equisetum sylvaticum*, *Equisetum hyemale* L., *Maianthemum bifolium*, *Gymnocarpium dryopteris*, *Paeonia anomala*. Достаточно обильны (ПП 5–7%) *Equisetum pratense*, *Dryopteris carthusiana* (Vill.) Н.Р. Fuchs., *Cacalia hastata*, *Carex macroura* Meinsh, *Oxali sacetosella* L., *Galium boreale*, *Stellaria bungeana*. Из южно-таежных и неморальных видов растений с небольшим покрытием рассеяно представлены *Milium effusum*, *Geranium sylvaticum* L., *Heracleum sibiricum* L., *Actaea erythrocarpa*, *Paris quadrifolia* L., *Diplazium sibiricum* (Turcz. ex G.Kunze) Kurata.

Единично произрастают *Trientalis europaea* L., *Luzula pilosa*, *Orthilia secunda* (L.) House, *Pyrola minor* L., *Lycopodium annotinum* L.

Из редких и охраняемых растений, внесенных в региональную Красную Книгу (2013), помимо *Paeonia anomala* отмечен очень редкий для региона вид – *Allium victorialis* L. (incl. *A. microdiction* Prokh.), имеющий ПП 6–7%, а местами 50–70%.

Моховой ярус практически отсутствует и представлен *Pleurozium schreberi* (Willd. ex Brid.) Mitt. (до 1%).



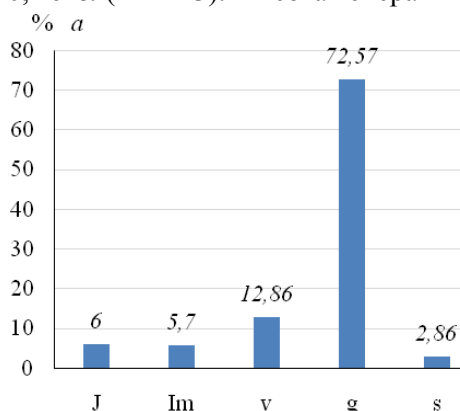
а



б

Рис. 3. Фитоценоз с участием *Paeonia anomala* в долине р. Юганская Обь: а – общий вид, б – генеративная особь *Paeonia anomala* в данном фитоценозе

Площадь этой популяции не превышает 0,002 км². Численность составляет 224 особи, причем генеративные растения редки (6,7% численности). Большинство особей находилось в вегетативном состоянии, из них сенильные растения составили 8,9% (рис. 4б). Среднее количество вегетативных побегов у одного растения равно 0,95±0,3 экз., среднее количество генеративных побегов – 0,04±0,001 экз. Плотность популяции не превышает 0,052 особей/м². Высота вегетативных побегов равна 21,0±0,9 см (n = 113), среднее количество листьев на вегетативный побег составило 3,0±0,1 экз. (n = 113). Высота генеративных по-



бегов *Raevia anomala* составляла 54,2±4,0 см (n = 5), среднее количество листьев на генеративный побег достигало 6,6±0,4 экз. (n = 5). По приведенным популяционным параметрам вторая популяция значительно уступает первой, что, вероятно, связано с большей степенью затенения и использованием вида в декоративных и лекарственных целях.

Возрастной спектр второй исследованной популяции *Raevia anomala* имеет полночленный одновершинный тип, но при малой численности генеративных особей. Данная популяция также была обследована в фазе цветения, поэтому семенная продуктивность не изучена.

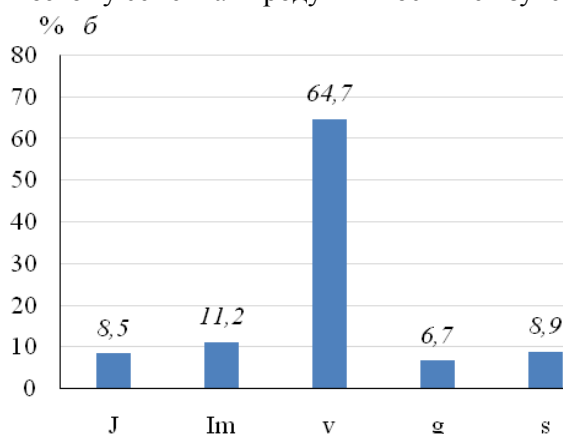


Рис. 4. Возрастные спектры популяций *Raevia anomala* в долине р. Обь (а) и в долине р. Юганская Обь (б) По оси абсцисс – возрастные состояния особей: j – ювенильное, im – имматурное, v – виргинильное, g – генеративное, s – сенильное; по оси ординат – доля особей, %

Популяции *Raevia anomala* в Сургутском районе связаны с высокими террасами Оби и крутыми склоновыми участками южной и юго-восточной экспозиции. Ранее высказанное предположение (Свириденко и др. 2011) о перспективности надпойменных террас долины р. Обь для поиска новых популяций редких видов растений еще раз подтвердилось.

Для сохранения популяций пиона в регионе необходимо контролировать его численность, включать соответствующие экосистемы в число особо охраняемых природных территорий. Также не менее важной является работа с населением по экологическому просвещению и воспитанию с акцентированием внимания на общесоциальной задаче сохранения редких видов биоты региона.

ЛИТЕРАТУРА

- Барыкина Р. П., Чубатова Н. В. 2007. Онтогенез пиона уклоняющегося (*Raevia anomala* L.) // Онтогенетический атлас. Т. V. Йошкар-Ола: Изд-во МарГУ, 191–197.
- Красная книга Ханты-Мансийского автономного округа – Югры. Животные, растения, грибы. 2003. Екатеринбург: Изд. дом «Парус».
- Красная книга Ханты-Мансийского автономного округа – Югры. Животные, растения, грибы. 2013. Екатеринбург: Баско.
- Самойленко З. А., Свириденко Б. Ф., Шепелева Л. Ф. 2009. Новые данные о популяциях пиона уклоняющегося *Raevia anomala* (*Raeviaceae*) в Ханты-Мансийском автономном округе // Экологический вестник Югории VI:4, 28–34.
- Свириденко Б. Ф., Ефремов А. Н., Самойленко З. А. 2010. Состояние популяций пиона уклоняющегося *Raevia anomala* (*Raeviaceae*) на северной границе распространения в Западной Сибири // Вестник Томского государственного университета. Биология 3(11), 38–46.
- Свириденко Б. Ф., Шепелева Л. Ф., Самойленко З. А. 2011. Состояние популяций пиона *Raevia anomala* в Сургутском и Нефтеюганском районах Ханты-Мансийского автономного округа – Югры // Шепелева Л.Ф. (отв. ред.). Сб. научных трудов биологического факультета. Вып. 8. Сургут: ИЦ СурГУ, 3–12.

Семенова Г. П. 2007. Редкие и исчезающие виды флоры Сибири: биология, охрана. Новосибирск: Академическое изд-во «Гео».

REFERENCES

Barykina, R.P., & Chubatova, N.V. Ontogenez piony uklonyuschegosya (*Paeonia anomala* L.) [Ontogenesis of anomalous peony (*Paeonia anomala* L.)]. In: Ontogeneticheskiy atlas. T. V [Ontogenetic atlas. Vol. 5]. Yoshkar-Ola: Izdatelstvo MarGU, 2007, pp. 191–197. (In Russian).

Krasnaya kniga Khanty-Mansiyskogo avtonomnogo okruga – Yugry. Zhivotnyye, rasteniya, griby [The Red Book of Khanty-Mansiysk Autonomous Area – Yugra. Animals, Plants, Mushrooms]. Yekaterinburg: Parus, 2003. (In Russian).

Krasnaya kniga Khanty-Mansiyskogo avtonomnogo okruga – Yugry. Zhivotnyye, rasteniya, griby [The Red Book of Khanty-Mansiysk Autonomous Area – Yugra. Animals, Plants, Mushrooms]. Yekaterinburg: Basko, 2013. (In Russian).

Samoylenko, Z.A., Sviridenko, B.F., & Shepeleva, L.F. Novyye dannyye o populyatsiyakh piony uklonyayushchegosya *Paeonia anomala* (Paeoniaceae) v Khanty-Mansiyskom avtonomnom okruge [New data on anomalous peony *Paeonia anomala* (Paeoniaceae) populations in Khanty-Mansi Autonomous Okrug]. In: Ekologicheskiy vestnik Yugorii, 2009 (VI), issue 4, pp. 28–34. (In Russian).

Sviridenko, B.F., Yefremov, A.N., & Samoylenko, Z.A. Sostoyaniye populyatsiy piony uklonyayushchegosya *Paeonia anomala* (Paeoniaceae) na severnoy granitse rasprostraneniya v Zapadnoy Sibiri [The state of anomalous peony *Paeonia anomala* (Paeoniaceae) populations found on the northern border of distribution area in Western Siberia]. In: Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya, 2010 (3), issue 11, pp. 38–46. (In Russian).

Sviridenko, B.F., Shepeleva, L.F., & Samoylenko, Z.A. Sostoyaniye populyatsiy piony *Paeonia anomala* v Surgutskom i Nefteyuganskom rayonakh Khanty-Mansiyskogo avtonomnogo okruga – Yugry [The status of *Paeonia anomala* populations in the Surgutsky and Nefteyugansky districts of Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra]. In: Sbornik nauchnykh trudov biologicheskogo fakulteta. Vyp. 8 [Collection of scientific works of the Biology Faculty. Vol. 8]. Ed. by L.F. Shepeleva. Surgut: IC SurGU, 2011, pp. 3–12. (In Russian).

Seменова, Г.П. Редкие и исчезающие виды флоры Сибири: биология, охрана [Rare and Endangered Species of Siberian Flora: Biology, Protection]. Novosibirsk: Geo, 2007. (In Russian).

Z.A. Samoylenko, B.F. Sviridenko
Surgut, Russia

NEW *PAEONIA ANOMALA* POPULATIONS FOUND IN SURGUTSKY DISTRICT OF KHANTY-MANSIYSK AUTONOMOUS AREA – YUGRA

Abstract. The article describes two new localities of *Paeonia anomala* L., a rare species listed in the Red Data Book of the Khanty-Mansiysk Autonomous Area – Yugra, that were discovered in Surgutsky District. Phytocenotic, topographic and ecologic growth conditions were studied, and quantitative data on abundance, density and age composition of the populations were collected. The first population is characterized by rather high density and abundance in comparison with other populations examined earlier; the number of generative shoots is also significantly larger. Other biometric parameters (average number of shoots per plant, average number of generative and vegetative shoots, height and number of leaves on generative and vegetative shoots) are similar to those of populations that developed in the optimal ecological conditions of the forest steppe. The second population is inferior to the first one in many respects (abundance, density, height and quantity of leaves of generative and vegetative shoots); most of the plants are in the vegetative state; and the average number of shoots per plant are also small. The obtained data expand our understanding of the size and structure of the populations of this rare and endangered species in the region.

Keywords: *Paeonia anomala*; new locality; Red Book; Khanty-Mansiysk Autonomous Area – Yugra.

About the authors: Zoya Anatolyevna Samoylenko, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Biology and Biotechnology; Boris Fedorovich Sviridenko, Doctor of Biological Sciences.

Place of employment: Surgut State University.

Самойленко З.А., Свириденко Б.Ф. Новые находки популяций пиона уклоняющегося в Сургутском районе Ханты-Мансийского автономного округа – Югры // Вестник Нижневартовского государственного университета. 2019. № 2. С. 31–36.

Samoylenko Z.A., Sviridenko B.F. New *paeonia anomala* populations found in Surgutsky district of Khanty-Mansiysk autonomous area – Yugra // Bulletin of Nizhnevartovsk State University. 2019. No. 2. P. 31–36.

ИЗМЕНЧИВОСТЬ ШИШЕК И СЕМЕННЫХ ЧЕШУЙ ВИДОВ РОДА ЕЛЬ И ИХ ФОРМ В УСЛОВИЯХ ГОРОДА ОМСКА

Аннотация. Изучение шишек и семенных чешуй видов и форм ели включало в себя морфометрические показатели, такие как длина, ширина, вес (до усушки и в раскрытом состоянии), аналогично и семенные чешуи измерялись, с дополнительным описанием окраинной линии. Также было определено количество семенных чешуй в шишках. Составлены сводные таблицы, показывающие существенные различия по длине и ширине шишек (критерий Стьюдента). Проведен корреляционный анализ различных показателей с размером семенных чешуй. Отбор образцов проводился на территории памятника природы регионального значения «Областной дендрологический сад имени Герберта Ивановича Гензе». Исследования проводились по методике А.А. Молчанова, В.В. Смирнова (1967) в летне-осенний период. *Ель сибирской форма зеленая, ель сибирская форма голубая, ель сербская, ель колючая форма зеленая и ель канадская* характеризуются средними и крупными размерами шишек, что свидетельствует о высокой адаптационной способности данных видов. Длина шишек у *ели колючей форма сизая* и *ели колючей форма золотистая* ниже средних показателей, это говорит о низкой адаптационной способности интродуцентов в лесостепи Западной Сибири. Корреляционный анализ показал умеренную зависимость показателей веса семенных чешуй и веса шишки после усушки ($K = 0,60$). Между показателями веса семенных чешуй и длиной шишки после усушки проявилась слабая степень связи ($K = 0,39$). Также показатели размеров семенных чешуй коррелируют с размерами шишки ($K > 0,8$) – сильная степень связи. Критерий Стьюдента не показал существенные различия по ширине шишек между изученными видами и формами ели, кроме *ели колючей форма зеленая* с видами *ель сербская* и *ель канадская*, а также у *ели колючей форма сизая* с *елью канадской* были выявлены существенные различия при 1% уровне значимости. По длине шишек можно выделить 2 группы, существенно различные между собой и сходные внутри. В первую группу входят формы *ели сибирской* и *ели колючей*, во вторую группу – *ель сербская* и *ель канадская*.

Ключевые слова: Picea; интродуцент; ель; шишки; чешуи; корреляция.

Сведения об авторе: Илона Гунаровна Скосырева¹, аспирант; Аркадий Иванович Григорьев², профессор, доктор биологических наук, заведующий кафедрой экологии и природопользования.

Место работы: ^{1,2}Омский государственный педагогический университет.

Контактная информация: ^{1,2}644099, г. Омск, ул. Набережная Тухачевского, д. 14; e-mail: ¹ilonaskos@gmail.com, ²grigoriev@omgpu.ru.

Введение

Представители рода *Picea* ведут свое начало с мелового периода, а в настоящее время ареал их сильно разобщен. Многовековое произрастание ели в разных по климатическим и почвенным условиям убежищам (рефугнамах) значительно усилило гетерогенность ее рода, а последующее расселение обособившихся видов в другие почвенно-климатические области способствовало развитию у них сильно выраженного полиморфизма (Казимиров 1983). Особое значение имеют работы по внутривидовому полиморфизму древесных пород в связи с созданием лесных культур, в особенности за пределами их ареала, т. е. при наличии искусственной географической изоляции (Григорьев 2008). В связи с актуальностью данных исследований мы рассматриваем изменчивость шишек и семенных чешуй у видов и форм рода ель, а именно: *Ель сибирская форма зеленая* – *Picea obovata Ledeb. v. viridis*, *Ель сибирская форма голубая*, *Picea obovata Ledeb. v. coerulea*, *Ель колючая форма зеленая* – *Picea pungens Engelm. v. viridis*, *Ель колючая форма сизая* –

Picea pungens Engelm. v. glauca Beissn., *Ель колючая форма золотистая* – *Picea pungens Engelm. v. aurea Niem.*, *Ель сербская* – *Picea omorica Purk.*, *Ель канадская* – *Picea Canadensis Britton*.

Генеративное развитие растений – определенный этап онтогенеза, тесно связанный как с трофическими, так и с гормональными факторами. В общем обмене веществ питательные вещества и физиологически активные соединения представляют лишь звенья единой системы, каждое из которых выполняет свою особую роль. Доминирующее значение в переходе к генеративной фазе имеют гормональные факторы, трофические же оказывают лишь количественное регулирующее воздействие на зацветание растений. Таким образом, гормональные факторы способствуют переходу растения к генеративной фазе, но немаловажную роль для интродуцентов играют трофические факторы. Так, в исследовании С.А. Мамаева и П.П. Попова (1989) ели сибирской было выявлено, что отклонения от благоприятных условий для вида вызывают реакцию растения в виде снижения размера шишек (Мамаев, Попов 1989). По их

данным и современным исследованиям П.П. Попова (2005) на примере ели европейской и ели сибирской, фенотипы ели с заостренной формой семенной чешуи, как правило, более быстро растущие, чем ели с округлой формой семенной чешуи (Попов 2005).

По результатам изучения структуры и разнообразия популяций ели европейской и сибирской по фенотипам П.П. Поповым (2017), на обширных пространствах их общих ареалов на востоке Европы и в Сибири выявлена большая изменчивость показателя внутривидовой изменчивости по частоте фенотипов особей (Попов 2017). Наиболее высокий уровень разнообразия отмечен в районах распространения гибридных или промежуточных популяций, наиболее низкий – в районах распространения популяций елей европейской и сибирской без генетического взаимовлияния, и средний уровень разнообразия оказался характерным для районов распространения переходных популяций по этим признакам.

По мнению Д.Е. Румянцева (2011), проблема усыхания еловых лесов не может быть решена за счет создания культур ели европейской, представленной острошешуйчатыми формами, которые считались более засухоустойчивыми, чем округлошешуйчатые (Румянцев 2011). Вместе с тем, он отмечает, что в популяции ели из заповедника «Кивач» достаточно четко проявляется тенденция к более быстрому росту острошешуйчатых форм. Субъективная визуально-описательная оценка формы семенных чешуй ели, к тому же различными методическими приемами, обусловила практически несопоставимые результаты исследования. К настоящему времени нет целостной картины популяционно-географической изменчивости, например, формы семенных чешуй ели европейской на всем протяжении ареала с севера на юг, независимо от государственной принадлежности территории (Попов 2010).

Целью наших исследований являлось изучение морфометрических показателей шишек и семенных чешуй видов и форм рода ель в условиях интродукции на территории памятника природы регионального значения «Областной дендрологический сад им. Герберта Ивановича Гензе» (г. Омск).

В задачи исследования входило выявить зависимость размера семенных чешуй и параметров шишки, а также закономерность влажности шишек у видов елей и их фенотипов.

Материалы и методы

Исследования и отбор шишек проводились в г. Омске на территории памятника при-

роды регионального значения «Областной дендрологический сад им. Герберта Ивановича Гензе». Фенологические наблюдения, отбор хвои проводились по методике А.А. Молчанова, В.В. Смирнова (Молчанов, Смирнов 1967) в летне-осенний период с таких видов и форм ели, как *ель сибирская*, *ель сибирская форма голубая*, *ель колючая форма зеленая*, *ель колючая форма сизая*, *ель колючая форма золотистая*, *ель сербская*, *ель канадская*. С каждого вида и формы ели отбиралось в полевых условиях более 50 шишек, а для камерального изучения – по 10 шишек из отобранного количества.

Результаты исследований

Морфометрические показатели шишек (рис. 1) и семенных чешуй – это устойчивые признаки, которые характеризуют не только вид, но и полиморфизм внутри ареала. Результаты исследования морфометрических показателей шишек отражены в таблице 1.

Под номером 3 (рис. 1) изображена шишка *ели сибирской форма зеленая*, а под номером 5 – *ель сибирская форма голубая. Picea obovata*. Шишки цилиндрические-яйцевидные, длиной 6–8 см, в молодом возрасте пурпурные, чешуи сверху широко закругленные, цельнокрайние или слегка вырезанные (Крюссман 1986). На территории дендрологического сада было рассмотрено две формы (зеленая и голубая) *ели сибирской*. Средний размер шишки *ели сибирской формы зеленой* 7,59 см, а *ели сибирской формы голубой* 6,45 см (табл. 1), что свидетельствует о положительной адаптационной способности данного вида. Если сравнивать со значениями средних показателей длины шишек *ели сибирской формы зеленой* автора Е.Л. Зенковой (Зенкова 2010) (средняя длина шишки 6,5 см), исследующей западную часть Тюменской области, то показатели в нашем регионе немного выше. Здесь наблюдается тенденция к довольно ясно выраженному уменьшению длины шишек в зависимости от географического положения (Попов 2010).

Ель сербская – номер 6 (рис. 1). *Picea omorica*. Шишки яйцевидно-продолговатые, длиной 3–6 см, блестящие, коричневые, многочисленные уже на молодых побегах. Чешуйки закругленные, слабозубчатые [8]. Длина шишек вида после усушки 4,34 (табл. 1), высокая адаптационная способность.

Ель колючая представлена тремя формами: под номером 1 – форма сизая, 2 – форма зеленая, 4 – форма золотистая (рис. 1). *Picea pungens*. Шишки удлиненные, длиной 8–10 см, шириной 3 см, ярко коричневые. Семенные чешуи неправильно ромбической формы: с ши-

роким клиновидным основанием и более узкой треугольной или двухлопастной вершиной, с волнисто-выемчатым краем, по спинке рельефно-струйчатые. Кроющие чешуйки очень малы (Каппер 1949). Средняя длина шишки после усушки у *ели колючей форма зеленая* 8,80 см (табл. 1), что свидетельствует об успешной акклиматизации вида. Ниже нормы длина шишек у *ели колючей форма сизая* (7,22 см) и *ели колючей форма золотистая* (6,60 см), это говорит о низких адаптационных показателях.

Ель канадская – *Pinaceae Picea canadensis* (Mill.) Britton (также *ель сизая* (*Picea*

glauca), *ель канадская*, *ель белая*) показана под номером 7 (рис. 1). Шишки слабо цилиндрические, длиной 3–7 см и шириной до 2,5 см. Цвет шишек зелёный или красноватый, зрелая шишка коричневая. Семена чёрные, длиной 2–3 мм, со светло-коричневым крылом длиной 5–8 мм (Васильев, Уханов 1949). Длина шишки после усушки *ели канадской* на территории дендрологического сада 3,97 см (табл. 1), что является средним показателем и свидетельством хорошей адаптации вида в условиях лесостепи Западной Сибири.

Таблица 1

Основная характеристика строения шишек и семенных чешуй у видов рода *ель* и их форм

Морфологическая характеристика шишек и семенных чешуй	Ель сибирская		Ель колючая			Ель сербская	Ель канадская
	форма зеленая	форма голубая	форма зеленая	форма сизая	форма золотистая		
Длина шишек до усушки, см	8,05	6,65	9,28	7,73	7,04	4,74	4,30
±m _x , см	0,90	0,81	0,96	0,88	0,84	0,69	0,65
Длина шишек после усушки, см	7,59	6,45	8,80	7,22	6,60	4,34	3,97
±m _x , см	0,87	0,80	0,94	0,85	0,81	0,66	0,63
Ширина шишек до усушки, см	2,39	1,78	2,82	2,53	2,69	1,71	1,38
±m _x , см	0,49	0,42	0,53	0,50	0,52	0,41	0,37
Ширина шишек в раскрытом состоянии, см	3,32	2,90	4,34	3,90	3,64	2,49	2,31
±m _x , см	0,57	0,54	0,66	0,62	0,60	0,50	0,48
Степень заострения семенных чешуек, град.	59°	103,5°	49,3°	47,5°	51,5°	105,5°	96°
±m _x , град.	2,43	3,22	2,22	2,18	2,27	3,25	3,10
Число семенных чешуек в шишках, шт.	155,5	120,6	169,7	167,3	160,5	60,7	68,1
±m _x	3,94	3,47	4,12	4,09	4,01	2,46	2,61
Длина семенных чешуек, см	1,74	1,15	1,92	1,63	1,73	1,14	1,16
	1,51	1,09	1,77	1,55	1,40	1,08	1,11
	1,35	0,96	1,57	1,35	1,26	0,97	0,99
±m _x , см	0,39	0,33	0,42	0,39	0,37	0,33	0,33
Ширина семенных чешуек, см	1,58	1,07	1,45	1,32	1,22	1,15	1,00
	1,24	0,94	1,35	1,28	1,01	1,03	0,88
	0,93	0,77	1,11	1,08	0,71	0,89	0,67
±m _x , см	0,35	0,31	0,37	0,36	0,32	0,32	0,30
Отношение ширины семенных чешуй к их длине	0,82	0,86	0,77	0,82	0,72	0,96	1,26
±m _x , см	0,29	0,29	0,28	0,29	0,27	0,31	0,35
Образующая (окраинная) линия	Цельнокрайние	Цельнокрайние	Зазубренные, верх семен. чешуй вогнут внутрь	Зазубренные, верх семен. чешуй вогнут внутрь	Зазубренные	Слабо зазубренные	Цельнокрайние

С размерами шишек связано количество семян в шишке, и чем крупнее шишка, тем больше в ней находится всхожих семян, при этом более важно оценивать показатель длины и веса (Мамаев, Попов 1989). Вес и влажность шишек и семенных чешуй представлены в таблице (табл. 2). Проведенный корреляционный анализ показал умеренную зависимость показателей веса семенных чешуй и веса шишки после усушки ($K = 0,60$). Между показателями веса семенных чешуй и длиной шишки после усушки проявилась слабая степень связи ($K = 0,39$). Несмотря на высокий коэффициент влажности шишек (табл. 2) коэффициент корреляции с показателями веса шишек и семен-

ных чешуй ($K < 0,3$) – практически отсутствует степень связи.

Характер окраинной линии семенных чешуй шишек форм *ели сибирской* цельнокрайний (табл. 1), а образующие линии форм *ели колючей* разнятся, являются зазубренными, но у форм *зеленой* и *сизой* верх семенных чешуй вогнут внутрь. У *ели сербской* слабоззубренная окраинная линия семенных чешуй, а у *ели канадской* – цельнокрайняя (табл. 1). Размер семенных чешуй тесно связан с величиной шишки (Мамаев, Попов 1989). Величина коэффициента корреляции $K > 0,8$ – сильная степень связи показателей размеров семенных чешуй с параметрами шишки (табл. 3).

Таблица 2

Вес и влажность шишек и семенных чешуй

Характеристики шишек и семенных чешуй	Ель сибирская		Ель колючая			Ель сербская	Ель канадская
	Вес шишки до усушки, г	15,882	6,529	15,115	13,376	10,46	4,867
$\pm m_x$, g	1,26	0,81	1,23	1,16	1,02	0,70	0,42
Вес шишки после усушки, г	10,46	3,691	10,394	8,56	6,935	3,325	1,213
$\pm m_x$, g	1,02	0,61	1,02	0,92	0,83	0,58	0,35
Вес семенных чешуй, г	0,08	0,027	0,027	0,037	0,065	0,032	0,015
$\pm m_x$, g	0,09	0,05	0,05	0,06	0,08	0,06	0,04
Влажность шишек (W), %	51,8	76,9	45,4	56,3	50,8	46,4	45,2
$\pm m_x$, %	2,27	2,77	2,13	2,37	2,25	2,15	2,13

Таблица 3

Величина коэффициента корреляции

Коэффициент корреляции	Длина шишек после усушки, см	Ширина шишек в раскрытом состоянии, см	Вес шишки после усушки, г
Длина семенных чешуй, см	0,88	0,94	0,93
Ширина семенных чешуй, см	0,82	0,83	0,82

$T_{\text{факт.}}$ – это критерий Стьюдента, показывающий существенные различия по длине, при уровне значимости 5% или 1%. У *ели сибирской форма зеленая* по длине шишки в сухом состоянии (в раскрытом состоянии) выявлено достоверное различие с *елью канадской* при 1%-ном уровне значимости критерия Стьюдента ($t_{\text{факт.}} > t_{\text{теор.}}$).

Между остальными изученными видами и формами различия являются не существенными, тогда как у *ели сибирской форма голубая* и *ели колючая форма золотистая* достоверные различия выявлены с *елью сербской* и *елью канадской* при 5%-ном уровне значимости.

Вместе с тем, у *ели колючей форма зеленая* эти различия с последними двумя видами достоверны при 1%-ном уровне значимости.

У *ели колючей форма сизая* достоверны различия при 5%-ном уровне значимости с *елью сербской* и 1%-ном уровне значимости с *елью канадской*.

Наряду с этим, следует отметить, что *ель сербская* и *ель канадская* по длине шишек име-

ет большое сходство, и различия между ними являются несущественными.

Таким образом, по длине шишек можно выделить 2 группы, существенно различные между собой и сходные внутри. В первую группу входят формы *ели сибирской* и *ели колючей*, во вторую группу – *ель сербская* и *ель канадская*.

Также был рассмотрен критерий Стьюдента, показывающий существенные различия по ширине шишек при уровне значимости 5% или 1%. Между изученными видами и формами ели различия являются не существенными по ширине шишки в сухом состоянии (в раскрытом состоянии). Достоверны различия по ширине при 1%-ном уровне значимости лишь у *ели колючей форма зеленая* с видами *ель сербская* и *ель канадская*, а также у *ели колючей форма сизая* с *елью канадской*.

Заключение

В результате исследований морфометрических показателей шишек и семенных чешуй

видов и форм рода ель в условиях интродукции на территории памятника природы регионального значения «Областной дендрологический сад им. Герберта Ивановича Гензе» (г. Омск) мы составили сводную таблицу (табл. 1) и провели корреляционный анализ зависимости размера семенных чешуй от размеров шишки, а также изучили критерий Стьюдента ($t_{\text{факт.}}$), показывающий существенные различия по длине и ширине шишки при уровне значимости 5% или 1%.

Ель сибирской форма зеленая, ель сибирская форма голубая, ель сербская, ель колючая форма зеленая и ель канадская характеризуются средними и крупными размерами шишек, что свидетельствует о высокой адаптационной способности данных видов. Длина шишек у *ели колючей форма сизая* и *ели колючей форма золотистая* ниже средних показателей, это говорит о низкой адаптационной способности интродуцентов в лесостепи Западной Сибири.

Корреляционный анализ показал умеренную зависимость показателей веса семенных чешуй и веса шишки после усушки ($K = 0,60$). Между показателями веса семенных чешуй и длиной шишки после усушки проявилась слабая степень связи ($K = 0,39$). Также показатели размеров семенных чешуй коррелируют с размерами шишки ($K > 0,8$) – сильная степень связи.

Критерий Стьюдента не показал существенных различий по ширине шишек между изученными видами и формами ели, кроме *ели колючей форма зеленая* с видами *ель сербская* и *ель канадская*, а также у *ели колючей форма сизая* с *елью канадской* были выявлены существенные различия при 1%-ном уровне значимости. А по длине шишек можно выделить 2 группы, существенно различные между собой и сходные внутри. В первую группу входят формы *ели сибирской* и *ели колючей*, во вторую группу – *ель сербская* и *ель канадская*.

ЛИТЕРАТУРА

- Беляева Н. Г., Черненкова Т. В. 2018. Связь свойств местообитаний и состава сообществ хвойно-широколиственных лесов // Экология 2, 101–109.
- Васильев Я. Я., Уханов В. В. 1949. Род *Picea* – Ель // Деревья и кустарники СССР. Т. I. Голосеменные. Дикорастущие, культивируемые и перспективные для интродукции / Ред. тома С.Я. Соколов, Б.К. Шишкин. М.; Л.: Изд-во АН СССР.
- Григорьев А. И. 2008. Эколого-физиологические основы адаптации древесных растений в лесостепи Западной Сибири. Омск: Изд-во ОмГПУ.
- Дега Н. С., Онищенко В. В., Петропавловский Б. С. 2018. Влияние техногенной трансформации воздушной среды на устойчивость хвойных лесов Карачаево-Черкесии // Устойчивое развитие горных территорий 1(35), 69–76.
- Зенкова Е. Л. 2010. Географическая изменчивость шишек и семенных чешуй ели сибирской на восточном пределе генетического влияния ели европейской // Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения 1, 133–138.
- Казимиров Н. И. 1983. Ель. М.: Лесная промышленность.
- Каппер О. Г. 1954. Хвойные породы. М.: Гослесбумиздат.
- Крюссман Г. 1986. Хвойные породы / Пер. с нем. Ред. и предисл. Н.Б. Гроздовой. М.: Лесная промышленность.
- Мамаев С. А., Попов П. П. 1989. Ель сибирская на Урале (внутривидовая изменчивость и структура популяций). М.: Наука.
- Молчанов А. А., Смирнов В. В. 1967. Методика изучения прироста древесных растений. М.: Наука.
- Попов П. П. 2005. Ель европейская и сибирская: Структура, интерградация и дифференциация популяционных систем. Новосибирск: Наука.
- Попов П. П. 2011. Популяционно-географическая изменчивость шишек ели европейской и сибирской // Лесоведение 5, 54–60.
- Попов П. П. 2017. Структура и разнообразие популяций елей европейской и сибирской по фенотипам // Экология 5, 325–330.
- Попов П. П., Александров А. Х. 2010. Изменчивость длины шишек и форм семенных чешуй ели европейской в зависимости от географической широты // Лесоведение 4, 66–73.
- Румянцев Д. Е. 2011. Потенциал использования дендрохронологической информации в лесной науке и практике: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. М.

REFERENCES

- Belyaeva, N.G., & Chernenkova, T.V. Relationship between habitat properties and composition of communities in conifer–broadleaf forest. In: Russ. J. Ecol., 2018 (49), issue 2, pp. 111–118.
- Vasilyev, Ya.Ya., & Ukhanov, V.V. Rod *Picea* – Yel [Genus *Picea* – Spruce]. In: Derevyia i kustarniki SSSR. T. I. Golosemennyye. Dikorastushchiye, kultiviruyemyie i perspektivnyye dlya introduktsii [Trees and Shrubs of the

USSR. Vol. I. Gymnosperms. Wild-growing, Cultivated and Promising for Introduction]. Ed. by S.Ya. Sokolov, B.K. Shishkin. Moscow-Leningrad: Izdatelstvo AN SSSR, 1949. (In Russian).

Grigoryev, A.I. Ekologo-fiziologicheskiye osnovy adaptatsii drevesnykh rasteniy v lesostepi Zapadnoy Sibiri [Ecological and Physiological Basis for Adaptation of Woody Plants in the Forest-Steppe of Western Siberia]. Omsk: Izdatelstvo OmGPU, 2008. (In Russian).

Dega, N.S., Onishchenko, V.V., & Petropavlovsky, B.S. Vliyaniye tekhnogennoy transformatsii vozduшной sredy na ustoychivost khvoynykh lesov Karachayevo-Cherkessii [Influence of technogenic transformation of the air on the stability of coniferous forests of Karachay-Cherkessia]. In: Ustoychivoye razvitiye gornyykh territoriy, 2018 (1), issue 35, pp. 69-76. (In Russian).

Zenkova, Ye.L. Geograficheskaya izmenchivost shishek i semennykh cheshuy yeli sibirskoy na vostochnom predele geneticheskogo vliyaniya yeli yevropeyskoy [Geographical variability of cones and seed scales of Siberian spruce on the eastern limit of the genetic influence of European spruce]. In: Vestnik ekologiy, lesovedeniya i landshaftovedeniya, 2010, pp. 133-138. (In Russian).

Kazimirov, N.I. Yel [Spruce]. Moscow: Lesnaya promyshlennost, 1983. (In Russian).

Kapper, O.G. Khvoynnye porody [Conifer Species]. Moscow: Goslesbumizdat, 1954. (In Russian).

Krussman, G. Khvoynnye porody [Conifer Species]. Ed. and trans. from German by N.B. Grozdova. Moscow: Lesnaya promyshlennost, 1986. (In Russian).

Mamaev, S.A., & Popov, P.P. Yel sibirskaya na Urale (vnutrividovaya izmenchivost i struktura populyatsiy) [Siberian Spruce in the Urals (Intraspecific Variability and Structure of Populations)]. Moscow: Nauka, 1989. (In Russian).

Molchanov, A.A., & Smirnov, V.V. Metodika izucheniya prirosta drevesnykh rasteniy [Methods of studying the growth of woody plants]. Moscow: Nauka, 1967. (In Russian).

Popov, P.P. Yel yevropeyskaya i sibirskaya: Struktura, intergradatsiya i differentsiatsiya populyatsionnykh sistem [European and Siberian Spruce: Structure, Intergradation and Differentiation of Population Systems]. Novosibirsk: Science, 2005. (In Russian).

Popov, P.P. Populyatsionno-geograficheskaya izmenchivost shishek yeli yevropeyskoy i sibirskoy [Population-geographical variability of cones of European and Siberian spruce]. In: Lesovedenie, 2011 (5), pp. 54-60. (In Russian).

Popov, P.P. Struktura i raznoobraziye populyatsiy yeley yevropeyskoy i sibirskoy po fenotipam [Structure and diversity of populations of European and Siberian spruce on phenotypes]. In: Ekologiya, 2017 (5), pp. 325-330. (In Russian).

Popov, P.P., & Alexandrov, A.Kh. Izmenchivost dliny shishek i form semennykh cheshuy yeli yevropeyskoy v zavisimosti ot geograficheskoy shirot [Variability of the length of cones and the shape of seed scales in European spruce depending on geographical latitude]. In: Lesovedenie, 2010 (4), pp. 66-73. (In Russian).

Rumyantsev, D.E. Potentsial ispolzovaniya dendrokronologicheskoy informatsii v lesnoy nauke i praktike [Potential for using dendrochronological information in forest science and practice]: Author's abstract of thesis for Doctoral Degree in biological sciences. Moscow, 2011. (In Russian).

I.G. Skosyeva, A.I. Grigoriev
Omsk, Russia

VARIABILITY OF CONES AND SEEDS CALES IN *PICEA* SPECIES AND THEIR FORMS IN CONDITIONS OF THE CITY OF OMSK

Abstract. The study addressed the morphometric indicators of cones and seed scales, such as length, width, and weight (before opening and after drying). Similarly, seed scales were measured, the marginal lines were described, and the number of seed scales in the cones was counted. The summary tables showed significant differences in the length and width of cones (Student's criterion). The correlation analysis was used to quantify the association between various indicators and the seed scale size. The samples were collected in the Genze Dendrological Garden, a natural landmark of regional significance. The study was carried out using Molchanov and Smirnov's (1967) method in the summer-autumn period. *Siberian spruce (both blue and green forms)*, *Serbian spruce*, *Colorado spruce (green form)*, and *Canadian spruce* had medium and large cones, which indicates a high adaptive capacity of these species. The length of cones in *blue-grey and golden forms of Colorado spruce* was below the average, indicating a low adaptive ability of the introduced species in the West Siberian foreststeppe. The correlation analysis showed a moderate dependence of the weight of seed scales and the weight of cones after drying ($K = 0.60$). A small dependence was found between the weight of seed scales and the length of cone after drying ($K = 0.39$). The size of seed scales strongly correlated with the size of cones ($K > 0.8$). Student's t-test did not reveal significant differences in the width of cones in the studied species and forms of spruce, except for *green form of Colorado spruce* as compared to *Serbian spruce* and *Canadian spruce*, and *blue-grey form of Colorado spruce* as compared to *Canadian spruce*, showing notable differences at 1% significance point. By the length of cones, the studied species can be categorized into two essentially different groups, the first one including all forms of *Siberian spruce* and *Colorado spruce* and the second one including *Serbian spruce* and *Canadian spruce*.

Key words: *Picea*; introduced species; spruce; cones; scales; correlation.

About the authors: Ilona Gunarovna Skosyreva, Postgraduate Student; Arkady Ivanovich Grigoriev, Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Ecology and Nature Management.

Place of employment: Omsk State Pedagogical University.

Скосырева И.Г., Григорьев А.И. Изменчивость шишек и семенных чешуй видов рода ель и их форм в условиях города Омска // Вестник Нижневартковского государственного университета. 2019. № 2. С. 37–43.

Skosyreva I.G., Grigoriev A.I. Variability of cones and seedscales in picea species and their forms in conditions of the city of Omsk // Bulletin of Nizhnevartovsk State University. 2019. No. 2. P. 37–43.

УДК 582.623.2 + 57.034

А.А. Афонин
г. Брянск, Россия

ХРОНОБИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОПТИМИЗАЦИИ ПЕСТИЦИДНОЙ НАГРУЗКИ В НАСАЖДЕНИЯХ ИВЫ КОРЗИНОЧНОЙ (*SALIX VIMINALIS* L.) ИНТЕНСИВНОГО ТИПА

Аннотация. Дана характеристика ивы корзиночной с утилитарной точки зрения. Обоснована необходимость применения пестицидов с пролонгированным действием в насаждениях интенсивного типа. Для снижения пестицидной нагрузки предложено планировать агролесотехнические мероприятия с учетом сезонной динамики нарастания однолетних побегов. Цель – выявление закономерностей сезонной динамики суточного прироста однолетних побегов ивы корзиночной. Материал: модельная инбредная популяция ивы корзиночной. Методы: селекционные, структурно-морфологические, методы гармонического анализа. Установлено, что сезонная динамика суточного прироста побегов $\Delta L(t)$ носит циклический характер. Выявлена трехуровневая структура сезонных биоритмов суточного прироста побегов. Вклад низших гармоник с периодом колебаний 32...96 суток в общую цикличность $\Delta L(t)$ составляет 65%. Вклад средних гармоник с периодом колебаний 16...24 суток в общую цикличность $\Delta L(t)$ составляет 23%. Вклад высших гармоник с периодом колебаний менее 14 суток в общую цикличность $\Delta L(t)$ составляет 6%. Для оптимизации пестицидной нагрузки в насаждениях ивы корзиночной рекомендуется учитывать биоритмы нарастания побегов с периодичностью колебаний порядка 16...24 суток.

Ключевые слова: *Salix viminalis*; ива корзиночная; хронобиология; биоритмы; суточный прирост; сезонная динамика; ангармонический; квазипериодический; квазициклический.

Сведения об авторе: Алексей Алексеевич Афонин, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры биологии.

Место работы: Брянский государственный университет им. академика И.Г. Петровского.

Контактная информация: 241036, Россия, г. Брянск, ул. Бежицкая, д. 14, тел. 8(4832)666816, e-mail: aфонin.salix@gmail.com.

Ива корзиночная, или прутьевидная – *Salix viminalis* L. 1753 – общеизвестный представитель кустарниковых ив секции *Vimen* Dum. 1825 (*Viminella* Ser. 1824) (Скворцов 1968; Андиферов 1984). Прут ивы корзиночной традиционно используется для плетения (Керн 1915). В каталоге “Checklist for Cultivars of *Salix*...” (Kuzovkina 2015) описано 28 культиваров, из них для выращивания на прут рекомендуются десять клонов. Ива корзиночная перспективна для создания энергетических плантаций (Фучило и др. 2009; Афонин, Булавинцева 2011b; Карп et al. 2011; Németh et al. 2013). Ива корзиночная может произрастать в самых неблагоприятных условиях (Mikó et al. 2014), поэтому она широко используется как биоремедиатор почв (Zhao, Yang 2017), загрязненных тяжелыми металлами (Hammer et al. 2003; Mleczek et al. 2010; Jama, Nowak 2012). В коре ивы корзиночной содержится целый комплекс биологи-

чески активных компонентов (Созинов, Кузьмичева 2016), например, полифенолы – антиоксиданты (Pnicksa et al. 2014). Ива корзиночная характеризуется высоким уровнем географической и внутривидовой изменчивости (Сукачев 1934; Скворцов 1968; Trybush et al. 2012; Berlin et al. 2014). Высокий уровень внутривидового разнообразия и способность к образованию межвидовых гибридов способствуют успешной селекции рассматриваемого вида (Царев и др. 2003; Rönnberg-Wästljung et al. 2003; Fuchylo et al. 2016). При проектировании устойчивых высокопродуктивных насаждений следует учитывать взаимодействия «генотип–среда» (Rönnberg-Wästljung 2001; Fabio et al. 2017; Фучило и др. 2018).

Для повышения устойчивости и продуктивности ивовых насаждений необходимо обеспечить защиту растений от вредителей. Листья ив поражаются фитофагами, например,

Phratora (Phyllodecta) vulgatissima (Sage, Tucker 1998). Качество прута снижается при поражении побеговыми галлицами рода *Dasineura* (= *Rhabdophaga*) (Ollerstam, Larson 2003). Реальным способом борьбы с патогенами и вредителями в агробиоценозах является использование химических средств защиты растений (Ганиев, Недорезков 2006). Современный асортимент пестицидов достаточно обширен (Государственный каталог... 2017). Надежную защиту от стеблевых вредителей создают современные инсектициды с глубинным, трансламинарным и системным эффектом, а также препаративные формы традиционных пестицидов с пролонгированным действием (Литвишко 2018).

Агротехнические мероприятия наиболее эффективны, если они приурочиваются к переломным этапам развития (Кренке 1940). Режимы обработки ивовых плантаций фунгицидами и инсектоакарицидами должны разрабатываться с учетом биоритмов нарастания годичных побегов, что позволит снизить пестицидную нагрузку на агробиоценозы (Афонин, Булавинцева 2011а). Однако сезонной динамике морфо-физиологических признаков ивы корзиночной посвящены лишь немногие исследования (Иванова, Костюченко 2011; Кузьмичева 2015; Созинов, Кузьмичева 2016).

Цель настоящего исследования – выявление закономерностей сезонной динамики суточного прироста однолетних побегов ивы корзиночной для разработки хронобиологических основ оптимизации пестицидной нагрузки в насаждениях интенсивного типа.

Материал и методы

Объект исследования – модельная популяция ивы корзиночной, созданная методом регулярного инбридинга в культуре (салицетум Брянского государственного университета; серые лесные почвы на лёссовидном суглинке с меловыми подстилающими породами; ТЛУ – D3).

В качестве первичного генетического материала (F_0) использовались сеянцы, выращенные из семян, собранных весной 2001 г. с маточной особи *S. viminalis*. Место сбора – центральная пойма р. Десны в черте г. Брянска (координаты 53.220569, 34.371874), тип растительности *Salicetum triandro-viminalis* (Тх. 1931) Lohm. 1952. В 2004 г. две наиболее продуктивные особи F_0 были скрещены между собой. Наивысшую продуктивность в их потомстве – инбредной семье F_1 – показали две пестичные особи. В последующие годы путем их беккроссирования с отцовским клоном F_0 было полу-

чено пять инбредных семей $F_{2/b}$, из которых были сохранены две: $vi\ 2-x$ (2007 г.) и $vi\ 4-x$ (2009 г.). Наиболее продуктивные сибсы инбредных семей были использованы для дальнейшего изучения. Пять из них – $vi\ 21$, $vi\ 22$, $vi\ 41$, $vi\ 46$, $vi\ 47$ – составили модельную популяцию.

Материал для данного исследования собирался в течение вегетационного периода 2014 г. Начиная с 11 мая (начало активной вегетации) каждые 5...6 суток с точностью ± 1 см производили замеры длины L наиболее сильных побегов. Дата последнего измерения – 10 августа (завершение активного роста побегов). Для последующего анализа использовались три особи ($vi\ 22$, $vi\ 46$, $vi\ 47$), у которых были получены данные по трем наиболее сильным побегам, завершившим свое развитие без видимых повреждений. Все побеги были пронумерованы в порядке уменьшения их длины в соответствии с номерами особей: $vi\ 221$, $vi\ 222$, $vi\ 223$, $vi\ 461$, $vi\ 462$, $vi\ 463$, $vi\ 471$, $vi\ 472$, $vi\ 473$. Каждому очередному наблюдению i был присвоен порядковый номер k (1, 2, 3... k_i). Все даты, в которые проводились наблюдения (t), были пронумерованы по порядку (0, 4, 8... t_i).

Вычисление рядов сезонной динамики суточного прироста побегов производили по алгоритму, описанному нами ранее (Афонин 2019).

На основании фактических исходных данных (actual data) были рассчитаны эмпирические ряды $\Delta L(t)_{act}$:

$$\Delta L(t)_{act} = \frac{L_{k+1} - L_k}{t_{k+1} - t_k},$$

где $\Delta L(t)_{act}$ – текущий суточный прирост побега в интервале между предыдущим и последующим наблюдениями (см/сут); L_{k+1} и L_k – длина побега (см) в предыдущем и последующем наблюдении; t_{k+1} и t_k – предыдущая и последующая пронумерованные даты наблюдений.

Для выявления сезонного тренда $\Delta L(t)$ использовалась линейная аппроксимация эмпирических рядов:

$$\Delta L_{lin} = \Delta L_0 + \vartheta t,$$

где ΔL_{lin} – ожидаемый суточный прирост побегов в расчетный день наблюдений t ; ΔL_0 – ожидаемый суточный прирост побегов при $t = 0$; ϑ – коэффициент, определяющий тенденцию сезонной динамики ΔL ; для каждого уравнения вычислялся коэффициент детерминации R^2 , показывающий, насколько адекватно эмпирический ряд аппроксимируется вычисленным рядом.

Для каждого побега были вычислены эмпирические ряды динамики отклонений факти-

ческих значений суточного прироста побегов от расчетного сезонного тренда:

$$dL(t)_{act} = \Delta L(t)_{act} - \Delta L(t)_{lin}$$

где dL_{act} – фактическое отклонение фактического значения суточного прироста побегов ΔL_{act} от значения ΔL_{lin} , вычисленного по уравнению линейной регрессии для каждого t .

На основании эмпирических рядов динамики $dL(t)_{act}$ были вычислены соответствующие средние ряды для каждой особи, а для всех побегов – средний агрегированный ряд. Для выявления закономерностей динамики суточного прироста побегов использовался разработанный нами алгоритм гармонического анализа (Афонин, Зайцев 2016). Эмпирические ряды динамики $dL(t)_{act}$ каждого побега были аппроксимированы суммами гармоник h с порядковым номером n :

$$dL(t)_{calc} = \sum_{n=1}^{\infty} \left(A_n \sin \left(n 2\pi \frac{t}{T} + \varphi_n \right) \right),$$

где $dL(t)_{calc}$ – ожидаемое отклонение фактического значения суточного прироста побегов ΔL_{act} от значения ΔL_{lin} , вычисленного по уравнению линейной регрессии; A_n – амплитуда колебания; n – порядковый номер гармоники; π – число «пи»; t – пронумерованные даты наблюдений; T – главный период колебаний, φ_n – начальная фаза; период колебания каждой гармоники равен $\tau = T/n$.

Достоверность аппроксимации эмпирических рядов каждой гармоникой и суммой гармоник определяли, сравнивая расчетные (calc) и критические (crit) значения F -критерия Фишера на высшем уровне значимости ($P < 0,001$). Адекватность аппроксимации эмпирических рядов суммами гармоник оценивали с помощью коэффициента детерминации R^2 . На основании частных рядов динамики был построен агрегированный (средний) ряд сезонной динамики $dL(t)$. Для всех побегов были построены амплитудно-частотные (АЧ) спектрограммы расчетной динамики $dL(t)_{calc}$. Далее для каждой особи были вычислены средние значения амплитуд A и построены соответствующие спектрограммы. На основании визуального анализа АЧ-спектрограмм последовательность гармоник агрегированного (среднего) амплитудно-частотного спектра была разделена на три группы: низшие l , средние m и высшие h . Для каждой группы гармоник вычисляли размах варьирования dL . Для оценки вклада гармоник, различающихся по частоте и амплитуде, в общую сезонную динамику суточного прироста побегов использовали средние квадраты отклонений $dL(t)$ от нуля:

$$D_{act}^2 = D_l^2 + D_m^2 + D_h^2 + \varepsilon,$$

где D^2 – средние квадраты отклонений на уровнях a , l , m и h ; ε – остаточный член ряда.

Результаты и обсуждение

Среднесуточный прирост изученных побегов – $vi\ 221$, $vi\ 222$, $vi\ 223$, $vi\ 461$, $vi\ 462$, $vi\ 463$, $vi\ 471$, $vi\ 472$, $vi\ 473$ – составил $0,66...2,10$ см/сут при длине побегов в конце сезона $80...217$ см. В большинстве случаев (кроме $vi\ 221$ и $vi\ 223$) сезонные тренды изменчивости суточного прироста побегов удовлетворительно ($R^2 = 0,45...0,80$) аппроксимируются уравнениями линейной регрессии. Выявлена тенденция к снижению суточного прироста побегов на протяжении сезона: от $\Delta L_{lin} = 1,5...3,2$ см/сут в середине мая до $\Delta L_{lin} = 0,0...1,0$ см/сут в начале августа. На основании вычисленных рядов линейной регрессии были вычислены эмпирические ряды динамики $dL(t)_{act}$ для каждого побега, средние ряды для каждой особи и агрегированный ряд для всех девяти побегов. Полученные эмпирические ряды показаны в виде соответствующих графиков (рис. 1).

Все ряды динамики $dL(t)$ демонстрируют циклический характер сезонной динамики суточного прироста побегов, который может быть сведен к агрегированному среднему ряду $dL(t)_a$. Этот ряд представляет собой периодическую ангармоническую осциллограмму, на которой выделяются минимумы и максимумы, разделенные периодами $19...21$ сут. Размах варьирования dL в агрегированном ряду составляет $1,10$ см/сут (от $-0,61$ до $0,49$), при этом средний квадрат отклонений $dL(t)$ от нуля $D_{act}^2 = 0,060$. Эмпирические ряды динамики $dL(t)_{act}$ каждого побега были аппроксимированы суммами гармоник $h_1...h_8$ при основном периоде колебаний $T = 96$ сут. В итоге были получены расчетные ряды динамики: $dL(t)_{calc}$. Достоверность такой аппроксимации оказалась исключительно высокой: $F_{calc} = 38,31...213,18$ ($F_{crit} = 3,92$ при $P < 0,001$), $R^2 = 0,97...1,00$. Таким образом, на генетически выровненном материале, культивируемом в однородных условиях, установлено, что сезонные биоритмы суточного линейного прироста побегов ивы корзиночной с высокой точностью аппроксимируются уравнениями гармонических колебаний. Сравнительный анализ амплитудно-частотных спектров позволил оценить вклад гармоник, различающихся по частоте и амплитуде, в общую сезонную динамику суточного прироста побегов (рис. 2).

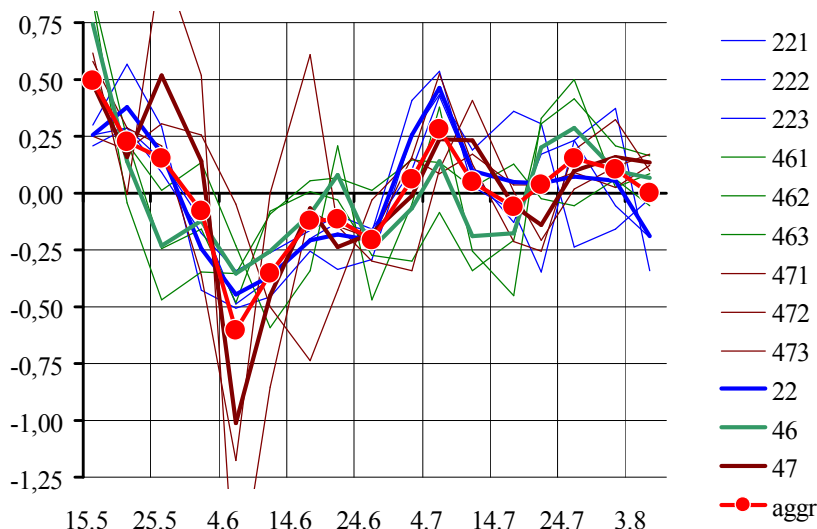


Рис. 1. Эмпирические ряды динамики отклонений фактических значений суточного прироста побегов от сезонного тренда

* По оси абсцисс – расчетные даты, по оси ординат – отклонения (см/сут). В легенде указаны номера побегов и особей. Приведен агрегированный (aggr) ряд динамики.

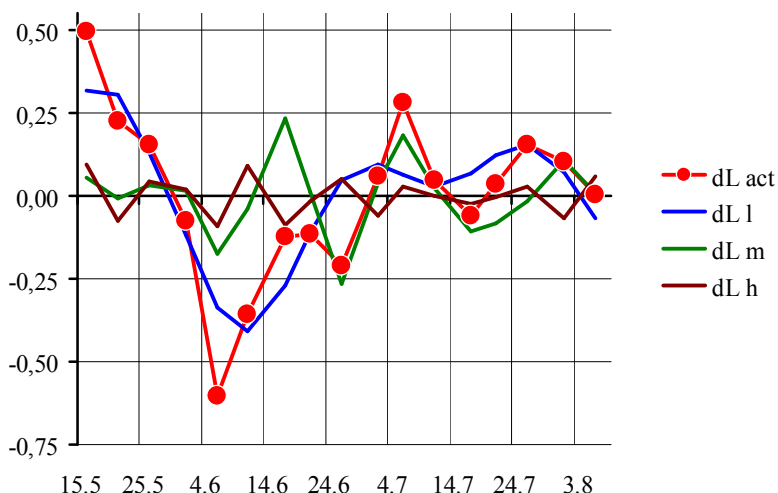


Рис. 2. Вклад гармоник, различающихся по частоте и амплитуде, в общую сезонную динамику суточного прироста побегов

* По оси абсцисс – расчетные даты, по оси ординат – отклонения (см/сут). В легенде указаны уровни гармоник. Приведен фактический (act) агрегированный ряд динамики.

В агрегированном АЧС наибольшей средней амплитудой ($A_{1,5} = 0,236$) характеризуется полуторная гармоника $h_{1,5}$ ($\tau_{1,5} = 64$ сут). Для большинства побегов $A_{1,5} = 0,100 \dots 0,400$, и только для побега vi 462 $A_{1,5} = 0,025$. Полуторной гармоникой определяется общая цикличность сезонной динамики суточного прироста побегов: глобальный минимум суточного прироста побегов в конце первой половины июня и глобальный максимум в середине июля. Полуторная гармоника окружена первой ($\tau_{1,5} = 96$ сут) и второй ($\tau_{1,5} = 48$ сут) гармониками со средними амплитудами $A_1 = 0,083$ (от 0,000 до 0,300) и $A_2 = 0,106$ (от 0,025 до 0,200). На большинстве побегов первая и вторая гармоника оказывают незначительное модули-

рующее влияние на общую цикличность сезонной динамики суточного прироста побегов (за исключением побега vi 462). На втором месте после полуторной гармоникой в агрегированном АЧС идет третья гармоника h_3 ($\tau_3 = 32$ сут) со средней амплитудой $A_3 = 0,194$ (от 0,025 до 0,450). Эта гармоника оказывает значительное влияние на общую цикличность сезонной динамики суточного прироста побегов, разделяя глобальный июльский максимум на два. Размах варьирования dL в агрегированном ряду низших гармоник h_l составляет 0,72 см/сут (от -0,41 до 0,32). Средний квадрат отклонений $dL(t)$ от нуля в сумме низших гармоник $D^2_l = 0,039$, что составляет 65% от D^2_{act} . Таким образом, длиннопериодические низшие гармо-

ники (прежде всего, высокоамплитудные $h_{1,5}$ и h_3) определяют общую цикличность сезонной динамики суточного прироста побегов: глобальный минимум в середине июня и два примерно равных максимума в начале и конце июля, разделенные относительным минимумом в середине июля.

Среди гармоник с длиной периода менее 30 дней на спектрограмме выделяются три средние гармоники с относительно высокой амплитудой: четвертая ($\tau_4 = 24$ сут; $A_4 = 0,075 \dots 0,400$), пятая ($\tau_5 \approx 19$ сут; $A_4 = 0,050 \dots 0,300$) и шестая ($\tau_6 = 16$ сут; $A_4 = 0,000 \dots 0,300$). Сумма средних гармоник $h_4 \dots h_6$ образует квазипериодический ряд с двумя максимумами: 17 июня и 6 июля. Максимум 17 июня проявляется на графике агрегированного ряда $dL(t)_a$ в виде выпуклого излома, а максимум 6 июля совпадает с раннеиюльским максимумом. Даты 17 июня и 6 июля разделены интервалом в 19 суток, что соответствует периоду колебаний в агрегированном ряду и периоду колебаний в пятой гармонике. Кроме основных максимумов в сумме средних гармоник $h_4 \dots h_6$ выявляются и дополнительные максимумы: 21...31 мая и 26...31 июля. Даты майских максимумов привязаны к определенным особям, а даты позднеиюльских максимумов – к разным побегам. На общую сезонную динамику суточного прироста побегов дополнительные максимумы не оказывают заметного влияния. Размах варьирования dL в агрегированном ряду средних гармоник h_m составляет 0,50 см/сут (от -0,27 до 0,23). Средний квадрат отклонений $dL(t)$ от нуля в сумме средних гармоник $D^2_m = 0,014$, что составляет 23% от D^2_{act} . В целом средние гармоники с периодом колебания 16...24 сут оказывают достаточно сильное модулирующее воздействие на общую цикличность сезонной динамики суточного прироста побегов, определяя периодичность колебаний в середине сезона.

Высшие гармоники h_7 и h_8 с периодом колебаний 12...14 сут характеризуются низкими амплитудами (в среднем $A = 0,080$). Сумма высших гармоник $h_7 \dots h_8$ образует квазициклическую последовательность: в первой половине сезона выявляется три слабо выраженных максимума с интервалом в 15 суток, а во второй половине сезона пики практически отсутствуют. Размах варьирования dL в агрегированном ряду высших гармоник h_h составляет 0,19 см/сут (от -0,09 до 0,09). Средний квадрат отклонений $dL(t)$ от нуля в сумме высших гармоник $D^2_h = 0,003$, что составляет 6% от D^2_{act} . Таким образом, высшие низкоамплитудные гармоники оказывают незначительное модули-

рующее воздействие на сезонную динамику суточного прироста побегов.

Средний квадрат отклонений $dL(t)$ от нуля, обусловленный остаточной изменчивостью ε , равен 0,004, что составляет 7% от D^2_{act} . Таким образом, влияние неучтенных факторов на сезонную динамику суточного прироста побегов оказывается незначительным и сопоставимым по значимости с влиянием высших низкоамплитудных гармоник.

Выводы

Анализ биоритмов нарастания однолетних побегов в модельной инбредной популяции ивы корзиночной позволил установить основные хронобиологические закономерности динамики суточного прироста побегов.

1. Сезонная динамика суточного прироста побегов носит циклический характер и представляет собой ангармонический агрегированный средний ряд с периодом колебаний 19...21 сут.

2. Эмпирические ряды динамики суточного прироста побегов с высокой точностью аппроксимируются суммами гармоник с периодом колебаний от 12 до 96 сут.

3. Низшие гармоники с периодом колебания от 32 до 96 сут определяют общую цикличность сезонной динамики суточного прироста побегов. Их вклад в общую цикличность составляет 65%.

4. Средние гармоники с периодом колебания от 16 до 24 сут оказывают сильное модулирующее воздействие на общую цикличность сезонной динамики суточного прироста побегов в середине сезона. Сумма средних гармоник образует квазипериодический ряд с периодом колебаний 19 сут. Их вклад в общую цикличность суточного прироста побегов составляет 23%.

6. Высшие низкоамплитудные гармоники с периодом колебания менее 14 сут образуют квазициклическую компоненту агрегированного ряда колебаний. Их вклад в общую цикличность суточного прироста побегов составляет 6%.

7. Для оптимизации пестицидной нагрузки при использовании химических средств защиты плантаций ивы корзиночной от вредителей и патогенов рекомендуется учитывать биоритмы нарастания побегов с периодичностью колебаний порядка 16...24 сут.

ЛИТЕРАТУРА

- Анциферов Г. И. 1984. Ива. М.: Лесная промышленность.
- Афонин А. А. 2019. Структурный анализ ритмов развития однолетних побегов ивы трехтычинковой // Бюллетень науки и практики 5(1), 22–32.
- Афонин А. А., Булавицкая Л. И. 2011а. Генетическая безопасность агробиоценозов // Биология в школе 5, 3–10.
- Афонин А. А., Булавицкая Л. И. 2011б. Эколого-генетические проблемы «зеленой» энергетики // Биология в школе 6, 16–24.
- Афонин А. А., Зайцев С. А. 2016. Цикличность среднесуточного радиального прироста несущих побегов ивы белой (*Salix alba* L.) в условиях Брянского лесного массива // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал 3(351), 66–76.
- Ганиев М. М., Неодорезков В. Д. 2006. Химические средства защиты растений. М.: КолосС.
- Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. 2017. М.: Минсельхоз РФ.
- Иванова Н. А., Костюченко Р. Н. 2011. Эколого-физиологические механизмы адаптации некоторых видов ив в различных условиях обитания на территории Среднего Приобья: Монография. Нижневартовск: Изд-во Нижневарт. гуманит. ун-та.
- Керн Э. Э. Ива, ее значение, разведение и употребление. 1915. Петроград: Тип. Мин-ва Путей Сообщения (Тов-ва И.Н. Кушнерев и К°).
- Кренке Н. П. 1940. Теория циклического старения и омоложения растений и практическое её применение. М.: Огиз-Сельхозгиз.
- Кузьмичева Н. А. 2015. Взаимосвязь морфолого-химических параметров листьев ивы прутовидной с их положением на побеге // Вестник фармации 3(69), 40–46.
- Литвишко В. С. 2018. Экологизация средств защиты растений // Естественные и технические науки 2 (116), 53–54.
- Скворцов А. К. 1968. Ивы СССР: систематический и географический обзор. М.: Наука.
- Созинов О. В., Кузьмичева Н. Л. 2016. Сезонная и разногодичная изменчивость содержания биологически активных веществ в коре *Salix viminalis* (Salicaceae) в Беларуси // Растительные ресурсы 52(4), 610–619.
- Сукачев В. Н. 1934. Из работ по селекции ивы // Селекция и интродукция быстрорастущих древесных пород. Л.: Гослестехиздат, 51–85.
- Фучило Я. Д., Сбитна М. В., Фучило О. Я., Литвин В. М. 2009. Створення та вирощування енергетичних плантацій верб і тополь: Науково-методичні рекомендації. К.: Логос.
- Фучило Я. Д., Сбитна М. В., Зелинский Б. В. 2018. Рост и продуктивность некоторых сортов энергетической ивы в зависимости от степени увлажненности почвы // Plant Varieties Studying and Protection 14(3), 323–327.
- Царев А. П., Погиба С. П., Тренин В. В. 2003. Селекция и репродукция лесных древесных пород. М.: Логос.
- Berlin S., Trybush S. O., Fogelqvist J. et al. 2014. Genetic diversity, population structure and phenotypic variation in European *Salix viminalis* L. (Salicaceae) // Tree Genetics & Genomes 10, 1595–1610.
- Fabio E. S., Kemanian A. R., Montes F. et al. 2017. A mixed model approach for evaluating yield improvements in interspecific hybrids of shrub willow, a dedicated bioenergy crop // Industrial Crops and Products 96, 57–70.
- Fuchylo Ya. D., Afonin A. A., Sbytina M. V. 2016. Selection bases of Developing new varieties of willow family (Salicaceae Mirb.) to create energy plantations // Plant Varieties Studying and Protection 4(33), 18–25.
- Hammer D., Kayser A., Keller C. 2003. Phytoextraction of Cd and Zn with *Salix viminalis* in field trials // Soil Use & Management 19(3), 187–192.
- Inicka A., Roszek K., Olejniczak A. et al. 2014. Biologically active constituents from *Salix viminalis* bio-oil and their protective activity against hydrogen peroxide-induced oxidative stress in chinese hamster ovary cells // Applied Biochemistry and Biotechnology 174(6), 2153–2161.
- Jama A., Nowak W. 2012. Willow (*Salix viminalis* L.) in purifying sewage sludge treated soils // Polish Journal of Agronomy 9, 3–6.
- Karp A., Hanley S. J., Trybush S. O. et al. 2011. Genetic improvement of willow for bioenergy and biofuels // Journal of integrative plant biology 53(2), 151–165.
- Kuzovkina Y. A. 2015. Checklist for Cultivars of *Salix* L. (Willow) // FAO International Poplar Commission 11.
- Mikó P., Kovács G. P., Alexa L. et al. 2014. Biomass production of energy willow under unfavourable field conditions // Applied Ecology and Environmental Research 12(1), 1–12.
- Mleczek M., Rutkowski P., Rissmann I. et al. 2010. Biomass productivity and phytoremediation potential of *Salix alba* and *Salix viminalis* // Biomass Bioenergy 34(9), 1410–1418.
- Németh A. V., Dudits D., Molnár-Láng M., Linc G. 2013. Molecular cytogenetic characterization of *Salix viminalis* L. using repetitive DNA sequences // Journal of Applied Genetics 54, 265–269.
- Ollerstam O., Larson S. 2003. Salicylic acid mediates resistance in the willow *Salix viminalis* against the gall midge *Dasineura marginemtorquens* // Journal of Chemical Ecology 29, 163–174.
- Rönnerberg-Wästljung A. C. 2001. Genetic structure of growth and phenological traits in *Salix viminalis* // Canadian Journal of Forest Research 31(2), 276–282.

- Rönnberg-Wästljung A. C., Tsarouhas V., Semerikov V., Lagercrantz U. 2003. A genetic linkage map of a tetraploid *Salix viminalis* × *S. dasyclados* hybrid based on AFLP markers // *Forest Genetics* 10(3), 185–194.
- Sage R. B., Tucker K. 1998. The distribution of *Phratora vulgatissima* (Coleoptera: Chrysomelidae) on cultivated willows in Britain and Ireland // *Forest Pathology* 28, 289–296.
- Trybush S. O., Jahodova S., Cizkova L. et al. 2012. High Levels of genetic diversity in *Salix viminalis* of the Czech Republic as revealed by microsatellite markers // *Bioenergy Research* 5 (4), 969–977.
- Zhao F., Yang W. 2017. Review on application of willows (*Salix* spp.) in remediation of contaminated environment // *Acta Agriculturae Zhejiangensis* 29(2), 300–306.

REFERENCES

- Antsiferov, G.I. Iva [Willow]. Moscow: Lesnaya promyshlennost, 1984. (In Russian).
- Afonin, A.A. Strukturnyj analiz ritmov razvitiya odnoletnih pobegov ivy trekhtyinkovoj [Structural analysis of the rhythms of development of annual shoots of almond willow]. In: *Bulleten nauki i praktiki*, 2019 (50), issue 1, pp. 22–32. (In Russian).
- Afonin, A.A., & Bulavintseva, L.I. Geneticheskaya bezopasnost agrobiocenozov [Genetic security of anthropogenic ecosystems]. In: *Biologiya v shkole*, 2011a (5), pp. 3–10. (In Russian).
- Afonin, A.A., & Bulavintseva, L.I. Ekologo-geneticheskie problemy «zelenoj» energetiki [Ecological and genetic problems of 'green' energy]. In: *Biologiya v shkole*, 2011b (6), pp. 16–24. (In Russian).
- Afonin, A.A., & Zaitsev, S.A. Ciklichnost srednesutochnogo radialnogo prirosta nesushchih pobegov ivy beloju (*Salix alba* L.) v usloviyah Bryanskogo lesnogo massiva [Cyclicality of average daily radial growth of bearing shoots of European willow (*Salix alba* L.) in the Bryansk Forestland]. In: *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Lesnoj zhurnal*, 2016(3), pp. 66–76. (In Russian).
- Ganiev, M.M., & Nedorezkov, V.D. Himicheskie sredstva zashchity rastenij [Chemical Means of Plant Protection]. Moscow: KoloS, 2006. (In Russian).
- Gosudarstvennyj katalog pesticidov i agrohimiKatov, razreshennyh k primeneniyu na territorii Rossijskoj Federacii [State catalogue of pesticides and agrochemicals, permitted for application in the territory of the Russian Federation]. Moscow: Minselhoz RF, 2017. (In Russian).
- Ivanova, N.A., & Kostyuchenko, R.N. Ekologo-fiziologicheskie mekhanizmy adaptacii nekotoryh vidov iv v razlichnyh usloviyah obitaniya na territorii Srednego Priobya [Ecological and Physiological Mechanisms of Adaptation of Some Willow Species in Different Habitat Conditions in the Territory of the Middle Ob]. Nizhnevartovsk: Izdatelstvo Nizhnevartovskogo gumanitarnogo unstitutu, 2011. (In Russian).
- Kern, E.E. Iva, eyo znachenie, razvedenie i upotreblenie [Willow, Its Value, Breeding and Utilization]. Petrograd: Tipografiya Ministerstva Putej Soobshcheniya (Tovarischestva I.N. Kushnerev i K°), 1915. (In Russian).
- Krenke, N.P. Teoriya tsiklicheskogo stareniya i omolozheniya rastenij i prakticheskoe eyo primenenie [Theory of Cyclic Aging and Rejuvenation of Plants and Its Practical Application]. Moscow: Ogiz-Selhozgiz, 1940. (In Russian).
- Kuzmicheva, N.A. Vzaimosvyaz morfologo-himicheskikh parametrov listyev ivy prutovidnoj s ikh polozheniem na pobege [Relationship of morphological and chemical parameters of osier willow leaves to their position on the shoot]. In: *Vestnik farmatsii*, 2015 (3), pp. 40–46. (In Russian).
- Litvishko, V.S. Ekologizatsiya sredstv zashchity rastenij [Greening of plant protection products]. In: *Estestvennye i tekhnicheskie nauki*, 2018 (2), pp. 53–54. (In Russian).
- Skvortsov, A.K. Ivy SSSR: sistematičeskij i geograficheskiy obzor [Willows of the USSR: A Systematic and Geographical Revision]. Moscow: Nauka, 1968. (In Russian).
- Sozinov, O.V., & Kuzmicheva, N.L. Sezonnaya i raznogodichnaya izmenchivost sodержaniya biologicheskii aktivnyh veshchestv v kore *Salix viminalis* (Salicaceae) v Belarusi [Seasonal and interannual variability of the content of biologically active substances in the bark of *Salix viminalis* (Salicaceae) in Belarus]. In: *Rastitelnye resursy*, 2016 (52), pp. 610–619. (In Russian).
- Sukachev, V.N. Iz rabot po selekcii ivy [From the works on willow selection]. In: *Selekcija i introdukcija bystrorastushchih drevesnyh porod* [Selection and introduction of fast-growing tree species]. Leningrad: Goslestekhzdat, 1934, pp. 51–85. (In Russian).
- Fuchylo, Ya.D., Sbytina, M.V., Fuchylo, O.Ya., & Litvin, V.M. Stvorennaya ta viroshchuvannya energetichnih plantacij verb i topol: Naukovo-metodichni rekomendacii [Creation and Cultivation of Energy Plantations of Willows and Poplars: Scientific and Methodological Recommendations]. Kiev: Logos, 2009. (In Ukrainian).
- Fuchylo, Ya.D., Sbytina, M.V., & Zelinskyy B.V. Rist i produktivnist deyakikh sortiv energetichnoj verbi zalezho vid stupenia zvolozhenostu gruntu [Growth and productivity of some cultivars of energy willow, depending on the degree of soil moisture]. In: *Plant Varieties Studying and Protection*, 2018 (14), issue 3, pp. 323–327. (In Ukrainian).
- Tsarev, A.P., Pogiba, S.P., & Trenin, V.V. Selekcija i reprodukcija lesnyh drevesnyh porod [Selection and Reproduction of Forest Tree Species]. Moscow: Logos, 2003. (In Russian).
- Berlin, S., Trybush, S.O., Fogelqvist, J., et al. Genetic diversity, population structure and phenotypic variation in European *Salix viminalis* L. (Salicaceae). In: *Tree Genetics and Genomes*, 2014 (10) pp. 1595–1610.
- Fabio, E.S., Kemanian, A.R., Montes, F., et al. A mixed model approach for evaluating yield improvements in interspecific hybrids of shrub willow, a dedicated bioenergy crop. In: *Industrial Crops and Products*, 2017 (96), pp. 57–70.

- Fuchylo, Ya.D., Afonin, A.A., & Sbytina, M.V.* Selection bases of developing new varieties of willow family (Salicaceae Mirb.) to create energy plantations. In: Plant Varieties Studying and Protection, 2016 (4), issue 33, pp. 18–25.
- Hammer, D., Kayser, A., & Keller, C.* Phytoextraction of Cd and Zn with *Salix viminalis* in field trials. In: Soil Use and Management, 2003 (190), issue 3, pp. 187–192.
- Ilnicka, A., Roszek, K., Olejniczak, A., et al.* Biologically active constituents from *Salix viminalis* bio-oil and their protective activity against hydrogen peroxide-induced oxidative stress in Chinese hamster ovary cells. In: Applied Biochemistry and Biotechnology, 2014 (174), issue 6, pp. 2153–2161.
- Jama, A., & Nowak, W.* Willow (*Salix viminalis* L.) in purifying sewage sludge treated soils. In: Polish Journal of Agronomy, 2012 (9), pp. 3–6.
- Karp, A., Hanley, S.J., Trybush, S.O., et al.* Genetic improvement of willow for bioenergy and biofuels. In: Journal of Integrative Plant Biology, 2012 (53), issue 2, pp. 151–165.
- Kuzovkina, Y.A.* Checklist for Cultivars of *Salix* L. (Willow). In: HortScience, 2015 (50), issue 11, pp. 1608–1609. Retrieved from: <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.50.11.1608>
- Mikó, P., Kovács, G.P., Alexa, L., et al.* Biomass production of energy willow under unfavourable field conditions. In: Applied Ecology and Environmental Research, 2014 (12), issue 1, pp. 1–12.
- Mleczek, M., Rutkowski, P., Rissmann, I., et al.* Biomass productivity and phytoremediation potential of *Salix alba* and *Salix viminalis*. In: Biomass Bioenergy, 2010 (34), issue 9, pp. 1410–1418.
- Németh, A.V., Dudits, D., Molnár-Láng, M., & Linc, G.* Molecular cytogenetic characterisation of *Salix viminalis* L. using repetitive DNA sequences. In: Journal of Applied Genetics 2013 (54), pp. 265–269.
- Ollerstam, O., & Larson, S.* Salicylic acid mediates resistance in the willow *Salix viminalis* against the gall midge *Dasineura marginemtorquens*. In: Journal of Chemical Ecology, 2003 (29), pp. 163–174.
- Rönnerberg-Wästljung, A.C.* Genetic structure of growth and phenological traits in *Salix viminalis*. In: Canadian Journal of Forest Research, 2001 (31), issue 2, pp. 276–282.
- Rönnerberg-Wästljung, A.C., Tsarouhas, V., Semerikov, V., & Lagercrantz, U.A.* A genetic linkage map of a tetraploid *Salix viminalis* × *S. dasyclados* hybrid based on AFLP markers. In: Forest Genetics, 2003 (10), issue 3, pp. 185–194.
- Sage, R.B., & Tucker, K.* The distribution of *Phratora vulgatissima* (Coleoptera: Chrysomelidae) on cultivated willows in Britain and Ireland. In: Forest Pathology, 1998 (28), pp. 289–296.
- Trybush, S.O., Jahodova, S., Cizkova, L., et al.* High levels of genetic diversity in *Salix viminalis* of the Czech Republic as revealed by microsatellite markers. In: Bioenergy Research, 2012 (5), issue 4, pp. 969–977.
- Zhao, F., & Yang, W.* Review on application of willows (*Salix* spp.) in remediation of contaminated environment. Acta Agriculturae Zhejiangensis, 2017 (29), issue 2, pp. 300–306.

A.A. Afonin
Bryansk, Russia

CHRONOBIOLOGICAL ASPECTS OF PESTICIDE LOAD OPTIMIZATION IN *SALIX VIMINALIS* L. PLANTINGS OF INTENSIVE TYPE

Abstract. The article considers common osier from the utilitarian perspective and addresses the necessity to apply prolonged-action pesticides in the plantings of intensive type. To reduce the pesticide load, it is proposed to schedule agroforestry activities taking into account the seasonal dynamics of annual shoot growth. The study aims to identify patterns of seasonal dynamics of daily increment of annual shoots of common osier, using such methods as selection, structural-morphological methods, and harmonic analysis. The object of the study is a model inbred population of common osier. It was found that the seasonal dynamics of daily shoot growth $\Delta L(t)$ is cyclic. A three-level structure of seasonal biorhythms of daily shoot growth was discovered. The contribution of lower harmonics with the oscillation period of 32 to 96 days to the total cyclicality $\Delta L(t)$ was 65%. The contribution of the medium harmonics with the oscillation period of 16 to 24 days to the total cyclicality $\Delta L(t)$ was 23%. The contribution of higher harmonics with the oscillation period of less than 14 days to the total cyclicality $\Delta L(t)$ was 6%. To optimize the pesticide load in the plantings of common osier, it is recommended to take into account the biorhythms of shoot growth with a frequency of fluctuations from 16 to 24 days.

Keywords: *Salix viminalis*; basket willow; chronobiology; biorhythm; daily growth; seasonal dynamics; anharmonic; quasi-periodic; quasi-cyclic.

About the author: Alexey Alexeevich Afonin, Doctor of Agricultural Sciences, Professor at the Department of Biology.

Place of employment: Ivan Petrovsky Bryansk State University.

Афонин А.А. Хронобиологические аспекты оптимизации пестицидной нагрузки в насаждениях ивы корзиночной (*Salix viminalis* L.) интенсивного типа // Вестник Нижневартковского государственного университета. 2019. № 2. С. 43–50.

Afonin A.A. Chronobiological aspects of pesticide load optimization in *Salix viminalis* L. plantings of intensive type // Bulletin of Nizhnevartovsk State University. 2019. No. 2. P. 43–50.

ВЛИЯНИЕ НАНОЧАСТИЦ Al НА СОДЕРЖАНИЕ ХЛОРОФИЛЛА В ЛИСТЬЯХ ХЛОПЧАТНИКА

Аннотация. Роль нанотехнологий в решении экологических проблем возрастает, и появляется необходимость в дополнительных исследованиях в этой области. Одной из экологических проблем является проблема засоления почв. Во время солевого стресса процент прорастания рассады, рост и развитие растений замедляются, а количество пигментов, хлорофилла и каротиноидов в листьях уменьшается. Уменьшается также активность важных физиологических процессов – фотосинтеза, дыхательных процессов и активность ферментов. Существует несколько способов улучшить солеустойчивость хлопчатника. В первую очередь, это генетическое улучшение сортов. Другой способ – повышение устойчивости семян или рассады химическим, биологическим или физическим методами. На ранних стадиях развития рассады хлопчатник очень чувствителен к солёности и другим стрессовым факторам. В ходе исследования было изучено влияние наночастиц Al на пигментный состав листьев рассады хлопчатника и на активность ферментов (аскорбатпероксидазы, полифенолоксидазы, гваякол-зависимой пероксидазы) в пробах почвы, собранных из разных районов Муганской степи. Установлено, что семена хлопчатника хорошо развиваются в засоленных почвах при обработке наночастицами Al. Значительные изменения происходят в его развитии и в кинетике физиологических процессов. Отмечено увеличение количества хлорофилла пигментов a и b в ростках хлопка (в основном на 3-листных стадиях). Наблюдается изменение активности ферментов. Так, активность аскорбиновой пероксидазы во время стрессовых факторов в ростках возрастает, а в листьях хлопчатника – снижается. Отмечено и незначительное снижение активности ферментов полифенолоксидазы и гваякол-зависимой пероксидазы.

Ключевые слова: наночастицы; хлопчатник; засоленные почвы; хлорофилл; ферментативная активность.

Сведения об авторе: Фариде Васиф гызы Гасанова, докторант.

Место работы: Бакинский государственный университет.

Контактная информация: AZ 1148, Азербайджан, г. Баку, ул. Захид Халилова, д. 23, тел. +994 51 435 5158, e-mail: faride.hasanli90@gmail.com.

Введение

Исторически, начиная с XVIII в., земли Ширванской, Мильской и Муганской степей, входящие в Кура-Аразскую низменность, использовались для культивирования хлопчатника (под насаждения), чему способствовали благоприятные почвенно-климатические условия региона. Особенно активное использование этих земель под посевы началось с середины XX в. Позже в оборот были вовлечены и почвы Карабахской степи и Нахичевани Азербайджана.

В Муганской степи производилось более 30% хлопка-сырца. Муганская степь расположена на стыке двух основных водных артерий Азербайджана – рр. Кура и Араз. Данное положение способствовало интенсивному использованию этих земель, и итогом стало нарушение экологического равновесия, поднятие уровня грунтовых вод и вторичное засоление плодородных земель (Basal 2010).

Абиотические стрессы, такие как заболачивание, засуха, жара и засоление, являются основными ограничениями для успешного выращивания сельскохозяйственных культур (Khan et al. 2017).

Большая часть современных сортов хлопка являются солеустойчивыми. Хлопчатник

среди многих сельскохозяйственных растений по отношению к солям, независимо от их типа, классифицируется как толерантный к засоленному виду. Даже при высоком содержании солей в почве хлопчатник по физиологическим свойствам может нормально развиваться и быть продуктивной культурой. Но при этом следует отметить, что концентрация солей в почве может быть и выше допустимой нормы, а это угнетает рост растений, замедляет их развитие, понижает их продуктивность и качество (Higbie et al. 2010; Нечитайло и др. 2018).

Но солевая толерантность хлопчатника крайне ограничена, и проведение исследований по определению и возможному расширению границ угнетения вида является актуальным для сельского хозяйства Азербайджана и экологии вида в целом (Ashraf 2002).

Имеются различные пути повышения толерантности солеустойчивости хлопчатника, одним из которых является генетическое улучшение сортов. Иной путь увеличения солеустойчивости семян и рассады хлопчатника – химическими, биологическими и физическими методами.

Хлопчатник, как и многие растения, крайне чувствителен к стрессовым факторам

внешней среды в фазах всхода и цветения. Растения, успешно преодолевшие все негативные (природные и антропогенные) условия воздействия в период своей вегетации, даже в засоленных почвах, способны дать хороший урожай (Cavalcanti et al. 2007).

У большинства возделываемых растений, в частности у хлопчатника, при солевом стрессе наблюдается замедление развития, резкое уменьшение количества пигментов, хлорофиллов и каротинов в листьях, снижается активность фотосинтеза и ферментов (Basal 2010).

W.Chen, Z.Hou, L.Wu, Y.Liang, C.Wei (2010) установили, что хлопчатник в начальной фазе развития наиболее чувствителен к солевым стрессам, нежели в других фазах своего вегетационного периода. В своей работе «Влияние солености и азота на рост хлопка в аридной среде» они отмечают, что рост хлопка, измеренный как высота растения, значительно зависел от засоления почвы и взаимодействия N-солености, но не только от N. При более высокой солености поглощение N не зависит от уровня N и в основном зависит от засоленности почвы. Поглощение K уменьшалось с засолением почвы. Концентрация Na, Cl и Ca в растительных тканях увеличивалась с засолением почвы с самыми высокими концентрациями в хлопковом листе.

Высокое содержание солей в почве, замедляя интенсивность развития хлопчатника, угнетает его всходы, значительно уменьшает фитомассу (как надземную, так и подземную), листья изменяют свой цвет – чернеют (Gouia et al. 1994).

Опыты, проведенные на четырех сортах хлопчатника (*Gossypium hirsutum* L.) на нескольких приподнятых участках рельефа, показали, что рост их всходов, длина корней, количество и общая площадь листьев, количество хлорофиллов, осмотический потенциал, сухая фитомасса и др. показатели на засоленных почвах серьезно уступают растениям, возделываемым в нормальных условиях. В зависимости от сорта хлопчатника изменяется и степень подверженности к солевым стрессам. При влиянии стрессовых факторов среды, в частности солей, наличие хлорофиллов непосредственно зависит от генотипа самого растения – хлопчатника. Установлена прямая связь между антиоксидантами и солеустойчивостью хлопчатника (Ashraf 2002; Mittler 2002; Saleh 2012).

После стрессов активность антиоксидантных ферментов, которые значительно уменьшают повреждения при окислении, играет значительную роль после солевого стресса (Cavalcanti et al. 2007).

Объект и методика исследований

Опыты проведены на сорте хлопчатника «Гянджа-110», который районирован в 2017 г. и получен путем мутагенеза. В экспериментах были использованы наночастицы Al. В настоящее время наиболее используемыми наноматериалами в сельском хозяйстве являются наномембраны, нанопористые полимеры, нанопористые цеолиты, углеродные нанотрубки для наносенсоров и каталитические наночастицы для удаления загрязняющих веществ из окружающей среды (Cásarez-Santiago et al. 2019, Ruotolo R. et al. 2018).

Семена хлопчатника были представлены Институтом генетических ресурсов Национальной Академии наук Азербайджана.

Семена хлопчатника до посадки были очищены от волокон. «Гянджа-110» является скороспелым сортом, высота растения – 90–110 см, кусты компакты, пирамидальной формы, моноподиальные ростки – 1 шт., стебель увядший, зеленого цвета, слабо волокнистый, устойчив к полеганию. Коробочки яйцеобразно-крупные, звездовидные, гладкие с бурыми пятнами и зеленого цвета. Урожай устойчив. Семена средне-крупные, масса 1000 семян – 115–120 г, темно-зеленого цвета, средне-щетиновые (Гумбатов, Халилов 2012).

Ферментативная активность определялась стандартным биохимическим методом.

Активность аскорбат-пероксидазы определялась уменьшением оптической плотности при 265 нм волн аскорбиновой кислоты, т. к. степень окисления аскорбиновой кислоты напрямую коррелируется количеством ферментов.

Для определения активности фермента аскорбинатоксидазы спектроскопическим методом использован фосфатный буфер (pH 7,3–7,4), 10^{-3} М $MgSO_4$ на 10^{-5} М раствора аскорбиновой кислоты.

В фазе 3-х листьев хлопчатника с каждого варианта взяты образцы в количестве $1 \pm 0,001$ г, которые были промыты в дистиллированной воде и растерты в ступке. Полученный гомогенат был растворен в колбе объемом 50 мл в охлажденном буфере фосфата (25 мл). Экстракт осаждался в центрифуге в течение 10 мин (скорость вращения 9 000 об/мин). В кювету (опыт) вносили 1 мл $MgSO_4$, 2 мл фосфатного буферного раствора, 0,1 мл фильтрата и 0,7 мл аскорбиновой кислоты.

В другую кювету (контроль) в том же количестве были размещены аналогичные компоненты, но аскорбиновая кислота была заменена 0,7 мл H_2O .

Для каждой кюветы начальной точкой определений принимался ноль. Продолжитель-

ность первого определения – 30 с, затем через 60 с – 5–6 мин. Активность ферментов (А) определялась по следующей формуле:

$$A = \frac{(D_2 - D_1)60 V V_2}{(t_2 - t_1) V_1 H}$$

где D_1 – оптическая плотность раствора в начальной стадии (первое определение), D_2 – оптическая плотность раствора в конце опыта, t_1 и t_2 – время в начале и в конце опыта, H – масса взятых образцов (г), V – масса экстракта фермента (мл), необходимый объем для проведения реакции (мл).

Для определения активности ферментов полифенолоксидазы и гваякол-зависимой пероксидазы спектрофотометрическим методом был использован метод определения активности фермента аскорбат-пероксидазы. В этих опытах использованы 0,5 г листового материала и 10 мл 0,06 М фосфатного буферного раствора (рН 7,2).

Определителем являлись растворы 0,02% полифенолоксидазы и диэтилпарафенилендиамина (Ермаков и др. 1987). Спектры флуоресценции строились на спектрофотометре Cary Eclipse (Varian Cary).

Степень засоленности и рН почв определялись в лаборатории органических удобрений Института почвоведения и агрохимии НАНА кондуктометром (ЕС-метр).

Почвенные образцы были взяты из различных точек Муганской степи.

Семена хлопчатника были посажены в вегетационные емкости с почвой различной степени засоленности. В каждую вегетационную емкость размещали по 10 семян сорта «Гянджа-110» в 4 вариантах, проращивание проводилось в фитотроне с автоматическим регулированием температуры, света и влажности (рис. 1, 2).

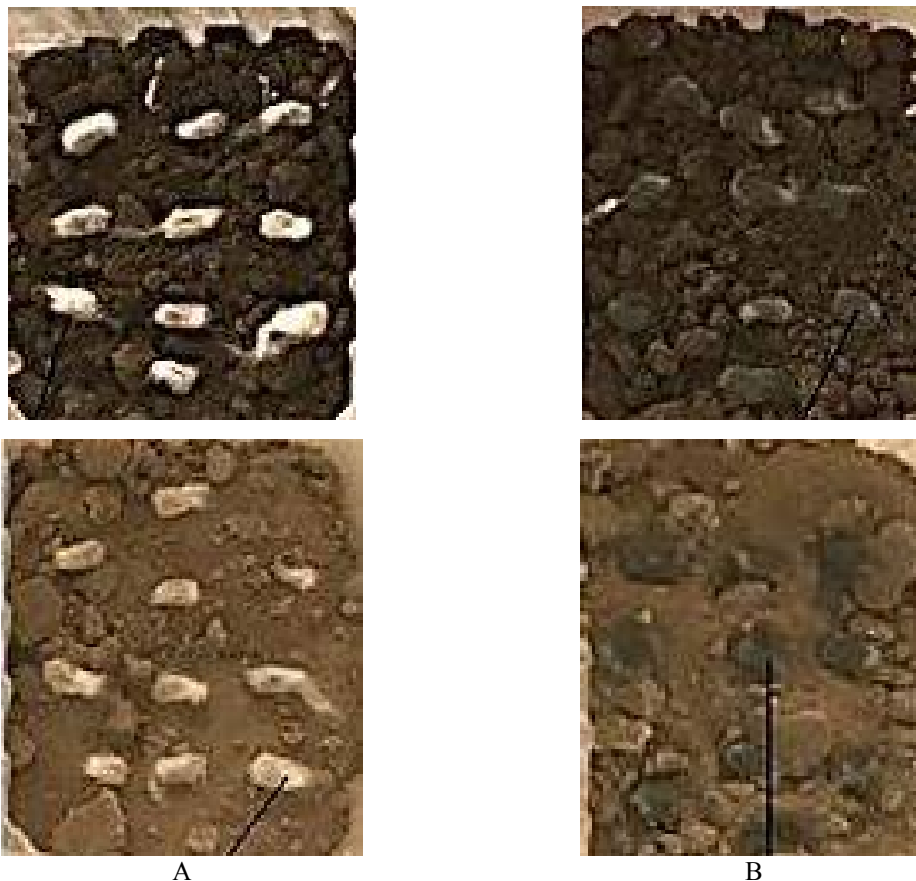


Рис. 1. Посадка семян хлопчатника в вегетационных емкостях: А – вариант, не обработанный наночастицами, В – вариант с Al наночастицами



Рис. 2. Всходы семян хлопчатника: А – вариант, не обработанный наночастицами, В – вариант с Al наночастицами

Результаты и их обсуждение

В проведенных опытах на генетически усовершенствованном сорте хлопчатника определялось влияние наночастиц Al на рост стебля, длину корней, их плотность и биомассу. Выявлено, что при низкой концентрации наночастиц Al существенных изменений в минеральном питании и развитии корневой массы, а также всходов не наблюдалось. Но при этом установлено положительное влияние наночастиц Al на поглощение элементов Fe и Na и ингибирование продуктов некоторых фитогормонов. Под действием наночастиц Al концентрация IPA предотвращает ускоренное старение растений. По мере увеличения концентрации наночастиц в корневой системе рассады увеличивается количество Al.

Анализ образцов корней и листьев свидетельствуют о накоплении в корнях и листьях наночастиц, что подтверждается и работами зарубежных авторов, которые показали, как наночастицы транспортировались от корней к побегам через сок ксилемы (Rui et al. 2014).

Проанализирована фитотоксичная эффективность наночастиц на Bt-трансген хлопчатника и выявлено, что наночастицы Al от корней хлопчатника распространяются по стеблю к листьям, абсорбируются на поверхность хлоропластов, в связи с чем происходит разрушение хлоропластов. С другой стороны наночастицы в массе ксилем способствуют уменьшению количества ростовых гормонов IAA и ABA, таких важных элементов как Zn, Mg, Fe и P. Наночастицы Al не оказывают существенного влияния на активность довольно важного фермента пероксидазы в клетках корней и супероксиддисмутазы в клетках листьев. Но при этом они способны значительно изменить активность фермента каталазы (CAT).

При наличии наночастицы Bt-transgen (биостимулятор, активизирующий развитие листьев растений) в клетках корней и листьев хлопчатника в концентрации 100 mg/l активность фермента каталазы по сравнению с контролем существенно различна. Активность ка-

талазы в обычном хлопчатнике, по сравнению с Bt-transgen, несколько ниже, а на образцах, семена которых обработаны наночастицами Al, его активность значительно увеличивается.

Для определения кинетики изменения пигментов хлорофилла при помощи спектров флюоресценции использовались почвенные образцы с различной степенью засоления: почва I – 2,32 dS/m, почва II – 0,44 dS/m, почва V – 0,56dS/m и почва VI – 1,10 dS/m. pH водной суспензии во всех образцах – 6,5–7, от слабо кислой до нейтральной.

В контрольном варианте семена хлопчатника не обработаны наночастицами Al, а в экспериментальном варианте – обработаны. На 3-листной стадии развития хлопчатника были взяты образцы листьев шириной 3 мм и длиной 1 см, после удерживания их в течении 1 ч в темноте были сняты спектры флюоресценции. В результате было зафиксировано 2 максимума в спектре флюоресценции хлорофиллов при комнатной температуре в листьях *in vivo*: первый максимум спектра в красной области длинной волны 689 нм относится к II фотосистеме (PSII), второй (720–740 нм) – к I фотосистеме (PSI).

За показатели количества хлорофилла в опытах приняты соотношения F689/F740. Установлена обратная связь между соотношением F685/F740 и количеством хлорофиллов (Nak et al. 1990). Составляя спектры флюоресценции и проводя расчеты максимумов этих соотношений, можно наблюдать те или иные стрессовые факторы, влияющие на кинетику изменения количества хлорофиллов в листьях растений. На основе проведенных исследований были составлены и сопоставлены кривые спектров флюоресценции рассады семян хлопчатника, обработанных наночастицами Al, на засоленных и плодородных почвах (рис. 3). На рисунке представлены спектры флюоресценции всходов семян в почвенных образцах, обработанных наночастицами Al (I сосуд) (кривая 2), и спектры семян на необработанном (KI сосуд) контрольном варианте почв (кривая 1).

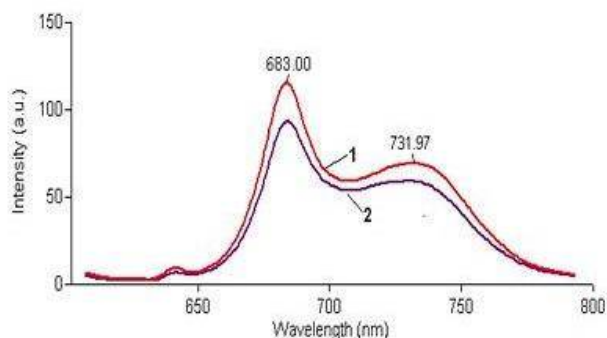


Рис. 3. Спектр флюоресценции рассады семян, обработанных Al наночастицами (I емкость) (кривая 2), и спектр флюоресценции рассады не обработанных Al наночастицами семян (емкость KI) (кривая 1)

На рисунке 4 представлены спектры листьев растений из второго образца почв, на рисунке 5 – спектры из пятого образца почв, а на рисунке 6 – из шестого образца почв. В результате проведенных опытов установлено, что на

листьях всходов семян, обработанных наночастицами Al, на засоленных почвах (образец I) интенсивность максимумов уменьшилась по сравнению с контролем.

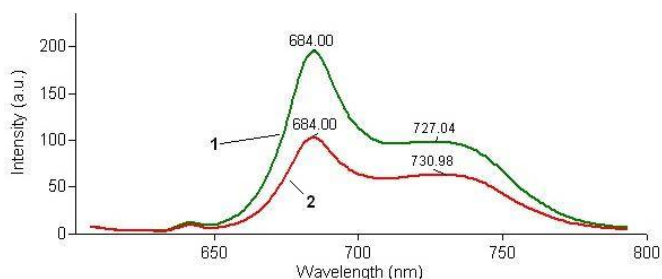


Рис. 4. Спектр флюоресценции рассады семян, обработанных Al наночастицами (II емкость) (кривая 1), и спектр флюоресценции рассады не обработанных Al наночастицами семян (емкость KI) (кривая 2)

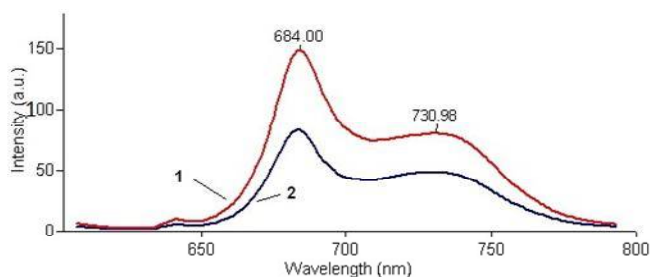


Рис. 5. Спектр флюоресценции рассады семян, обработанных Al наночастицами (V емкость) (кривая 2), и спектр флюоресценции рассады не обработанных Al наночастицами семян (емкость KV) (кривая 1)

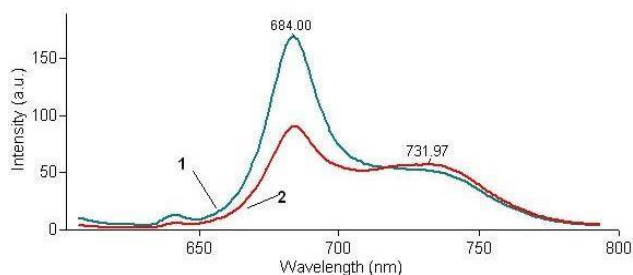


Рис. 6. Спектр флюоресценции рассады семян, обработанных Al наночастицами (VI емкость) (кривая 2), и спектр флюоресценции рассады не обработанных Al наночастицами семян (емкость KVI) (кривая 1)

Если соотношение максимумов спектров флуоресценции на не обработанных наночастицами семенах составило $F683/732 = 1,58$, то на обработанных семенах это соотношение соответствует $F683/732 = 1,64$. Уменьшение данного соотношения свидетельствует, что Al наночастицы на засоленных почвах способствуют увеличению количества хлорофилла. Данное соотношение на слабо засоленных почвах (образец VI) соответствует $F684/732 = 1,78$, а на контроле $F684/732 = 1,84$.

В данном варианте также наблюдается уменьшение соотношения $F684/732$, что еще раз свидетельствует о том, что при обработке семян наночастицами Al увеличивается количество хлорофиллов на слабо засоленных почвах. В образцах почв II и V происходит увеличение соотношения $F684/732$. В контрольном варианте (почва KII) это соотношение составляло 1,8, а в экспериментальном варианте (почва II) – 2,0; в контрольном варианте (почва KV) – 1,6, в экспериментальном (почва V) – 1,88. Следовательно, в образцах опресненных почв Al наночастицы уменьшают наличие хлорофиллов.

Опыты показали, что при засолении (солевой стресс) почв происходит уменьшение

количества хлорофиллов в растениях, что подтверждают и другие исследователи (Taffo et al. 2010). При увеличении концентрации NaCl в различных сортах сои зафиксировано уменьшение хлорофиллов на 52%. Уменьшение количества хлорофиллов и других пигментов при увеличении засолённости в *Lens calinaris* L. показано в работе (Turan et al. 2007). В наших опытах с обработкой семян хлопчатника наночастицами Al наблюдался обратный процесс, т. е. при увеличении засолённости почв происходило увеличение количества хлорофилла в растениях хлопчатника.

Для определения активности ферментов аскорбат-пероксидазы, полифенолоксидазы, гваякол-зависимой пероксидазы в заложенных опытах были получены кривые спектра флуоресценции (рис. 7). Аскорбат пероксидаза в хлоропластах H_2O_2 является основным ферментом цикла детоксикации askorbat-quitation (Asada 1992). Данный фермент и система askorbat-quitation играют важную роль не только в хлоропластах, но также в угасании активных радикалов кислорода в цитоплазме, митохондриях и пероксисомах (Rinderle, Lichtenthaler 1988).

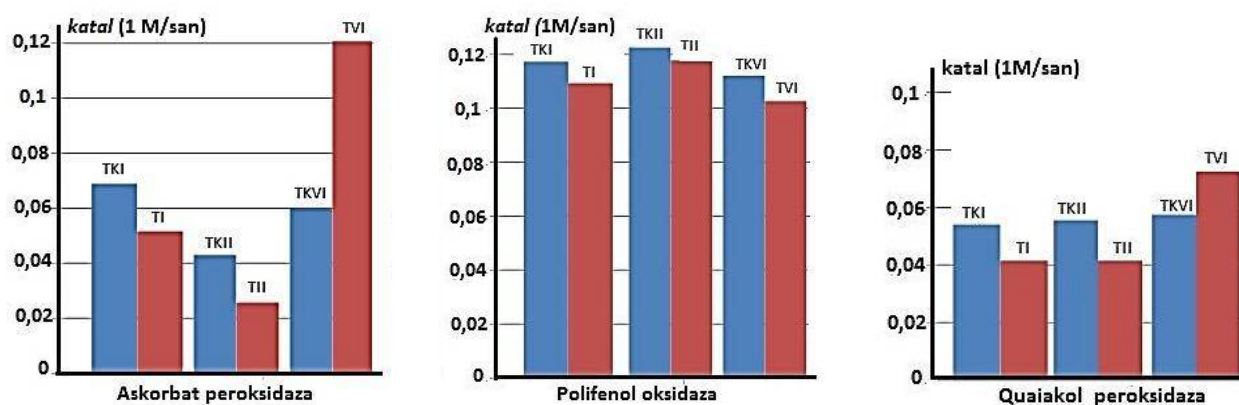


Рис. 7. Ферментативная активность в листьях рассады семян, обработанных Al наночастицами (TI, TII, TVI) и не обработанных Al наночастицами (TKI, TKII, TKVI)

Усиление факторов стресса среды способствует пропорциональному увеличению активности ферментов (Taïbi et al. 2016). В проведенных опытах было выявлено, что в почвах с относительно высокой степенью засолённости (2,32 dS/m) в семенах, обработанных Al наночастицами, происходит уменьшение активности фермента аскорбат-пероксидазы в листьях рассады хлопчатника, а в почвах с относительно низкой засолёностью (1,10 dS/m) их активность увеличивается в два раза.

Активность фермента полифенолоксидазы во всех почвенных образцах не существенна, но подвержена уменьшению.

Активность гваякол-зависимой пероксидазы в засоленных почвах (2,32 dS/m) уменьшается, но в относительно слабо засоленных почвах (1,10 dS/m) наблюдается существенное увеличение (рис. 7).

Заключение

Итак, семена хлопчатника, обработанные Al наночастицами, достаточно успешно произрастают в засоленных почвах. В динамике и кинетике физиологических процессов происходят существенные изменения: увеличение количества хлорофиллов и других пигментов

(особенно в 3-лиственной фазе); изменение активности ферментов.

А при обработке семян Al наночастицами в засоленных почвах в листьях хлопчатника

происходит угасание активности ферментов: уменьшение активности фермента не существенно в полифенолоксидазе и ярко выражено в гваякол-зависимой пероксидазе.

ЛИТЕРАТУРА

Гасанова Ф. В. 2019. Влияние наночастиц на физиологические характеристики и активность ферментов растений, выращенных в соленых почвах // Бюллетень науки и практики 5:2, 142–151. DOI:10.33619/2414-2948/39/19.

Гумбатов Х. Г., Халилов Е. И. 2012. Технология волокна хлопчатника. Баку: Нурлан.

Ермаков А. И., Арасимович В. В., Ярош Н. П., Перуанский Ю. В., Луковникова Г. А., Иконникова М. И. 1987. Методы биохимического исследования растений. Изд. 2-е, перераб. и доп. Ленинград: Колос. Ленингр. отделение, 44–45.

Нечитайло Г. С., Богословская О. А., Ольховская И. П., Глуценко Н. Н. 2018. Влияние наночастиц железа, цинка, меди на некоторые показатели роста растений перца // Российские нанотехнологии 13:3-4, 57–63.

Ahmad S., Khan N., Iqbal M. Z., Hussain A., Hassan M. 2002. Salt tolerance of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) // Asian Journal of Plant Sciences 1:6, 715–719. DOI: 10.3923/ajps.2002.715.719.

Asada K. 1992. Ascorbate peroxidase—a hydrogen peroxide-scavenging enzyme in plants // Physiologia Plantarum 85: 2, 235–241. DOI: 10.1111/j.1399-3054.1992.tb04728.x.

Ashraf M. 2002. Salt Tolerance of Cotton: Some New Advances // Critical Reviews in Plant Sciences 21:1, 1–30. DOI: 10.1080/0735-260291044160.

Basal H. 2010. Response of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) genotypes to salt stress // Pakistan Journal of Botany 42, 505–511.

Cásarez-Santiago R. G. et al. 2019. Nanoagriculture and Energy Advances // Plant Nanobionics Springer, Cham, 141–164. DOI: 10.1007/978-3-030-12496-0_7.

Cavalcanti F. R., Lima J. P. M. S., Ferreira-Silva S. L., Viégas R. A., Silveira J. A. G. 2007. Roots and leaves display contrasting oxidative response during salt stress and recovery in cowpea // Journal of plant physiology 164(5), 591–600. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2006.03.04>.

Chen W., Hou Z., Wu L. et al. 2010. Effects of salinity and nitrogen on cotton growth in arid environment // Plant and Soil. Plant Soil 326, 61. URL: <https://doi.org/10.1007/s11104-008-9881-0>.

Gouia H., Ghorbal M. H., Touraine B. 1994. Effects of NaCl on flows of N and mineral ions and on NO₃-reduction rate within whole plants of salt-sensitive bean and salt-tolerant cotton // Plant Physiology 105: 4, 1409–1418.

Hák R., Lichtenthaler H. K., Rinderle U. 1990. Decrease of the chlorophyll fluorescence ratio F690/F730 during greening and development of leaves // Radiation and environmental biophysics 29:4, 329–336. DOI: 10.1007/BF01210413.

Higbie S. M., Wang F., Stewart J. M., Sterling T. M., Lindemann W. C., Hughs E., Zhang J. 2010. Physiological response to salt (NaCl) stress in selected cultivated tetraploid cottons // International Journal of Agronomy. DOI: 10.1155/2010/643475.

Khan A. et al. 2017. Nitrogen fertility and abiotic stresses management in cotton crop: a review // Environmental Science and Pollution Research 24:17, 14551–14566. DOI: 10.1007/s11356-017-8920-x.

Le Van Nhan, Chuanxin Ma, Yukui Rui et al. 2015. Phytotoxic Mechanism of Nanoparticles: Destruction of Chloroplasts and Vascular Bundles and Alteration of Nutrient Absorption // Scientific Reports 5, 11618. DOI: 10.1038/srep11618.

Mittler R. 2002. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance // Trends in plant science 7:9, 405–410. DOI: 10.1016/S1360-1385(02)02312-9.

Rinderle U., Lichtenthaler H. K. 1988. The chlorophyll fluorescence ratio F690/F735 as a possible stress indicator // Applications of Chlorophyll Fluorescence in Photosynthesis Research, Stress Physiology, Hydrobiology and Remote Sensing Springer, Dordrecht, 189–196. DOI: 10.1007/978-94-009-2823-7_23.

Rui Y., Gui X., Li X., Liu S., Han Y. 2014. Uptake, transport, distribution and bio-effects of SiO₂ nanoparticles in Bt-transgenic cotton // Journal of nanobiotechnology 12:1, 50. DOI: 10.1186/s12951-014-0050-8.

Ruotolo R. et al. 2018. Plant response to metal-containing engineered nanomaterials: an omics-based perspective // Environmental science & technology. 52:5, 2451–2467. DOI: 10.1021/acs.est.7b04121.

Saleh B. 2012. Salt stress alters physiological indicators in cotton (*Gossypium hirsutum* L.) // Soil & Environment 31:2, 113–118.

Taffouo V. D., Wamba O. F., Youmbi E., Nono G. V., Akoa A. 2010. Growth, yield, water status and ionic distribution response of three bambara groundnut (*Vigna subterranean* (L.) verdc.) landraces grown under saline conditions // International Journal of Botany 6:1, 53–58. DOI: 10.3923/ijb.2010.53.58.

Taibi K., Taibi F., Abderrahim L. A., Ennajah A., Belkhdja M., Mulet J. M. 2016. Effect of salt stress on growth, chlorophyll content, lipid peroxidation and antioxidant defence systems in *Phaseolus vulgaris* L // South African Journal of Botany 105, 306–312. DOI: 10.1016/j.sajb.2016.03.011.

Turan M. A., Turkmen N., Taban N. 2007. Effect of NaCl on stomatal resistance and proline, chlorophyll, Na, Cl and K concentrations of lentil plants // Journal of Agronomy 6, 378–381.

REFERENCES

- Ahmad, S., Khan, N., Iqbal, M.Z., Hussain, A., & Hassan, M. Salt tolerance of cotton (*Gossypium hirsutum* L.). In: Asian Journal of Plant Sciences, 2002 (1), issue6, pp. 715–719. doi: 10.3923/ajps.2002.715.719.
- Asada, K. Ascorbate peroxidase—a hydrogen peroxide scavenging enzyme in plants. In: Physiologia Plantarum, 1992 (85), issue2, pp. 235–241. doi: 10.1111/j.1399-3054.1992.tb04728.x.
- Ashraf, M. Salt tolerance of cotton: Some new advances. Critical Reviews in Plant Sciences, 2002 (21), issue1, pp. 1–30. doi: 10.1080/0735-260291044160.
- Basal, H. Response of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) genotypes to salt stress. In: Pakistan Journal of Botany, 2010 (42), pp. 505–511.
- Cásarez-Santiago, R.G., et al. Nanoagriculture and Energy Advances. In: Plant Nanobionics. Ed. by R. Prasad. Cham: Springer, 2019, pp. 141–164. doi: 10.1007/978-3-030-12496-0_7.
- Cavalcanti, F.R., Lima, J.P.M.S., Ferreira-Silva, S.L., Viégas, R.A., & Silveira, J.A.G. Roots and leaves display contrasting oxidative response during salt stress and recovery in cowpea. In: Journal of Plant Physiology, 2007 (164), issue 5, pp. 591–600. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2006.03.004>.
- Chen, W., Hou, Z., Wu, L., et al. Effects of salinity and nitrogen on cotton growth in arid environment. In: Plant and Soil, 2010 (326), pp. 61–73. Retrieved from: <https://doi.org/10.1007/s11104-008-9881-0>
- Gasanova, F. Vliyaniye nanochastits na fiziologicheskiye kharakteristiki i aktivnost' fermentov rasteniy, vyrashchennykh v solenyykh pochvakh [Influence of nanoparticles on ferments activity and physiological characters of the ground plants in saline soils]. In: Bulletin nauki i praktiki, 2019 (5), issue 2, pp. 142–151. Retrieved from: <https://doi.org/10.33619/2414-2948/39/19>. (In Russian).
- Gouia, H., Ghorbal, M.H., & Touraine, B. Effects of NaCl on flows of N and mineral ions and on NO₃-reduction rate within whole plants of salt-sensitive bean and salt-tolerant cotton. In: Plant Physiology, 1994 (105), issue4, pp. 1409–1418. doi.org/10.1104/pp.105.4.1409.
- Hák, R., Lichtenthaler, H.K., & Rinderle, U. Decrease of the chlorophyll fluorescence ratio F690/F730 during greening and development of leaves. In: Radiation and Environmental Biophysics, 1990 (29), issue4, pp. 329–336. doi: 10.1007/BF01210413.
- Higbie, S.M., Wang, F., Stewart, J.M., Sterling, T.M., Lindemann, W.C., Hughes, E., & Zhang, J. Physiological response to salt (NaCl) stress in selected cultivated tetraploid cottons. In: International Journal of Agronomy, 2010, Article ID 643475. doi: 10.1155/2010/643475.
- Khan, A., et al. Nitrogen fertility and abiotic stresses management in cotton crop: a review. In: Environmental Science and Pollution Research, 2017 (24), issue17, pp. 14551–14566. doi: 10.1007/s11356-017-8920-x.
- Le Van Nhan, Chuanxin Ma, Yukui Rui, et al., Phytotoxic Mechanism of Nanoparticles: Destruction of Chloroplasts and Vascular Bundles and Alteration of Nutrient Absorption. In: Scientific Reports, 2015 (5), Article Number11618. doi: 10.1038/srep11618
- Mittler, R. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. In: Trends in Plant Science, 2002 (7), issue 9, pp. 405–410. doi: 10.1016/S1360-1385(02)02312-9.
- Nechitailo, G.S., Bogoslovskaya, O.A., Olkhovskaya, I.P., & Glushchenko, N.N. Vliyaniye nanochastits zheleza, tsinka, medi nanekotoryye pokazateli rosta rasteniy pertsya [Influence of nanoparticles of iron, zinc, copper on some indicators of the growth of pepper plants]. In: Rossijskie nanotekhnologii, 2018 (13), issue 3–4, pp. 57–63. (In Russian).
- Rinderle, U., & Lichtenthaler, H.K. The chlorophyll fluorescence ratio F690/F735 as a possible stress indicator. In: Applications of Chlorophyll Fluorescence in Photosynthesis Research, Stress Physiology, Hydrobiology and Remote Sensing. Dordrecht: Springer, 1988, pp. 189–196. doi: 10.1007/978-94-009-2823-7_23.
- Rui, Y., Gui, X., Li, X., Liu, S., & Han, Y. Uptake, transport, distribution and bio-effects of SiO₂ nanoparticles in Bt-transgenic cotton. In: Journal of Nanobiotechnology, 2014 (12), Article Number 50. doi:10.1186/s12951-014-0050-8.
- Ruotolo, R., et al. Plant response to metal-containing engineered nanomaterials: an omics-based perspective. In: Environmental Science and Technology, 2018 (52), issue5, pp. 2451–2467. doi: 10.1021/acs.est.7b04121.
- Saleh, B. Salt stress alters physiological indicators in cotton (*Gossypium hirsutum* L.). In: Soil and Environment, 2012 (31), issue 2, pp. 113–118.
- Taffouo, V.D., Wamba, O.F., Youmbi, E., Nono, G.V., & Akoa, A. Growth, yield, water status and ionic distribution response of three bambara groundnut (*Vigna subterranean* (L.) verdc.) landraces grown under saline conditions. In: International Journal of Botany, 2010 (6), issue 1, pp. 53–58. doi: 10.3923/ijb.2010.53.58
- Taïbi, K., Taïbi, F., Abderrahim, L.A., Ennajah, A., Belkhdja, M., & Mulet, J.M. Effect of salt stress on growth, chlorophyll content, lipid peroxidation and antioxidant defence systems in *Phaseolus vulgaris* L. In: South African Journal of Botany, 2016(105), pp. 306–312. doi: 10.1016/j.sajb.2016.03.011.
- Turan, M.A., Turkmen, N., & Taban, N. Effect of NaCl on stomatal resistance and proline, chlorophyll, Na, Cl and K concentrations of lentil plants. In: Journal of Agronomy, 2007 (6), pp. 378–381.

Gumbatov, X.G., & Khalilov, Ye.I. Tekhnologiya volokna khlochatnika [Cotton Fiber Technology]. Baku: Nurlan, 2012. (In Russian).

Yermakov, A.I., Arasimovich, V.V., Yarosh, N.P. Peruanskiy, Yu.V., Lukovnikova, G.A., & Ikonnikova, M.I. Metody biokhimicheskogo issledovaniya rasteniy [Methods of biochemical studies of plants], 2nd ed. Leningrad: Kolos, 1987, pp. 44–45. (In Russian).

F.V. Hasanova
Baku, Azerbaijan

IMPACT OF AL NANOPARTICLES ON CHLOROPHYLL PIGMENT CONTENT AND ENZYME ACTIVITY IN COTTON LEAVES

Abstract. The role of nanotechnology in solving environmental problems is increasing, and there is a need for additional research in this area. One of these environmental problems is soil salinization. During salinity stress, germination, growth and development of plants slow down, and the quantity of pigments, chlorophyll and carotenoids in leaves decreases. So does the activity of such important physiological processes as photosynthesis, respiratory processes and enzyme activity. There are several ways to improve the salt tolerance of cotton. The cotton varieties can be improved genetically, or another way is to increase the stability of seeds or seedlings by chemical, biological or physiological methods. At the early stages of development cotton seedling are very sensitive to salinity and other stress factors. The study investigated the effect of Al nanoparticles on the pigment composition in cotton seedling leaves and on the enzyme activity (ascorbate oxidase, polyphenol peroxidase and guaiacol-dependent peroxidase) in soil samples, collected in different areas of the Mugan plain. It was found that cotton seeds develop well in saline soils if treated with Al nanoparticles. Significant changes were observed in the plant development and in the kinetics of physiological processes. The quantity of chlorophyll pigments *a* and *b* in cotton sprouts (mainly at three leaf stages) increased, and the change in enzyme activity occurred. Thus, during salinity stress the influence of basic enzymes, such as ascorbic peroxidase, increased in sprouts but decreased in leaves if the cotton plants are cultivated in saline soils with Al nanoparticles. The decrease in the activity of polyphenol oxidase and guaiacol-dependent peroxidase was insignificant.

Keywords: nanoparticle; cotton; soil salinity; chlorophyll; enzyme activity

About the author: Faride Vasif gyzy Hasanova, Doctoral Student.

Place of employment: Baku State University.

Гасанова Ф.В. Влияние наночастиц Al на содержание хлорофилла в листьях хлопчатника // Вестник Нижнеартовского государственного университета. 2019. № 2. С. 51–59.

Hasanova F.V. Impact of Al nanoparticles on chlorophyll pigment content and enzyme activity in cotton leaves // Bulletin of Nizhnevartovsk State University. 2019. No. 2. P. 51–59.

УДК 581.1: 615.322

И.Ю. Усманов, Э.Р. Юмагулова, В.В. Александрова,
И.Г. Гончар, А.В. Щербаков, В.Б. Иванов
г. Нижнеартовск, г. Уфа, Россия

КОМПЛЕКСЫ ФЛАВОНОИДОВ *CHAMAEDAPHNE CALYCVLATA* (L.) MOENCH ОЛИГОТРОФНЫХ БОЛОТ СРЕДНЕЙ ОБИ

Аннотация. Проведено сравнение спектров высокоэффективной жидкостной хроматографии метаболомов из ценопопуляций *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench олиготрофных болот Средней Оби. Исследованные ценопопуляции *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench различались по числу пиков в хроматограммах – от 21 до 41. Пики также различаются по времени выхода. После суммирования на разных хроматограммах *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench число пиков достигло 108. Полученные результаты свидетельствуют о высокой вероятности участия нейтралистских механизмов в формировании флавоноидных спектров изученных ценопопуляций. Биоразнообразие флавоноидов может формировать региональные (географические) продукты питания в зависимости от экологических условий региона.

Ключевые слова: *Chamaedaphne calyculata*; флавоноиды; Среднее Приобье; олиготрофные болота.

Сведения об авторах: Вячеслав Борисович Иванов¹, кандидат педагогических наук, доцент кафедры экологии; Эльвира Рамилевна Юмагулова², кандидат биологических наук, доцент кафедры экологии; Виктория Викторовна Александрова³, кандидат биологических наук, доцент кафедры экологии; Иван Геннадьевич Гончар⁴, аспирант кафедры экологии; Аркадий Владимирович Щербаков⁵, кандидат биологических наук, доцент, ведущий научный сотрудник; Искандер Юсуфович Усманов⁶, доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник.

Место работы: ^{1,2,3,4,6}Нижевартовский государственный университет; ⁵ООО «Научно-внедренческое предприятие «БашИнком»»; ⁶Уфимский государственный нефтяной технический университет.

Контактная информация: ^{1,3,4}628609, г. Нижневартовск, ул. Дзержинского, д. 11, каб. 314, тел. 83466436586, ^{1,4}e-mail: karatazh@mail.ru, ³e-mail: aleksandrovavv2006@yandex.ru; ^{3,6}2628609, г. Нижневартовск, ул. Дзержинского, д. 11, каб. 317, тел. 83466436586, ³e-mail: elvirau2009@yandex.ru, ⁶e-mail: iskander.usmanov@mail.ru.; ⁵450015, г. Уфа, ул. Карла Маркса, д. 37, тел. 89174301703, e-mail: humanist314@rambler.ru.

Введение

Исследования флавоноидов в растительном организме известны с начала XIX в. Интерес к флавоноидным соединениям особенно возрос в 40-е гг. прошлого столетия, флавоноиды привлекают внимание ученых разносторонней биологической активностью и чрезвычайно низкой токсичностью (Caniego 2005). После 1970 г. выделено свыше 1 500 соединений, относящихся к флавоноидам, но общее число флавоноидов и антоцианов очень велико и до сих пор неизвестно (Кабата-Пендиас 2005). История исследования и возможное применение данных по природным флавоноидам представили в своей работе Plant polyphenols: recent advances in epidemiological research and other studies on cancer prevention A. Valavanidis и T. Vlachogianni (2013).

В настоящее время накопилось достаточно много материала по исследованию механизма накопления и свойств флавононов и других растительных продуктов, которые способны изменять стрессоустойчивость организмов. В.Е. Софронова (2010) рассмотрела растворимые фенольные соединения и устойчивость вечнозеленых растений к стрессовым факторам криолитозоны. В результате проведенной работы было установлено, что колебания в их содержании зависят от сроков прохождения фаз развития растений, температурно-световых условий произрастания. В работе рассматривается также и связь с флавоноидами.

Martz F. (2010) с соавторами провел анализ листьев черники, собранных на открытых и лесных участках, показал, что основные фенольные изменения появились на первых этапах развития листьев, но, что наиболее важно, синтез и накопление флавоноидов в лесу были меньше по сравнению с участками с высокой освещенностью. Листья с более высоких широт и больших высот имели более высокий уровень растворимого фенола и флавонола, более высокую антиоксидантную способность и более низкое содержание производных хлорогеновой кислоты. A Berlim et al. (2018) представил данные по фотофизическим свойствам флавоноидов, извлеченных из *Syngonanthus nitens* (Bong.) Ruhland.

Флавоноиды и антоцианы образуются в плодах и листьях вечнозеленых кустарничков и хвойных растениях, которые являются доминантами болотных экосистем Среднего Приобья. Флавоноиды являются физиологическими веществами для адаптации растений к холоду, ультрафиолетовому излучению, тяжелым металлам и многим другим неблагоприятным факторам среды обитания, повышают их стрессоустойчивость. Сложные условия для выживания в болотных экосистемах требуют от растений активизации большого набора адаптаций, среди которых флавоноиды и антоцианы играют важную роль (Баширова 1998, Фурса, Горькова 2013). На сегодняшний день принципы экологической регуляции флавоноидов и антоцианов слабо изучены, и до настоящего времени не проводились исследования спектров синтезируемых вечнозелеными растениями флавоноидов и антоцианов в условиях Среднего Приобья.

Целью представленного исследования явилось определение факторов изменчивости спектров флавоноидов у *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench. олиготрофных болот Среднего Приобья. Для того, чтобы понять принципы регуляции синтеза флавоноидов, необходимо оценить основные факторы и силу их влияния на биосинтез.

Объекты и методы исследования

Объект исследования – *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench. Для анализа был выбран болотный контур с экологически однородными условиями. Природная однородность условий определяли по ряду параметров: 1) бессточное болото без притока воды из других ландшафтов, а перемещения водных потоков в границах болота носят хаотичный характер под влиянием температуры, ветра, таяния снегов и т. п.; 2) верховые болота по определению не имеют притока питательных веществ, кроме вымывания подпочвенного субстрата. Вымывание практически прекращается по мере нарастания торфа, и растения на поверхности получают ресурсы из разлагающихся торфяных масс. Зольность почв в пределах 2–5%; 3) растительность выбранного участка однородная (Овечкина 2017; Иванов 2017). Для исследования были отобраны растения из пяти опытных уча-

стков, расположенных на Самотлорском лицензионном участке, и одного контрольного участка, расположенного в районе учебно-полевой базы Нижневартовского государственного университета «Церковная грива». Образцы почвогрунтов отбирали по ГОСТ Р 53123-2008 (ИСО 10381-5:2005) методом конверта.

Листья для анализа отбирали в июне. Брели листья со среднего яруса растений, с 6-кратной повторностью. Число и вес листьев определяли с участков 25x25 см. Полученные с каждого участка образцы растений анализировались в 3 повторностях. Всё растительное сырьё было высушено до воздушно-сухого состояния, измельчено до размеров частиц не более 2 мм. Экстракцию производили из навески в 20 мг поэтапно: гексаном (в три приема общим объемом растворителя 100 мл), после выпаривания гексана растительное волокно экстрагировали 70%-ным этанолом (в три приема, объединяя отфильтрованные с помощью фильтров Шотта экстракты). Применение гексана в качестве предварительного экстрагента было вызвано необходимостью избавиться образцы от различного рода неполярных органических веществ, не имеющих отношение к фенольным метаболитам. В дальнейшем при анализе образцов методом ВЭЖХ данные экстракты не анализировались.

Подготовку растительного сырья проводили в два этапа: для очистки растительного сырья от жирорастворимой фракции использовали гексан. Растительное сырьё трижды инкубировали с гексаном по 15 минут при непрерывном встряхивании, фильтровали через фильтры Шота. После растительное сырьё инкубировали в течение 45 минут в 70%-ном водном растворе этанола трижды, отфильтровывая и объединяя полученные экстракты. Упаривали на водяной бане до получения концентрированного раствора, раствор высушивали до получения постоянной сухой массы.

В качестве базовых методов в исследовании были использованы: морфологический анализ вечнозеленых растений; метод высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ); метод градиентной статистики; фрактальный анализ; подходы исследования динамического хаоса в факториальной экологии; фотокалориметрический метод, с использованием атомно-абсорбционного спектрофотометра МГА-915 и вольтамперометрического комплекса СТА; картографический; дешифрирование космо- и аэрофотоматериалов.

Исследования содержания P, N, Cd, Pb, Cu, Zn проводили параллельно в почве исследуемых участков и листьях *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench. Такой подход позволил рассчитать коэффициенты накопления исследованных элементов в растительных тканях и определить интенсивность их накопления.

Методом ВЭЖХ хроматографии определяли спектры метаболомов, содержащих флавоноиды и вещества с близкими физико-химическими свойствами, из ценопопуляций *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench. Для анализа отбирали взвешенное количество экстрагированного образца, растворяя его в элюенте 50:50 вода–ацетонитрил. Хроматографический анализ проводили методом ВЭЖХ на хроматографе Waters «Breeze». Хроматографическое исследование экстрактов образцов листьев проводили в режиме обратной фазы на колонке Luna C18 250x4,6 мм, 5 мкм. В ходе анализа использовались стандарты веществ: байкалеин, гесперетин, физетин, нарингин, нарингенин, рутин, кверцетин, изокверцетин, морин, дигидрокверцетин, ликвиритигенин производства Sigma-Aldrich, чистотой не менее 92%. Стандарты соответствующих флавоноидов и сами вещества в образцах детектировались при длинах волн 275 и 360 нм на диодно-матричном УФ-анализаторе. Стандарты и вещества в образцах детектировались при длине волны 360 нм на базе УНЦ ИОХ РАН (Уфа). При проведении анализа применялось соотношение растворителей: вода: ацетонитрил: трифторуксусная кислота (ТФА) = 35:64,9:0,1. Индивидуальные образцы растений анализировались в трех повторностях при двух аналитических длинах волн.

Хроматограмму «единичного» экстракта стандартного образца растительного материала, усредненную по трем аналитическим прогонам, принимали за элементарную единицу иерархии. В каждой ценопопуляции анализировали по 10–15 хроматограмм. Хроматограммы оценивали по трем основным параметрам: 1) время выхода пика, что указывает на наличие того или иного вещества; 2) число пиков за время хроматографирования, что указывает на общее количество веществ в экстракте; 3) площадь пиков, что указывает на относительное содержание данного вещества в данном экстракте.

Результаты и обсуждение

Результаты содержания исследованных химических элементов в почвенных образцах корнеобитаемых участков растений олиготрофного болота представлены на рисунке 1.

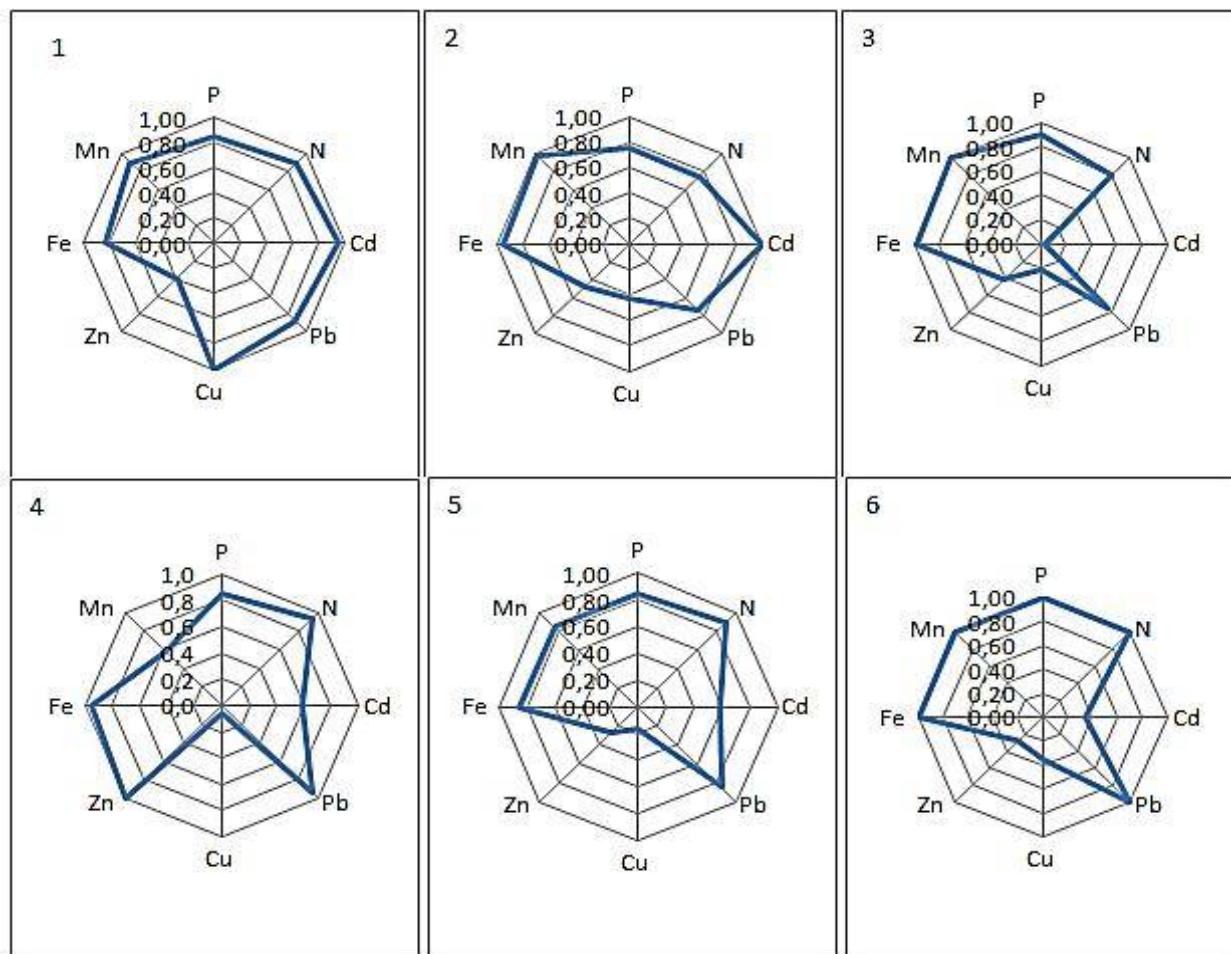


Рис. 1. Относительная изменчивость содержания химических элементов в почвенных образцах корнеобитаемых участков растений в геоботанически и экологически однородном олиготрофном болоте

Химический анализ почвогрунтов показал:

1. Почвы бедные минеральными элементами, что соответствует общепринятым представлениям (Аитов 2013; Иванов 2016).

2. Корнеобитаемые объемы различаются между собой: на общем олиготрофном фоне каждое растение может оказаться в отличающихся от других условиях корневого питания (Федоровский 1979; Мавлетова-Чистякова 2017).

3. По отношению к каждому элементу растение может выполнять функции биологического накопителя или иметь комплекс адаптаций для выполнения барьерной функции (Семенова 2012).

Результаты исследования коэффициента накопления химических элементов в листьях *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench представлены в таблицах 1–3.

Исследование содержания химических элементов в почве и растительных тканях позволило рассчитать коэффициенты их накопления в растительных тканях.

Chamaedaphne calyculata (L.) Moench адаптирован к существованию в сверхбедных почвогрунтах. Данная адаптация проявляется в способности концентрировать биогенные элементы в тканях, в частности, в листьях (Усманов 1987; Walch-Liu 2006). Как видно из таблицы 1, *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench устойчиво накапливает фосфор в концентрациях выше, чем отмечается их содержание в почве. Следует отметить, что коэффициент накопления фосфора в листьях примерно в 1,5 раза выше, чем для азота. Исследования показывают, что для биогенных элементов *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench является накопителем.

Таблица 1

Содержание биогенных элементов Р и N в почве, листьях и расчет коэффициента их накопления в листьях *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench, мг/г

Р			N		
Почва	Лист	Коэффициент накопления	Почва	Лист	Коэффициент накопления
1,7	2,42	1,42	10,70	10,40	0,97
1,5	2,59	1,73	8,94	10,80	1,21
1,8	2,40	1,33	9,50	10,10	1,06
1,7	2,30	1,35	11,30	10,20	0,90
1,7	3,10	1,82	10,70	7,80	0,73
2,0	2,90	1,45	12,00	10,50	0,88

Таблица 2

Содержание биогенных элементов Cd и Pb в почве, листьях и расчет коэффициента их накопления в листьях *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench, мг/г

Cd			Pb		
Почва	Лист	Коэффициент накопления	Почва	Лист	Коэффициент накопления
0,47	0,08	0,17	7,66	0,52	0,07
0,49	0,08	0,17	6,42	0,45	0,07
0,02	0,08	4,74	6,60	0,46	0,07
0,29	0,03	0,10	8,21	0,21	0,03
0,29	0,01	0,04	7,38	0,80	0,11
0,17	0,01	0,07	8,73	0,84	0,10

Кадмий и свинец относятся к металлам, накопление которых нежелательно в продуктах питания. Во всех случаях коэффициент накопления кадмия очень низок и составляет около 5–10%, что в 10–15 раз ниже, чем для биогенных элементов. Выпадающее значение в строке 3 необходимо проверить в летних эксперимен-

тах: видимо, ошибка в оценке концентрации в почве. Как и в случае с Cd, значения коэффициента накопления очень невелики. *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench в данном случае показывает выраженную барьерную функцию к данным химическим элементам.

Таблица 3

Содержание биогенных элементов Cu и Zn в почве, листьях и расчет коэффициента их накопления в листьях *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench, мг/г

Cu			Zn		
Почва	Лист	Коэффициент накопления	Почва	Лист	Коэффициент накопления
3,32	2,30	0,69	35,36	13,76	0,39
1,43	2,20	1,54	42,01	13,89	0,33
0,72	2,75	3,81	36,64	29,02	0,79
0,20	2,15	10,94	89,51	26,72	0,30
0,54	3,70	6,81	24,59	35,28	1,43
1,20	0,72	0,60	25,00	16,25	0,65

Результаты исследования показывают, что коэффициенты накопления меди и цинка в листьях *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench достаточно высоки. На следующих стадиях работы необходимо сравнить накопление меди в листьях других вечнозеленых растений олиго-

трофных болот. Барьерная функция не выражена.

Коэффициенты корреляции между концентрациями веществ в почвогрунте и листьях *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench представлены в таблице 4.

Таблица 4

**Коэффициенты корреляции концентрации веществ в почве
и листьях *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	1,00																		
2		1,00																	
3		0,89	1,00																
4	-0,84			1,00															
5	0,82				1,00														
6				-0,66	0,60	1,00													
7							1,00												
8					0,77			1,00											
9		0,94			0,62			0,88	1,00										
10	0,61									1,00									
11		0,72									1,00								
12						0,83						1,00							
13					0,93								1,00						
14														1,00					
15													-0,83		1,00				
16		-0,83						-0,94			0,59					1,00			
17											-0,83		-0,83	0,92			1,00		
18														0,73		-0,83		1,00	
19				0,65		-0,89													1,00

Примечание: 1 – содержание P в почве, мг/г; 2 – содержание P в листьях, мг/г; 3 – коэффициент накопления P; 4 – содержание Cd в почве, мг/кг; 5 – содержание Cd в листьях, мг/кг; 6 – коэффициент накопления Cd; 7 – содержание Pb в почве, мг/кг; 8 – содержание Pb в листьях, мг/кг; 9 – коэффициент накопления Pb; 10 – содержание N в почве, мг/г; 11 – содержание N в листьях, мг/г; 12 – коэффициент накопления N; 13 – содержание Cu в почве, мг/кг; 14 – содержание Cu в листьях, мг/кг; 15 – коэффициент накопления Cu; 16 – содержание Zn в почве, мг/кг; 17 – содержание Zn в листьях, мг/кг; 18 – коэффициент накопления Zn; 19 – содержание флавоноидов в листьях, % от их сухой массы.

Результаты исследования показывают, что химические элементы в листьях *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench накапливаются с разной интенсивностью. Вечнозеленое растение олиготрофных болот Среднего Приобья *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench интенсивно накапливает в листьях фосфор и азот, а тяжелые металлы не накапливаются вследствие сформированного комплекса адаптаций для выполнения барьерной функции. Данное положение в наибольшей степени относится к кадмию и свинцу, а в наименьшей – к меди и цинку.

В системе почва–растение предварительно выявлены следующие взаимосвязи:

1. В олиготрофных геоботанически однородных болотных почвогрунтах отмечаются микрофлуктуации по всем исследованным элементам.

2. По отношению к разным исследованным химическим элементам вечнозеленые рас-

тения Среднего Приобья проявляют специфические способности к накоплению:

– биогенные элементы, фосфор и азот, активно накапливаются в растениях;

– кадмий и свинец сталкиваются с выраженной барьерной функцией со стороны растений;

– медь и цинк не проявляют выраженного накопления или отторжения.

3. Растения комфортно развиваются (растут и плодоносят) в условиях олиготрофных болот Среднего Приобья.

4. Расчет значений корреляций показывает, что связи между процессами накопления исследованных химических веществ в растениях слабо выражены.

5. Валовое содержание флавоноидов не образует достоверных связей ни с одним из исследованных параметров в почве и растениях. Анализ суммы параметров почвы (6 показателей) показал, что положение образца как сово-

купности из 6 веществ не образует линейной структуры в зависимости от концентрации того или иного вещества (Мавлетова-Чистякова 2017).

Результаты исследования экстрактов *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench методом ВЭЖХ показали, что в каждом растительном образце выявляется большое число веществ, от 21 до 41 (рис. 2, 3, табл. 5).

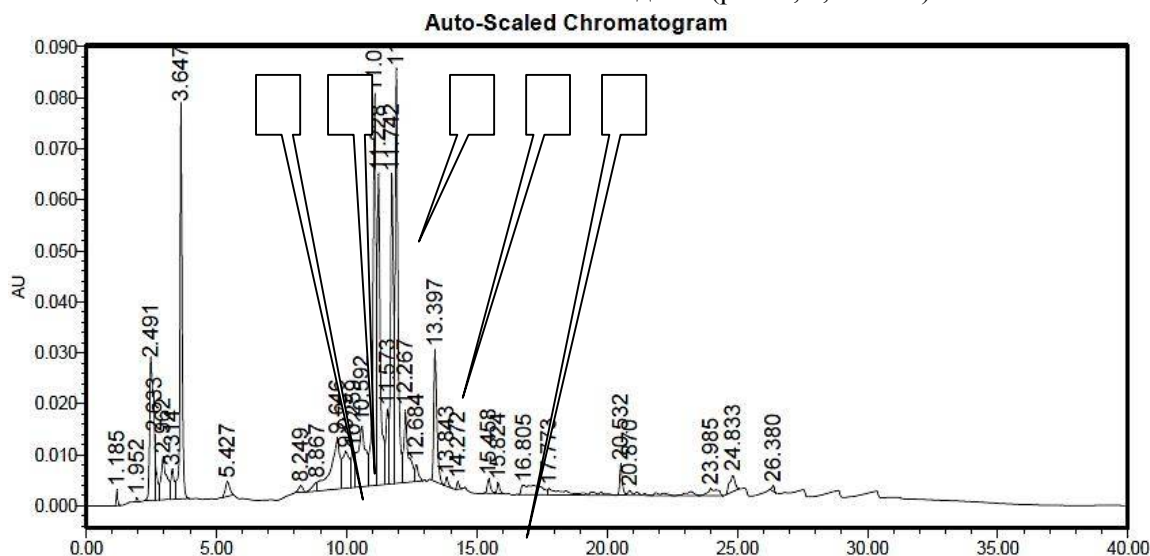


Рис. 2. Хроматограмма экстракта листьев *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench: по оси x – интенсивность сигнала, по оси y – время выхода пика, min; 1-5 – пики, идентифицированные по стандартам: 1. нарингин, время высвобождения пика - 10,30 min; 2. рутин - 10,59 min; 3. дегидрокверцетин - 11,94 min; 4. физетин – 13,397 min; 5. кверцитин – 15,458 min

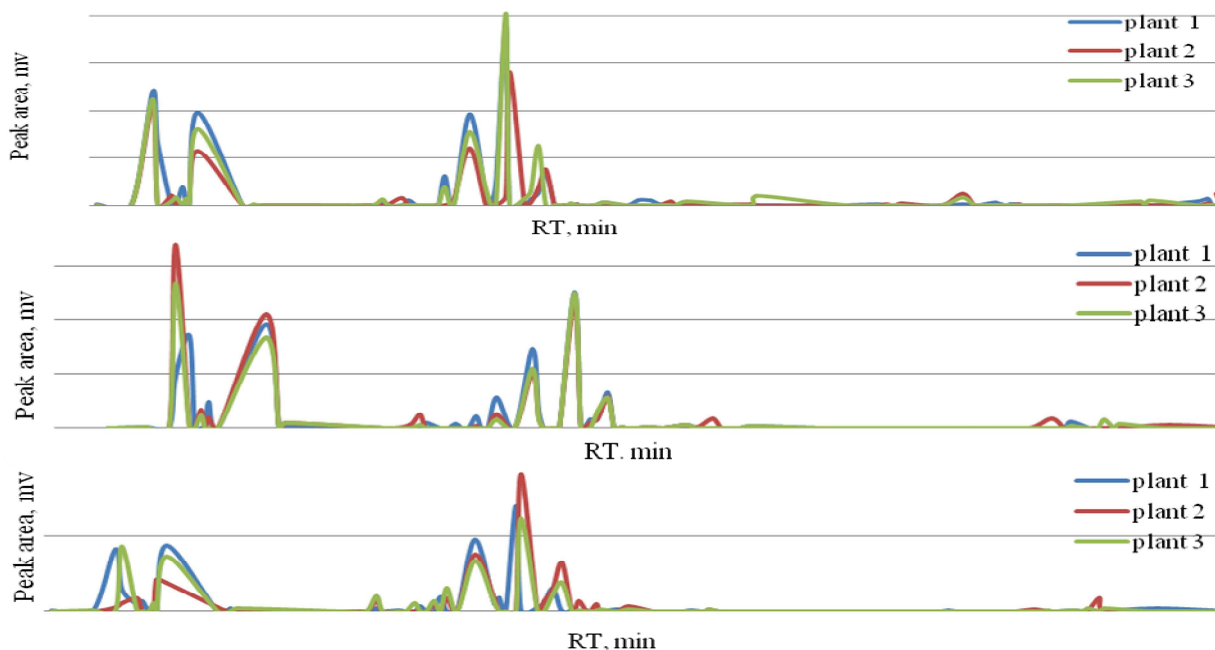


Рис. 3. Спектры флавоноидов *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench

Результаты исследования хроматограмм спиртовых экстрактов вечнозеленых растений Среднего Приобья показывают, что в разных популяциях одного и того же растения наблюдается разное количество пиков хроматограмм, а значит разное количество веществ в растительных тканях или их качественное состояние. Для хроматограмм *Chamaedaphne calyculata*

(L.) Moench число пиков для всех исследованных растений составило 108, что отлично от других наших исследований, описанных в литературе: *Oxycoccus palustris* – 76, для степных видов *Juniperus sabina* – 107, для *Glycyrrhiza korshinskyi* – 114 (Usmanov 2019; Мавлетова-Чистякова 2017).

Иерархия хроматограмм для 5 уровней комбинации

Уровни суммирования/объединения хроматограмм	Растения/группы								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Число пиков у отдельных растений	36	41	34	33	30	34	32	28	21
Число пиков для 2 объединенных хроматограмм	44		39		46			41	
Хроматограммы сгруппированы по 3	54			49			43		
Массив хроматограмм разделен на 2	75					69			
Суммарное число пиков для всех хроматограмм исследованной ценопопуляции	108								

Исследования показали, что хроматограммы спиртовых экстрактов растения *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench в разных популяциях кардинально различаются между собой, что указывает на разное количество или качество веществ в растении. Каждое растение практически имеет индивидуальные особенности по разнообразию фиксируемых веществ.

В ходе исследования выявлено, что растительные организмы имеют следующие качественные различия:

1) общим свойством хроматограмм является высокая гетерогенность и низкий уровень сходства;

2) сумма веществ в ценопопуляциях всегда больше, чем в любой зарегистрированной хроматограмме.

Полученные факты указывают на высокую вероятность участия нейтралистских механизмов в формировании спектров флавоноидов исследованных естественных ценопопуляций (Усманов 2015, 2019).

Сравнение хроматограмм как комплексных последовательностей методом главных компонент (Розенберг 2013) показал, что сумма влияния экологических факторов по обеим комплексным осям не превышает 40%, что указывает на большую долю неучитываемых регуляторов (более 60%) (рис. 4).

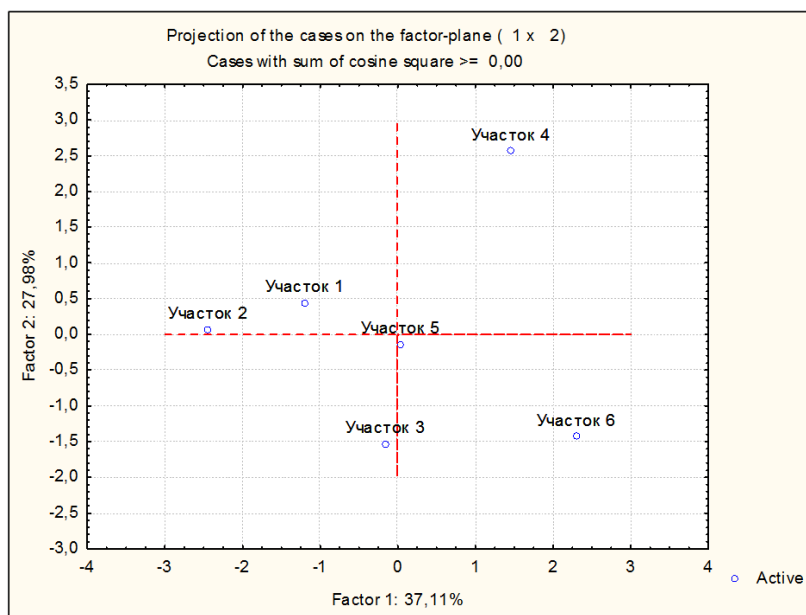


Рис. 4. Анализ меры сходства хроматограмм в пространстве метода главных компонент

Корреляционный анализ результатов исследования показал на очень низкий уровень взаимозависимостей между расположением пиков, их числом и величиной. Анализ сходства распределений пиков в хроматограммах с помощью коэффициента Коха также показал на низкие значения сходства между пиками веществ в ценопопуляциях – от 0,03 до 0,18, что указывает на очень низкий уровень сходства хроматограмм (Щербаков 2013).

Такие особенности хроматограмм позволили предположить, что система биосинтеза флавоноидов обладает свойствами стохастического фрактала: случайное распределение пиков в отдельной хроматограмме воспроизводится в других хроматограммах, в том числе при наложении хроматограмм по 2, 3 и т. д. Во всех случаях коэффициенты корреляции и коэффициенты сходства минимальны (Martin 2005; Milne 1991).

После проведения вычислительных процедур фрактального анализа (Гелашвили 2013; Usmanov 2016; Andreson 1995) было доказано, что состав любой хроматограммы в измеренном интервале имеет стохастические свойства, слабо зависит от колебаний условий среды и определяется комплексом генетических, физиологических и экологических факторов (Usmanov 2014, 2016; Usmanov 2017; Иванов 2017).

Совокупность полученных данных позволяет в качестве основной гипотезы рассматривать суммы флавоноидов вечнозеленых растений олиготрофных болот Среднего Приобья как уникальный региональный продукт, антиоксидантные, противовоспалительные, антиаллергенные свойства которого целесообразно изучить более подробно.

Заключение

Результаты проведенных исследований позволяют сделать обобщенные выводы:

1. Флавоноидный спектр *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench содержит от 20 до 60

разных соединений у всех исследованных растений.

2. Флавоноиды обнаруживаются в больших количествах на всех этапах сезонных изменений.

3. Характер распределения спектров флавоноидов носит сложный многофакторный характер и не может быть однозначно интерпретирован как зависимость от того или иного фактора.

4. Получены доказательства того, что в распределении флавоноидов определяющую роль играют стохастические процессы, а регулирующие факторы биогенной и абиогенной природы имеют второстепенное значение.

5. Сумма флавоноидов растения *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench, произрастающего на олиготрофных болотах Западной Сибири, обеспечивает ему адаптивные преимущества в условиях многофакторного лимитирования роста высших растений листопадных видов.

ЛИТЕРАТУРА

- Аитов И. С., Иванов В. Б. 2013. Трансформация почвогрунтов на лицензионных участках нефтедобывающих компаний // Региональная экологическая политика в условиях существующих приоритетов развития нефтегазодобычи: Материалы III съезда экологов нефтяных регионов. Новосибирск: Изд-во «Параллель», 158–168.
- Баширова Р. М., Усманов И. Ю., Ломаченко Н. В. 1998. Вещества специализированного обмена растений (классификация, функции): Учебное пособие. Уфа: Изд-во БашГУ.
- Гелашвили Д. Б., Иудин Д. И., Розенберг Г. С., Якимов В. Н., Солнцев Л. А. 2013. Фракталы и мультифракталы в биоэкологии. Нижний Новгород: Изд-во ННГУ.
- Иванов В. Б., Калиновская Е. А., Иванов Н. А., Александрова В. В., Усманов И. Ю. 2017. Геохимическая оценка воздействия шламовых амбаров на верховые болотные почвы // В мире научных открытий 9:2-2, 23–28.
- Иванов В. Б., Оберемченко А. А. 2016. Эколого-химический анализ состояния почвенных ресурсов на территории лицензионного участка // Восемнадцатая Всероссийская студенческая научно-практическая конференция Нижневартковского государственного университета. Нижневартовск: Изд-во НВГУ, 1074–1078.
- Иванов В. Б., Усманов И. Ю., Александрова В. В., Иванов Н. А., Болотин К. И., Иванова Л. Г., Копылов Е. О. 2017. Количественные и качественные критерии преобразования и самовосстановления природных комплексов в результате загрязнения нефтепродуктами // В мире научных открытий 9:1-2, 56–65.
- Кабата-Пендиас А. 2005. Проблемы современной биохимии микроэлементов // Российский химический журнал XLIX:3, 15–20.
- Мавлетова-Чистякова М. В., Щербаков А. В., Иванов В. Б., Юмагулова Э. Р., Усманов И. Ю. 2017. Пульсирующая мозаичность параметров почв Южного Зауралья // Вестник Нижневартковского государственного университета 4, 124–133.
- Миркин Б. М., Наумова Л. Г. 2012. Современное состояние основных концепций науки о растительности. Уфа: Гилем.
- Овечкина Е. С. 2017. Предварительный продромус выделенных на территории Самотлорского месторождения иерархических единиц растительности // Бюллетень науки и практики 2, 78–90.
- Овечкина Е. С., Шаяхметова Р. И. 2015. Влияние антропогенных факторов на содержание пигментов сосны обыкновенной в летне-зимний период на территории Нижневартковского района // Известия Самарского научного центра Российской академии наук 17:6, 236–241.
- Розенберг Г. С. 2013. Введение в теоретическую экологию. Тольятти: Кассандра, Т. 1.
- Розенберг Г. С. 2013. Введение в теоретическую экологию. Тольятти: Кассандра, Т. 2.
- Семенова И. Н., Суюндуков Я. Т., Ильбулова Г. Р. 2012. Биологическая активность почв как индикатор их экологического состояния в условиях техногенного загрязнения тяжелыми металлами. Уфа: Гилем.
- Софронова В. Е. 2010. Растворимые фенольные соединения и устойчивость вечнозеленых растений к стрессовым факторам криолитозоны // Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова 3, 21–27

Усманов И. Ю., Овечкина Е. С., Юмагулова Э. Р., Иванов В. Б., Щербаков А. В., Шаяхметова Р. И. 2015. Проблемы самовосстановления экосистем Среднего Приобья при антропогенных воздействиях нефтедобывающего комплекса // Вестник Нижневарттовского государственного университета 1, 70–86.

Усманов И. Ю. 1987. Аутэкологические адаптации растений к изменениям азотного питания. Уфа: Изд-во БФАН СССР.

Усманов И. Ю., Овечкина Е. С., Шаяхметова Р. И. 2015. Распространение влияния нефтяного шлама // Вестник Нижневарттовского государственного университета. Серия «Биологические науки» 3, 84–94.

Усманов И. Ю., Семенова И. Н., Щербаков А. В., Суяндукоев Я. Т., Усманов Ю. И. 2014. Эндемичные экологические ниши Южного (Башкирского) Зауралья: многомерность и флуктуирующие режимы // Вестник Башкирского государственного аграрного университета 1, 16–21.

Усманов И. Ю., Щербаков А. В., Мавлетова М. В., Юмагулова Э. Р., Иванов В. Б., Александрова В. В. 2016. Пульсирующая многомерная экологическая ниша растений: расширение объема понятия // Известия Самарского научного центра РАН. Т. 18:2-2, 525–529.

Усманов И. Ю., Щербаков А. В., Юмагулова Э. Р., Иванов В. Б. 2019. Признаки нейтральности при формировании спектров флавоноидов в природных ценопопуляциях // Экология и эволюция: новые горизонты: Материалы Международного симпозиума, посвященного 100-летию академика С.С. Шварца (Екатеринбург, 1–5 апреля 2019 г.). Екатеринбург: Гуманитарный ун-т, 288–290.

Усманов И. Ю., Юмагулова Э. Р., Иванов В. Б., Коркина Е. А., Щербаков А. В., Иванов И. А., Рябуха А. В. 2016. Адаптация экосистем Среднего Приобья в зоне нефтедобычи: иерархия и длительность процессов // Вестник Нижневарттовского государственного университета 2, 87–94.

Усманов И. Ю., Юмагулова Э. Р., Иванов В. Б., Коркина Е. А., Щербаков А. В., Иванов И. А., Рябуха А. В. 2016. Адаптация экосистем Среднего Приобья в зоне нефтедобычи: иерархия и длительность процессов // Вестник Нижневарттовского государственного университета 2, 87–94.

Усманов И. Ю., Юмагулова Э. Р., Овечкина Е. С., Иванов В. Б., Щербаков А. В., Александрова В. В., Иванов И. А. 2015. Адаптация программы переключения вечнозеленых кустарничков в антропогенных условиях на олиготрофных болотах Западной Сибири // Международный научно-исследовательский журнал 10(41), 113–117.

Федоровский Д. Б. 1979. Микрораспределение питательных веществ в почвах. М.: Наука.

Фурса Н. С., Горькова А. С. 2013. Углеводы и аминокислоты листьев и плодов хамедафне // Фармация 6, 27–29.

Щербаков А. В. 2013. Пластичность корреляционных связей между показателями основного и специализированного метаболизма растений как ответная реакция на непредсказуемость среды обитания // Известия Самарского научного центра РАН 15:3-1, 366–371.

Andreson A. N., McBrantey A. B. 1995. Soil Aggregates as mass fractals // Australian J. Soil Research 33, 757–772.

Berlim L. S., Bezerra Jr. A. G., Pazin W. M., Ramin T. S., Schreiner W. H., Ito A. S. 2018. Photophysical properties of flavonoids extracted from *Syngonanthus nitens*, the golden grass // Journal of Luminescence 194, 394–400. DOI: 10.1016/j.jlumin.2017.10.040.

Cai T., Guo Z. Q., Xu X. Y., & Wu Z. J. 2018. Recent (2000–2015) developments in the analysis of minor unknown natural products based on characteristic fragment information using LC–MS // Mass spectrometry reviews 37:2, 202–216. DOI: 10.1002/mas.21514.

Caniego F. J., Espejo R., Martin M. A., San Jose F. 2005. Multifractal scaling of soil spatial variability // Ecol. Model. 182, 291–303.

Martin M. A., Pachepsky Y. A., Perfect E. 2005. Scaling, fractals and diversity in soils and ecophysiology // Ecol. Model. 182, 217–220.

Martz F., Jaakola L., Julkunen-Tiitto R., Stark S. 2010. Phenolic Composition and Antioxidant Capacity of Bilberry (*Vaccinium myrtillus*) Leaves in Northern Europe Following Foliar Development and Along Environmental Gradients // Journal of Chemical Ecology 36:9, 1017–1028. DOI: 10.1007/s10886-010-9836-9.

Milne B. T. 1991. The utility of fractal geometry in landscape design // Landscape and Urban Planning 21, 81–90.

Усманов И. Ю., Иванов В. Б., Абдрахимова Г. С., Шчербаков А. В., Юмагулова Э. Р., Александрова В. В. 2019. Fractal Analysis of Flavonoids in Composition HPLC-Fingerprint Extracts of *Oxycoccus palustris* Pers. (ERICACEAE) in Oligotrophic Swamps of Western Siberia // International Journal of Advanced Biotechnology and Research (IJABR) 10:2, 369–376.

Усманов И. Ю., Юмагулова Э. Р., Овечкина Е. С., Иванов В. Б., Шчербаков А. В., Александрова В. В., Иванов И. А. 2016. Fractal Analysis of Morpho-Physiological Parameters of *Oxycoccus palustris* Pers in oligotrophic Swamps of Western Siberia // Vegetos 29:1. DOI: 10.4172/2229-4473.1000101.

Усманов И. Ю., Юмагулова Э. Р., Шчербаков А. В., Иванов В. Б., Александрова В. В., Иванов И. А., Мавлетова-Чистуакова М. В. 2017. Physiological Barriers for Adventitious Species Invasion in Oligotroph Ecosystems of the Middle Ob Area // Vegetos 30:4. DOI: 10.4172/2229-4473.1000338.

Valavanidis A., Vlachogianni T. 2013. Plant polyphenols: recent advances in epidemiological research and other studies on cancer prevention // Studies in Natural Products Chemistry. Elsevier, 39, 269–295. DOI: 10.1016/B978-0-444-62615-8.00008-4.

Walch-Liu P., Ivanov I. I., Filleur S., Gan Y., Remans T., Forge B.G. 2006. Nitrogen Regulation of Root Branching // *Annals of Botany* 97(5), 875–881.

REFERENCES

Aitov, I.S., & Ivanov, V.B. Transformatsiya pochvogruntov na litsenzyonnykh uchastkakh nefte dobyvayushchikh kompaniy [Transformation of soil in license areas of oil producing companies]. In: Regionalnaya ekologicheskaya politika v usloviyah suschestvuyuschih prioritetov razvitiya neftegazodobyichi: Materialy III syezda ekologov neftyanykh regionov [Regional ecological policy under existing priorities of oil extraction: Proceedings of the 3rd meeting of ecologists from oil regions]. Novosibirsk: Parallel, 2013, pp. 158–168. (In Russian).

Bashirova, R.M., Usmanov, I.Yu., & Lomachenko, N.V. Veshchestva spetsializirovannogo obmena rastenii klassifikatsiya funktsii: uchebnoe posobie [Substances of Specialized Plant Exchange: Study Guide]. Ufa: Izdatelstvo BashGU, 1998. 159 p. (In Russian).

Gelashvili, D.B., Iudin, D.I., Rosenberg, G.S., Yakimov, V.N., & Solntsev, L.A. Fraktaly i multifraktaly v bioekologii [Fractals and Multifractals in Bioecology]. Nizhny Novgorod: Izdatelstvo NNGU, 2013. 370 p. (In Russian).

Ivanov, V.B., Kalinovskaya, E.A., Ivanov, N.A., Aleksandrova, V.V., & Usmanov, I.Yu. Geokhimicheskaya ocenka vozdeystviya shlamovykh amбаров na verkhovye bolotnye pochvy [Geochemical assessment of mud pits affecting upper swamp soils]. In: V mire nauchnykh otkrytiy, 2017 (9), issue 2-2, pp. 23–28. (In Russian).

Ivanov, V.B., & Oberemchenko, A.A. Ekologo-khimicheskii analiz sostoyaniya pochvennykh resursov na territorii litsenzyonnogo uchastka [Ecological and chemical analysis of soil resources in a license area]. In: Vosemnadtsataya Vserossiiskaya studencheskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya Nizhnevartovskogo gosudarstvennogo universiteta [The 18th Student Research Conference at Nizhnevartovsk State University]. Nizhnevartovsk: Izdatelstvo NVGU, 2016, pp. 1074–1078. (In Russian).

Ivanov, V.B., Usmanov, I.Yu., Aleksandrova, V.V., Ivanov, N.A., Bolotin, K.I., Ivanova, L.G., & Kopylov, E.O. Kolichestvennyye i kachestvennyye kriterii preobrazovaniya i samovosstanovleniya prirodnykh kompleksov v rezul'tate zagryazneniya nefteproduktami [Quantitative and qualitative criteria for the transformation and self-restoration of natural systems as a result of pollution with oil products]. In: V mire nauchnykh otkrytiy, 2017 (9), issue 1-2, pp. 56–65. (In Russian).

Kabata-Pendias, A. Problemy sovremennoy biokhimii mikroelementov [Problems of modern biochemistry of microelements]. In: Rossiiskii khimicheskii zhurnal, 2005 (XLIX), issue 3, pp. 15–20. (In Russian).

Mavletova-Chistyakova, M.V., Shcherbakov, A.V., Ivanov, V.B., Yumagulova, E.R., & Usmanov, I.Yu. Pulsiruyuschaya mozaichnost parametrov pochv Yuzhnogo Zauraliya [Pulsating mosaic of soil parameters of the Southern Trans-Urals]. In: Vestnik Nizhnevartovskogo gosudarstvennogo universiteta, 2017 (4), pp. 124–133. (In Russian).

Mirkin, B.M., & Naumova L.G. Sovremennoe sostoyanie osnovnykh kontseptsii nauki o rastitelnosti [Current State of Scientific Concepts on Vegetation]. Ufa: Gilem, 2012. 488 p. (In Russian).

Ovechkina, E.S. Predvaritelnyy prodromus vydelennykh na territorii Samotlorskogo mestorozhdeniya ierarkhicheskikh edinit rastitelnosti [A preliminary prodromus of hierarchical units of vegetation allocated in the Samotlor field of deposits]. In: Bulletin nauki i praktiki, 2017 (20), issue 15, pp. 78–90. (In Russian).

Ovechkina, E.S., & Shayakhmetova, R.I. Vliyaniye antropogennykh faktorov na sodержaniye pigmentov sosny obyknovnoy v letne-zimniy period na territorii Nizhnevartovskogo rayona [The influence of anthropogenic factors on the content of pine ordinary pigments in the summer-winter period in the territory of the Nizhnevartovsk region]. In: Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk, 2015 (17), issue 6, pp. 236–241. (In Russian).

Rozenberg, G.S. Vvedenie v teoreticheskuyu ekologiyu T. 1 [Introduction to Theoretical Ecology. V. 1]. Tolyatti: Cassandra, 2013. (In Russian).

Rozenberg, G.S. Vvedenie v teoreticheskuyu ekologiyu T. 2 [Introduction to Theoretical Ecology. V. 2]. Tolyatti: Cassandra, 2013. (In Russian).

Semenova, I.N., Suyundukov, Y.T., & Ilbulova, G.R. Biologicheskaya aktivnost pochv kak indikator ikh ekologicheskogo sostoyaniya v usloviyakh tekhnogennoy zagryazneniya tiazhelyimi metallami [Biological Activity of Soils as an Indicator of Ecological State in the Conditions of Technogenic Pollution with Heavy Metals]. Ufa: Gilem, 2012. 196 p. (In Russian).

Sofronova, I.E. Rastvorimyye fenolnyye soyedineniya i ustoychivost vечнозеленых растений k stressovym faktoram kriolitozony [Soluble phenol compounds and stability of evergreen plants]. In: Vestnik Severo-Vostochnogo federalnogo universiteta imeni M.K. Ammosova, 2010 (3), pp. 21–27. (In Russian).

Usmanov, I.Yu., Ovechkina, E.S., Yumagulova, E.R., Ivanov, V.B., Scherbakov, A.V., & Shayakhmetova, R.I. Problemy samovosstanovleniya ekosistem Srednego Priobya pri antropogennykh vozdeystviyakh nefte dobyvayushchego kompleksa [Problems of restoration of ecosystems of the Middle Ob when anthropogenic impacts of the oil-producing complex]. In: Vestnik Nizhnevartovskogo gosudarstvennogo universiteta, 2015 (1), pp. 70–86. (In Russian).

Usmanov, I.Yu. Autekologicheskie adaptatsii rastenii k izmeneniyam azotnogo pitaniya [Autecological Adaptations of Plants to Nitrogen Changes]. Ufa: BFAN SSSR, 1987. 148 p. (In Russian).

Usmanov, I.Yu., Ovechkina, E.S., & Shayakhmetova, R.I. Rasprostraneniye vliyaniya neftyanogo shlama [The spread of impact of oil sludge]. In: Vestnik Nizhnevartovskogo gosudarstvennogo universiteta, 2015 (3), pp. 84–94. (In Russian).

Usmanov, I.Yu., Semenova, I.N., Scherbakov, A.B., Suyundukov, Ya.T., & Usmanov, Yu.I. Endemicheskiye nishi Yuzhnogo (Bashkirskogo) Zauralya: mnogomernost i fluktuiruyushchiye rezhimy [Endemic ecological niches of the Southern (Bashkir) Trans-Urals: Multidimensionality and fluctuating modes]. In: Vestnik BGAU, 2014 (1), pp. 16–21. (In Russian).

Usmanov, I.Yu., Scherbakov, A.V., Mavletova, M.V., Yumagulova, E.R., Ivanov, V.B., & Aleksandrova, V.V. Pulsiruyushchaya mnogomernaya ekologicheskaya nisha rasteniy: rasshireniye obyema ponyatiya [Pulsating multidimensional ecological niche of plants: Expansion of the concept]. In: Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN, 2016 (18), issue 2-2, pp. 525–529. (In Russian).

Usmanov, I.Yu., Shcherbakov, A.V., Yumagulova, E.R., & Ivanov V.B. Priznaki neytralnosti pri formirovaniy spektror flavonoidov v prirodnykh tsenopopulyatsiyakh [Signs of neutrality in the formation of flavonoid spectra in natural coenopopulations]. In: Ekologiya i evolyutsiya: novyye gorizonty: materialy Mezhdunarodnogo simpoziuma, posvyashchennogo 100-letiyu akademika S.S. Shvartsa [Ecology and evolution: New horizons. Proceedings of the International Symposium Commemorating the 100th Anniversary of Academician S.S. Schwarz]. (April 1–5, 2019; Yekaterinburg). Yekaterinburg: Gumanitarnyy universitet, 2019, pp. 288–290. (In Russian).

Usmanov, I.Yu., Yumagulova, E.R., Ivanov, V.B., Korkina, E.A., Shcherbakov, A.V., Ivanov, I.A., & Ryabukha, A.V. Adaptatsiya ekosistem srednego Priob'ya v zone nefte dobychi: iyerarkhiya i dlitel'nost' protsessov [Adaptation of ecosystems of the Middle Ob in the oil production zone: Hierarchy and duration of processes]. In: Bulletin Nizhneartovskogo gosudarstvennogo universiteta, 2016 (2), pp. 87–94. (In Russian).

Usmanov, I.Yu., Yumagulova, E.R., Ovechkina, E.S., Ivanov, V.B., Scherbakov, A.V., Aleksandrova, V.V., & Ivanov, N.A. Adaptatsiya programmy pereklyucheniya vechnozelenykh kustarnichkov v antropogennykh usloviyakh na oligotrofnyykh bolotakh zapadnoy Sibiri [Adaptation of the program to switch evergreen shrubs in anthropogenic conditions in oligotrophic swamps of western Siberia]. In: Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal, 2015 (10), issue 41, pp. 113–117. (In Russian).

Fedorovsky, D.B. Mikroraspredelenie pitatelnykh veshchestv v pochvakh [Microdistribution of Nutritional Elements in Soil]. Moscow: Nauka, 1979. 191 p. (In Russian).

Fursa, N.S., & Gorkova, A.S. Uglevody i aminokisloty listiev i plodov khamedafne [Carbohydrates and amino acids in bog myrtle (*Chamaedaphne calyculata*) leaves and fruits]. In: Farmatsiya, 2013 (6), pp. 27–29. (In Russian).

Shcherbakov A.V. Plastichnost korrelyatsionnykh svyazey mezhdru pokazatelyami osnovnogo i spetsializirovannogo metabolizmarasteniy kak otvetnaya reaktsiya na nepredskazuemost srede obitaniya [Plasticity of correlations between indicators of main and specialized metabolism of plants as a response to the unpredictability of the environment]. In: Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN, 2013 (15), issue 3-1, pp. 366–371. (In Russian).

Andreson, A.N., & McBrantey, A.B. Soil aggregates as mass fractals. In: Australian Journal of Soil Research, 1995 (33), pp. 757–772.

Caniego, F.J., Espejo, R., Martin, M.A., & San Jose, F. Multifractal scaling of soil spatial variability. In: Ecological Modelling, 2005 (182), pp. 291–303.

Martin, M.A., Pachepsky, Y.A., & Perfect, E. Scaling, fractals and diversity in soils and ecohydrology. In: Ecological Modelling, 2005 (182), pp. 217–220.

Milne, B.T. The utility of fractal geometry in landscape design. In: Landscape and Urban Planning, 1991 (21), pp. 81–90.

Usmanov, I.Yu., Yumagulova, E.R., Ovechkina, E.S., Ivanov, V.B., Shcherbakov, A.B., Aleksandrova, V.V., & Ivanov, N.A. Fractal Analysis of Morpho-Physiological Parameters of *Oxycoccus Polustris* Pers in oligotrophic Swamps of Western Siberia. In: Vegetos, 2016 (29), 1. Retrieved from: <http://dx.doi.org/10.4172/2229-4473.1000101>.

Usmanov, I.Yu., Yumagulova, E.R., Scherbakov, A.V., Ivanov, V.B., Aleksandrova, V.V., Ivanov, N.A., & Mavletova-Chistuakova, M.V. Physiological barriers for adventitious species invasion in oligotroph ecosystems of the Middle Ob area. In: Vegetos, 2017 (30), issue 4. doi: 10.5958/2229-4473.2017.00195.1

Walch-Liu, P., Ivanov, I.I., Filleur, S., Gan, Y., Remans, T., & Forge, B.G. Nitrogen regulation of root branching. In: Annals of Botany, 2006 (97), issue 5, pp. 875–881.

I.Yu. Usmanov, E.R. Yumagulova, V.V. Aleksandrova,
I.G. Gonchar, A.V. Scherbakov, V.B. Ivanov
Nizhneartovsk, Ufa, Russia

COMPLEXES OF *CHAMAEDAPHNE CALYCVLATA* (L.) MOENCH FLAVONOIDS IN OLIGOTROPHIC BOGS OF THE MIDDLE OB RIVER

Abstract. The high-performance liquid chromatographspectra of metaboloms from the coenopopulations of *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench, found in the oligotrophic bogs of the Middle Ob, were compared. The studied coenopopulations formed 21 to 41 peaks in the chromatograms. The peaks differed by exit time. After summing up the peaks for *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench at the chromatograms, their number reached 108. The results point at a high probability of neutralist mechanisms participating in formation of the flavonoid spectra of the coenopopulations. The biodiversity of flavonoids may form regional (geographical) foodstuffs depending on ecological conditions of the region.

Key words: *Chamaedaphne calyculata*; flavonoids; natural coenopopulation; high performance liquid chromatography; regional foodstuffs.

About the authors: Vyacheslav Borisovich Ivanov¹, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor; Elvira Ramilevna Yumagulova¹, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor; Viktoria Viktorovna Aleksandrova¹, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor; Ivan Gennadevich Gonchar¹, Postgraduate Student; Arkady Vladimirovich Scherbakov², Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Leading Researcher; Iskander Yusufovich Usmanov^{1,3}, Doctor of Biological Sciences, Professor, Chief Researcher.

Place of employment: ¹Nizhnevartovsk State University, ²Bachincom LLC, ³Ufa State Petroleum Technological University.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ) № 18-44-860006.

Усманов И.Ю., Юмагулова Э.Р., Александрова В.В., Гончар И.Г., Щербаков А.В., Иванов В.Б. Комплексы флавоноидов *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench олиготрофных болот средней Оби // Вестник Нижневартовского государственного университета. 2019. № 2. С. 59–71.

Usmanov I.Yu., Yumagulova E.R., Aleksandrova V.V., Gonchar I.G., Scherbakov A.V., Ivanov V.B. Complexes of *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench flavonoids in oligotrophic bogs of the Middle Ob River // Bulletin of Nizhnevartovsk State University. 2019. No. 2. P. 59–71.

УДК 504.064

А.О. Мамедова, Р.Н. Мамедова
г. Баку, Азербайджан

ИССЛЕДОВАНИЕ БИОИНДИКАТИВНЫХ СВОЙСТВ *QUERCUS CASTANEIFOLIA* С.А. МЕУ НА ПРИРОДНЫХ И УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ РЕСПУБЛИКИ АЗЕРБАЙДЖАН

Аннотация. В статье приводятся результаты исследования индикативных и ремедиативных свойств каштанолистного дуба – *Quercus castaneifolia* С.А. Меу на территории республики Азербайджан. Исследование проводилось с целью оценки перспективности использования данного растения в оценке и управлении качеством окружающей среды в Азербайджане. Для исследования были выбраны 4 пробные площадки, отличающиеся по степени экологического загрязнения. 2 пробные площадки были на территории города Баку – столицы Азербайджанской Республики, где зафиксирован достаточно высокий уровень загрязнения, а 2 другие располагались за пределами города. Оценка индикативных свойств каштанолистного дуба была проведена на основе анализа стабильности развития морфогенеза листьев. Для определения стабильности развития использован метод флуктуирующей асимметрии. Биоаккумулятивные свойства растения были исследованы на основе элементного анализа листьев и почвы. Для этого были использованы методы пробоотбора, пробоподготовки и анализа, соответствующие государственным стандартам Российской Федерации (ГОСТ). Анализ основных химических компонентов в пробах листьев и почв проведен на масс-спектрометре с индуктивно-связанной плазмой и атомно-абсорбционном спектрометре. Анализ микрокомпонентов проведен на рентгенофлуоресцентном спектрометре. Установлена тесная корреляционная связь между степенью техногенного загрязнения среды и уровнем стабильности развития морфологических признаков листьев *Q. castaneifolia*. Повышение уровня экологического загрязнения среды приводит к увеличению показателя флуктуирующей асимметрии листьев. Также исследование показало, что растение *Q. castaneifolia* обладает ремедиативным свойством. Соответственно, был сделан вывод о том, что каштанолистный дуб может быть использован в комплексной системе экологического мониторинга среды в условиях Азербайджана.

Ключевые слова: биоиндикация; флуктуирующая асимметрия; элементный анализ.

Сведения об авторах: Афет Октай гызы Мамедова¹, доктор биологических наук, профессор, заведующая отделом магистратуры и докторантуры; Роза Назим гызы Мамедова², докторант.

Место работы: ^{1,2}Бакинский государственный университет.

Контактная информация: ^{1,2}AZ 1148, Азербайджан, г. Баку, ул. Захид Халилова, д. 23; ¹тел. +994 50 210 24 45, e-mail: m.afet@mail.ru; ²тел.: +994 55 718 69 48, e-mail: roza2019@mail.ru.

Введение

В настоящее время экологические проблемы являются одними из основных глобальных проблем, стоящих перед современной ци-

вильзацией. Стремясь преобразовать природу в своих интересах, современное индустриальное общество осуществляет невиданное давление на окружающую среду. При таком уровне негативного антропогенного воздействия необхо-

димым для реализации основных принципов устойчивого развития является постоянный контроль и всесторонний анализ состояния окружающей среды. Для этих целей организуется система экологического мониторинга. Перспективным методом экологического мониторинга для интегральной оценки качества среды является биоиндикационный анализ. Надежными биоиндикаторами качества среды считаются растения. Они как неподвижные живые организмы вынуждены для выживания адаптироваться к условиям среды произрастания с помощью определенных перестроек организма. Поэтому оценка стабильности развития растений позволяет нам получить объективную информацию об экологическом состоянии среды их произрастания (Гелашвили 1999; Мамедова 2008).

Наиболее простым, эффективным, и поэтому часто применяемым методом оценки стабильности развития растений является определение величины флуктуирующей асимметрии (ФА) их билатеральных морфологических признаков (Franiel 2008; Hagen 2008; Неверова 2009; Хузина 2010; Беляев 2013; Мамедова 2017).

Поскольку загрязнение среды тяжелыми металлами возрастает с каждым годом, выявление видов растений, способных к биоаккумуляции токсических элементов, изучение их ремедиативных свойств и оценка перспективности их использования в озеленении представляют особый интерес как методы улучшения экологического состояния среды (Tomasevic 2004; Tian 2009; Pourkhabbaz et al. 2010; Ализаде 2011).

В предлагаемой работе были изучены биоиндикационные и фиторемедиационные свойства каштановидного дуба – *Q. castaneifolia* с целью оценки перспективности его использования в экологическом мониторинге среды в республике Азербайджан. Исследование проводилось на основе сравнительного анализа результатов комплексного изучения фенотипического изменения морфологического признака листьев и элементного анализа листьев каштановидных дубов, произрастающих на территориях, отличающихся по степени загрязнения.

Материал и методика

В качестве объекта исследования были использованы листья растения *Quercus castaneifolia* С. А. Меу – каштановидного дуба из семейства Fagaceae – Буковые. Это довольно морозостойкое, устойчивое к засухе и сильным ветрам растение. Ценное дерево для озеленения

населенных пунктов. Вид внесён в Красную книгу Азербайджана и охраняется в Гирканском заповеднике (Флора Азербайджана 1957).

Были выбраны 4 пробные площадки и взяты их географические координаты. В качестве относительно экологически загрязненной урбанизированной зоны произрастания каштановидного дуба были выбраны 2 пробные площадки на территории города Баку – столицы Азербайджанской Республики, где зафиксирован достаточно высокий уровень загрязнения, что объясняется населением в 4 млн человек, мощностью транспортного потока и наличием промышленных предприятий. Первая пробная площадка в Баку находилась на территории Центрального Ботанического сада Национальной Академии Наук Азербайджана (НАНА) (40°21'22.4"N 49°48'52.6"E), а вторая – в парке рядом с Бакинским государственным университетом (БГУ) (40°22'24.8"N 49°48'45.0"E). Третьей пробной площадкой был выбран участок придорожной лесной полосы вблизи магистральной дороги скоростного движения Баку–Шемаха–Евлах на территории Гобустанского района (40°31'41.4"N 48°47'44.4"E). В качестве четвертой – природной, экологически относительно более чистой пробной площадки была выбрана территория Гирканского Национального Парка (ГНП) (38°45'19.2"N 48°40'44.7"E).

Для анализа стабильности развития морфогенеза листьев был использован метод оценки их показателей ФА. Этот метод прост с точки зрения сбора, хранения и обработки материала, но в то же время позволяет получить интегральную характеристику состояния организма при всем комплексе действующих на него факторов среды (Van Valen 1962; Palmer, Strobeck 1986). Для исследования на каждой пробной площадке было собрано по 200 поврежденных листьев с условно-однолетних деревьев. С каждой дерева было собрано по 20–40 листьев. Листья были собраны в июле 2015 г., по всему периметру кроны с высоты 1,5–2,0 м. У исследуемых листьев измеряли длину главной жилки и максимальную ширину листовой пластинки справа (R) и слева (L) от главной жилки. Измерения проводились под лупой МБС-9, а результаты измерений обрабатывались с использованием специального программного пакета, созданного на основе языка программирования JAVASCRIPT (ECMA Script 6).

Статистическая обработка результатов исследования проводилась методом ANOVA. На основе этой программы у исследуемых листьев были определены коэффициент ФА, дисперсия и среднее значение билатеральной раз-

ницы исследуемого признака (Van Valen 1962; Palmer, Strobeck 1986; Лакин 1990).

Для оценки биоаккумулятивных свойств каштанового дуба был произведен элементный анализ листьев и почвы. Для этого были использованы методы пробоотбора, пробоподготовки и анализа, соответствующие государственным стандартам Российской Федерации (ГОСТ). Так, с каждой пробной площадки отобрано не менее одной объединенной пробы почвы в соответствии с ГОСТ 17.4.4.02-2017. Объединенная проба получена путем смешения точечных проб, отобранных методом конверта послонно с глубины 0–5 см и 5–20 см, не менее 0,2 кг каждая.

На каждой пробной площадке проведен отбор проб листьев по всему периметру кроны с высоты 1,5–2,0 м. Количественный анализ микро- и макрокомпонентов образцов почв и растений, определение органического вещества, минералогического состава и рН образцов почв проводились в Центре коллективного использования аналитических приборов и оборудования в Институте геологии и геофизики НАНА. Для подготовки проб к анализу используются автоматический комплекс для измельчения и прессования «Herzog HP-MP» (HERZOG Maschinenfabrik, Германия) и автоклав – микроволновая печь Sineo MBES-86 (SINEO, КНР). Анализ основных химических компонентов в пробах листьев и почв проведен на масс-спектрометре с индуктивно-связанной плазмой – 7700 e ICP-MS (Agilent Technologies, США) и атомно-абсорбционном спектрометре – Agilent 200 Series AA (Agilent Technologies, США) (Важенина 1974; Хавезов 1983).

Анализ микрокомпонентов в пробах листьев и почв проведен на рентгенофлуоресцентном спектрометре S8 Tiger (Bruker AXSGmbH, Германия) (для растений – с предварительным сухим озолением при температуре 525°C) в соответствии с ГОСТ 33850-2016.

Определение органического вещества почвы проводили гравиметрическим методом в соответствии с ГОСТ 26213-91.

Минералогический состав почвы был определен на рентгеновском дифрактометре Miniflex 600 (Rigaku, Япония). рН водной суспензии в почвенных образцах определяли по ГОСТ 26423-85.

Результаты и их обсуждение

Результаты компьютерной обработки измеренных исследуемых признаков листьев даны на рисунке 1. Согласно полученным результатам коэффициент ФА в выборке листьев из природной лесной зоны на территории ГНП

самые низкие показатели среднего значения билатеральной разницы, коэффициента ФА, и дисперсии. Самые высокие показатели среднего значения билатеральной разницы, коэффициента ФА и дисперсии получены в выборке листьев из придорожной лесной полосы магистральной дороги скоростного движения Баку–Шемаха–Евлах на территории Гобустанского района. В целом в выборках листьев из урбанизированных территорий эти параметры выше, чем в природной лесной территории ГНП. Так, в выборке листьев из ботанического сада НАНА показатели среднего значения билатеральной разницы в 1,5 раза, коэффициента ФА в 1,9 раз, а дисперсии в 2,2 раза выше по сравнению с выборкой из лесной зоны ГНП. В парке рядом с БГУ показатели среднего значения билатеральной разницы в 1,5 раза, коэффициента ФА в 2,7 раз, а дисперсии в 2,4 раза выше по сравнению с выборкой из лесной зоны ГНП. А в выборке листьев из придорожной лесной полосы магистральной дороги скоростного движения Баку–Шемаха–Евлах на территории Гобустанского района показатели среднего значения билатеральной разницы в 2 раза, коэффициента ФА в 5,5 раз, а дисперсии в 3 раза выше по сравнению с выборкой из природной лесной зоны ГНП. Таким образом, под действием антропогенного прессинга повышается уровень фенотипических изменений морфологического признака в листьях каштанового дуба.

Результаты распределения изменения показателей билатеральной асимметрии изучаемого морфологического признака в пределах выборок листьев с территорий исследования даны на рисунке 2.

Самый высокий показатель билатеральной разницы, равный 1,1, и самое меньшее количество листьев, в которых наблюдается отсутствие асимметрии в исследуемом билатеральном признаке, соответствует выборке листьев из придорожной лесной полосы магистральной дороги скоростного движения Баку–Шемаха–Евлах на территории Гобустанского района. Тогда как в выборке листьев из лесной зоны ГНП самый высокий показатель билатеральной разницы равен 0,6, а количество листьев, в которых отсутствует асимметрия в исследуемом билатеральном признаке, равняется 40. Это показывает, что в ходе онтогенетического развития в условиях экологического стресса на урбанизированных территориях в листьях *Q. castaneifolia* повышается уровень нарушения стабильности развития исследуемых билатеральных морфологических признаков.

Результаты анализа минералогического состава проб почв даны на рисунке 3. Согласно полученным результатам, в пробах почв с территорий Ботанического Сада НАНА, природной лесной полосы в Гобустанском районе,

природной лесной зоны ГНП содержание кварца выше, чем остальных минералов. А в пробе почвы с территории парка рядом с БГУ содержание кальцита выше, чем остальных минералов.

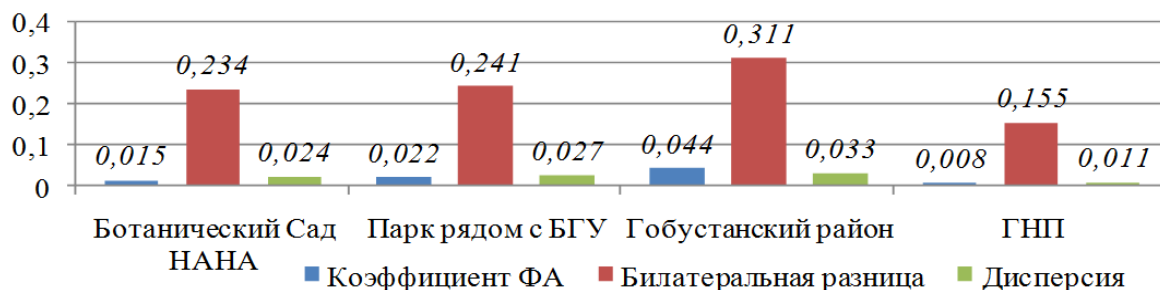


Рис. 1. Показатели коэффициента ФА, дисперсии и среднего значения билатеральной разницы в исследуемых выборках листьев каштанового дуба

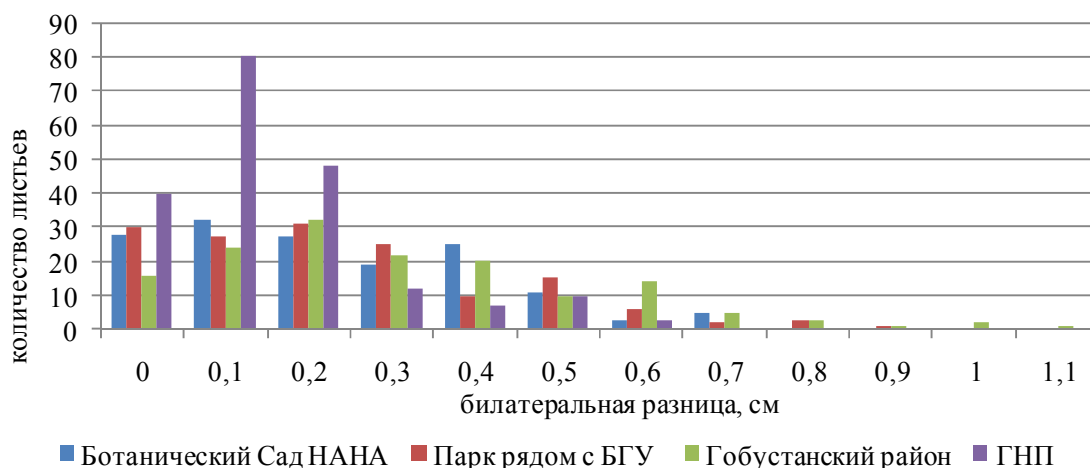


Рис. 2. Изменение показателей билатеральной асимметрии изучаемого морфологического признака в пределах выборок листьев с территорий исследования

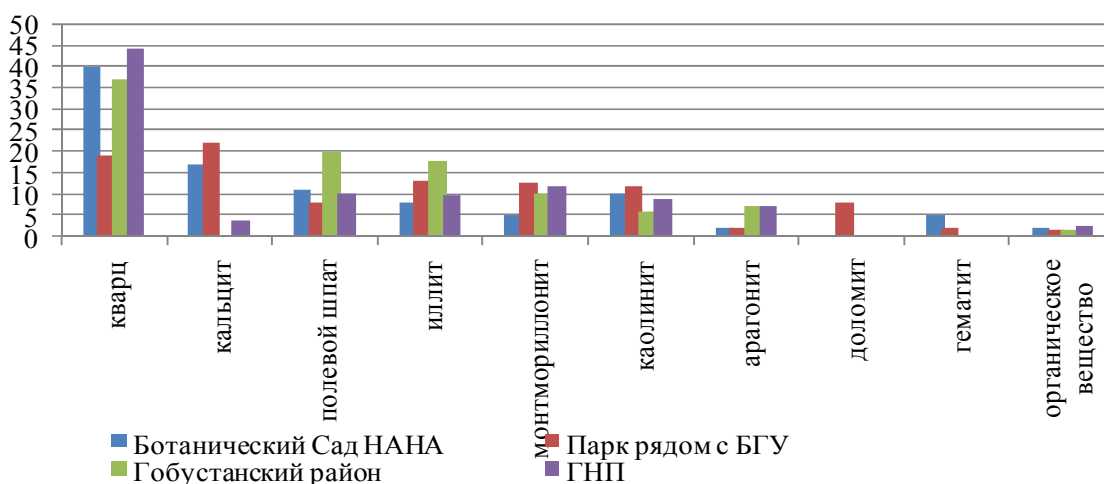


Рис. 3. Минералогический состав проб почв с пробных площадок в %

Реакция почвенных растворов из Ботанического Сада НАНА (рН 6,9), природной лес-

ной зоны ГНП (рН 6,9) и в придорожной лесной полосе в Гобустанском районе (рН 6,7)

слабокислая, а в парке рядом с БГУ (рН 7,4) – слабощелочная.

Был произведен сравнительный анализ микроэлементов в пробах почв с территорий

исследования с содержанием микроэлементов в пробах листьев растений, произрастающих на той же территории. Результаты анализа микроэлементов почвы и листьев даны в таблице 1.

Таблица 1

Микроэлементный состав проб почв и листьев

Микроэлементы мг/кг (ppm)	Класс опасности (в почве) ГОСТ 17.4.1.02-83	Зона исследования							
		Ботанический Сад НАНА		Парк рядом с БГУ		Гобустанский район		ГНП	
		Почва	Лист	Почва	Лист	Почва	Лист	Почва	Лист
Cr	II	154	2.14	194.1	1.62	194.3	2.76	113.5	1.17
Ba	III	484	10.62	469.2	4.16	560.2	12.21	496.3	9.35
Zn	I	65.5	9.45	200.2	11.73	181.6	19.34	93.2	7.05
Zr	–	194.5	1.2	298.4	1.1	290.7	2.1	193.8	1.1
Sr	III	253	1.1	385.6	2.8	186.4	1.9	276.4	1.2
Cu	II	32	8.65	93.7	6.1	91.2	16.3	38.4	7.43
Pb	I	9.5	0.45	11.8	0.39	12.5	0.84	4.9	0.34
Ni	II	42	1.03	96.5	1.18	90.4	1.64	46	0.93

Окончание таблицы 1

Микроэлементы мг/кг (ppm)	Класс опасности (в почве) ГОСТ 17.4.1.02-83	Зона исследования							
		Ботанический Сад НАНА		Парк рядом с БГУ		Гобустанский район		ГНП	
		Почва	Лист	Почва	Лист	Почва	Лист	Почва	Лист
Rb	–	58.3	1.16	97.4	1.94	99.3	2.04	43.6	0.79
Mo	II	0.6	–	0.9	–	1.2	–	0.5	–
Nb	–	8.6	–	10.5	–	17.6	–	5.9	–
V	III	81.5	0.86	101.2	0.94	87.6	1.29	84.6	0.91
Ga	–	0.91	–	1.2	–	1.4	–	0.95	–
Cd	I	0.97	0.016	1.7	0.011	3.1	0.029	1.62	0.024
As	I	1.97	0.13	10.6	0.28	12.8	0.37	1.29	0.09
Co	II	5.4	0.94	9.2	0.64	10.4	1.23	6.4	1.02
Se	I	–	0.13	–	0.12	–	0.14	–	0.09

В пробе почвы из парка рядом с БГУ концентрация цинка, меди, никеля, ванадия, стронция и циркония выше, чем в пробах из трех остальных зон исследования. Концентрации бария, свинца, рубидия, молибдена, ниобия, галлия, кадмия, мышьяка, кобальта в пробе почвы из придорожной лесной полосы в Гобустанском районе выше, чем в остальных зонах.

Содержание хрома в пробах почв из придорожной лесной полосы в Гобустанском районе и из парка рядом с БГУ почти одинаковое и выше, чем в пробах почв из Ботанического Сада НАНА в 1,2, а из природной лесной зоны ГНП в 1,7 раза. Но листья с территории Гобустанского района и Ботанического Сада НАНА аккумулируют больше хрома, чем листья из парка рядом с БГУ и ГНП.

В пробе листьев из парка рядом с БГУ аккумулируется в 1,4 раза больше стронция, чем в Гобустанском районе и примерно в 2 раза больше, чем в ботаническом саду НАНА и ГНП.

Концентрация бария в почве из Гобустанского района выше, чем в остальных зонах исследования. Также и содержание бария в пробах листьев из придорожной лесной полосы Гобустанского района выше, чем у остальных.

Цинка в пробе почвы из Ботанического сада НАНА в 3 раза, из природной лесной зоны ГНП в 2,1 раза и с территории Гобустанского района в 1,1 раза меньше, чем в почве из парка рядом с БГУ. Но аккумулируют больше цинка в листьях из зоны Гобустанского района.

В целом в пробе листьев из придорожной лесной полосы в Гобустанском районе концентрации хрома, бария, свинца, рубидия, кадмия, мышьяка, кобальта, ванадия, цинка, меди, циркония и селена выше по сравнению с пробами листьев с других пробных площадок.

Данные валового химического состава проб почв и листьев с территорий исследования показаны в таблицах 2 и 3.

Таблица 2

Макроэлементы поч- вы, %	Валовый химический состав почв, %			
	Территории исследования			
	Ботанический сад НАНА	Парк рядом с БГУ	Гобустанский рай- он	ГНП
Na ₂ O	0.81	0.75	0.83	0.85
MgO	1.84	1.90	2.28	1.95
Al ₂ O ₃	8.2	9.74	15.42	8.12
Si O ₂	52.74	39.74	58.68	55.8
P ₂ O ₅	0.26	0.40	0.11	0.31
SO ₃	0.24	0.42	0.15	0.25
K ₂ O	1.96	1.75	3.31	1.87
CaO	14.43	20.12	2.07	11.3
TiO ₂	0.41	0.55	0.92	0.29
MnO	0.22	0.13	0.16	0.21
Fe ₂ O ₃	5.03	4.62	7.42	3.48
П.П.П.	13.6	20.61	8.42	15.8

П.П.П. – потери при прокаливании при температуре 950°C

Из данных, представленных в таблице 2, видно, что содержание MgO, Al₂O₃, SiO₂, K₂O и Fe₂O₃ выше в пробе почвы из придорожной лесной полосы Гобустанского района, чем в пробах почв с остальных пробных площадок. В пробе почвы из парка рядом с БГУ содержание P₂O₅, SO₃, CaO, TiO₂ выше, чем в пробах почв из Ботанического сада НАНА, Гобустанского района и ГНП. В пробе почв из Ботанического сада НАНА содержание MnO выше, чем в других зонах исследования. А в пробе почвы из природной лесной зоны ГНП содержание Na₂O выше по сравнению с остальными зонами исследования. В пробах почв из Ботанического сада НАНА, природной лесной зоны ГНП и парка рядом с БГУ несколько повышенное содержание SiO₂ и CaO по сравнению с другими

макроэлементами. А в почве из придорожной лесной полосы Гобустанского района наблюдается несколько повышенное содержание SiO₂ и Al₂O₃ по сравнению с другими макроэлементами.

В пробе листьев из Ботанического сада НАНА содержание Mg, в пробе листьев из парка рядом с БГУ содержание S, Ca, Ti, Fe, Cl, а в пробе листьев из придорожной лесной полосы Гобустанского района содержание Si, P, K, Mn, Na выше по сравнению с остальными пробными площадками. Содержание Al в пробах листьев из Ботанического сада НАНА и придорожной лесной полосы Гобустанского района одинаковое и выше, чем в парке рядом с БГУ и в природной лесной зоне ГНП в 1,5 раза.

Таблица 3

Химические элементы в листьях (%)	Химический состав проб листьев, %			
	Территории исследования			
	Ботаниче- ский сад НАНА	Парк рядом с БГУ	Гобустан- ский район	ГНП
Na	0.0063	0.0065	0.0084	0.0062
Mg	0.12	0.08	0.11	0.13
Al	0.03	0.02	0.03	0.02
Si	0.13	0.17	0.18	0.13
P	0.06	0.05	0.07	0.06
S	0.03	0.05	0.04	0.04
K	0.45	0.42	0.46	0.43
Ca	0.23	0.63	0.31	0.25
Ti	0.0008	0.0010	0.0007	0.0006
Mn	0.0008	0.0009	0.0024	0.0007
Fe	0.0086	0.0097	0.0073	0.0081
Cl-	0.01	0.04	0.01	0.01
П.П.П.	98.9	98.3	98.7	98.8

П.П.П. – потери при прокаливании при температуре 950°C

В целом в пробах листьев из ботанического сада НАНА, из придорожной лесной полосы Гобустанского района и природной лесной зоны ГНП содержание Mg, Si, Ca и K – выше по сравнению с другими макроэлементами. В листьях из парка рядом с БГУ из всех макроэлементов содержание Si, Ca и K более высокое. Содержание Ca в пробе листьев из Ботанического сада НАНА в 2,7, из придорожной лесной полосы Гобустанского района в 2, а из природной лесной зоны ГНП в 2,5 раза меньше, чем в листьях из парка рядом с БГУ. Также и CaO в пробе почвы из парка рядом с БГУ выше, чем в других зонах исследования. Содержание Cl в пробе листьев из парка рядом с БГУ в 4 раза больше, чем на других площадках. Содержание Mn в пробе листьев из Ботанического Сада НАНА в 3, из парка рядом с БГУ в 2,6, а из лесной зоны ГНП в 3,4 раза меньше, чем в пробе листьев из придорожной

лесной полосы Гобустанского района. Хотя содержание MnO в пробе почвы из Гобустанского района в 1,3 раза меньше, чем в Ботаническом саду НАНА и ГНП.

Выводы

Сравнительный анализ стабильности развития листьев *Q. castaneifolia* показал, что в условиях Азербайджана в урбоэкосистемах древесное растение *Q. castaneifolia* может быть использовано как активный биоиндикатор в биомониторинге на основе изменения показателей ФА листьев.

Установлено, что *Q. castaneifolia* также обладает ремедиативным свойством. Так, в пробах почв и листьев *Q. castaneifolia* из парка рядом с БГУ и из Гобустанского района вблизи магистральной дороги концентрация металлических элементов оказалась выше по сравнению с другими территориями.

ЛИТЕРАТУРА

- Али-заде В. М., Ширвани Т. С., Алирзаева Э. Г. 2011. Устойчивость растений к токсичности металлов и нефтяных углеводородов. Подходы к фиторемедиации. Баку: Элм.
- Беляев Ю. В. 2013. Показатели флуктуирующей асимметрии *Betula pendula* Roth. в условиях антропогенного воздействия (на примере г.о. Тольятти) // Известия Самарского научного центра Российской академии наук 15:3(7), 2196–2200.
- Важенина Н. Э. Методы определения микроэлементов в почвах, растениях и водах. М.: Колос.
- Гелашвили Д. Б., Мокров И. В. 1999. Некоторые статистические закономерности стабильности развития березы повислой (*Betula pendula* Roth.) на заповедной и урбанизированной территориях // Геоботаника XXI века: Материалы Всероссийской научной конференции. Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 136–138.
- ГОСТ 17.4.1.02-83. Охрана природы. Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения.
- ГОСТ 17.4.4.02-2017. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа.
- ГОСТ 26213-91. Почвы. Методы определения органического вещества.
- ГОСТ 26423-85. Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, рН и плотного остатка водной вытяжки.
- ГОСТ 33850-2016. Почвы. Определение химического состава методом рентгенофлуоресцентной спектроскопии.
- Лакин Т. Ф. 1974. Биометрия. М.: Высшая школа.
- Неверова О. А. 2009. Применение фитоиндикации в оценке загрязнения окружающей среды // Биосфера. Т. 1. № 1, 82–92.
- Флора Азербайджана. 1957. Баку: Изд-во Акад. наук АзССР. Т. VII, 105–106.
- Хавезов И., Цалев Д. 1983. Атомно-абсорбционный анализ. Л.: Химия.
- Хузина Г. Р. 2010. Влияние урбано среды на морфометрические показатели листа березы повислой (*Betula pendula* Roth.) // Вестник Удмурского университета 3, 53–57.
- Franiel J. 2008. Fluctuating asymmetry of *Betula pendula* Roth. Leaves – an index of environment quality // Biodiv. Ros. Conserv 9-10, 7–10.
- Hagen S. B., Ims R. A., Yoccoz N. G., Sorlibraten O. 2008. Fluctuating asymmetry as an indicator of elevation stress and distribution limits in mountain birch (*Betula pubescens*) // Plant ecology 195:2, 157–163.
- Mammadova A. O. 2008. Bioindications of plants and assessment environment. Baku.
- Mammadova A. O., Farzaliyeva N. M., Abdallah Yo. N. 2017. *Platanus Orientalis* L. As a bioindicator And Quality Criterium Of Ecological Conditions Of Auto Transport Roadside Areas // Ciência e Técnica. Vitivinícola 32 (8), 355–365.
- Palmer A. R., Strobeck C. 1992. Fluctuating asymmetry as a measure of developmental stability: implications of nonnormal distributions and power of statistical tests // Acta Zool. Fenn. 191, 57–72.
- Pourkhabbaz A., Rastin N., Olbrich A. et al. 2010. Influence of Environmental Pollution on Leaf Properties of Urban Plane Trees, *Platanus orientalis* L. // Bull Environ Contam Toxicol 85, 251. DOI:10.1007/s00128-010-0047-4.

Tian D., Zhu F., Yan W., Fang X., Xiang W., Deng X., Wang G., Peng C. 2009. Heavy Metal Accumulation by Panicked Goldenrain Tree (*Koelreuteria paniculata*) and Common Elaeocarpus (*Elaeocarpus decipens*) in Abandoned Mine Soils in Southern China. *J. Environ. Sci.* 21, 340–345.

Tomašević M. Z., Vukmirović Z., Rajšić S. M., Tasić M., Stevanovic B. 2004. Characterization of trace metal particles deposited on some deciduous tree leaves in an urban area // *Chem.* 61, 753–760.

Van Valen L. 1962. A study of fluctuating asymmetry // *Evolution.* 16:2, 125–142.

REFERENCES

Ali-zade, V.M., Shirvani, T.S., & Alirzayeva, E.G. Ustoychivost rasteniy k toksichnosti metallov i neftyanykh uglevodorodov. Podkhody k fitoremediatsii [Plant resistance to toxicity of metals and petroleum hydrocarbons. Approaches to phytoremediation]. Baku: Elm, 2011. 276 p. (In Russian).

Belyaev, Yu. V. Pokazateli fluktuiruyushchey assimetrii Betulapendula Roth. v usloviyakh antropogennogo vozdeystviya (na primere g.o. Tolyatti) [Indicators of fluctuating asymmetry of Betulapendula Roth. in the conditions of anthropogenic impact (on the example of Togliatti)]. In: *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN*, 2013 (15), issue 3(7), pp. 2196–2200. (In Russian).

Gelashvili, D.B., & Mokrov, I.V. Nekotoryye statisticheskiye zakonomernosti stabilnosti razvitiya berezy povisloy (Betula pendula Roth.) na zapovednoy i urbanizirovannoy territoriyakh [Some statistical regularities of development stability of birch (Betulapendula Roth.) in protected and urban areas]. In: *Geobotanika KHKHI veka: materialy Vseros. nauch. konf. [Geobotany of the 21st century: Proceedings of All-Russian Scientific Conference]*. Voronezh: Izdatelstvo Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta, 1999, pp. 136–138. (In Russian).

GOST 17.4.1.02-83. Nature Protection. Soils. Classification of chemicals for pollution control. (In Russian).

GOST 26423-85. Soil. Methods for determination of specific electrical conductivity, pH and denser residue of aqueous extract. (In Russian).

GOST 26213-91. Soils. Methods for the determination of organic matter. (In Russian).

GOST 33850-2016. Soil. Determination of chemical composition by x-ray fluorescence spectrometry. (In Russian).

GOST 17.4.4.02-2017. Nature Protection. Soils. Methods of sampling and preparation of samples for chemical, bacteriological, helminthological analysis. (In Russian).

Lakin, T.F. Biometriya [Biometrics]. Moscow: Vysshaya shkola, 1990. 349 p. (In Russian).

Neverova, O.A. Primeneniye fitoindikatsii v otsenke zagryazneniya okruzhayushchey sredy [Application of phytointication in environmental pollution assessment]. In: *Biosfera*, 2009 (1), issue 1, pp. 82–92. (In Russian).

Flora Azerbaydzhana [Flora of Azerbaijan], Vol VII. Baku: Izdatelstvo Akademii nauk AzSSR, 1957, pp. 105–106. (In Russian).

Havezov, I., & Tsalev, D. Atomic Absorption Analysis. Trans. from Bulgarian G.A. Sheinina. Leningrad: Khimiya, 1983. 144 p. (In Russian).

Huzina, G.R. Vliyaniye urbanosredy na morfometricheskiye pokazateli lista berezy povisloy (Betula pendula Roth.) [Influence of urban environments on morphometric indicators of birch (Betulapendula Roth) leaves]. In: *Vestnik Udmurtskogo Universiteta. Seriya Biologicheskaya*, 2010 (3), pp. 53–57. (In Russian).

Mammadova, A.O., Farzaliyeva, N.M., & Abdallah, Y.N. Platanus Orientalis L. as a bioindicator and quality criterion of ecological conditions of auto transport roadside areas. In: *Ciência e Técnica Vitivinícola*, 2017 (32), issue 8, pp. 355–365.

Franiel, J. Fluctuating asymmetry of Betulapendula Roth. Leaves – an index of environment quality. In: *Biodiversity: Research and Conservation*, 2008 (9-10), pp. 7–10.

Hagen, S.B., Ims, R.A., Yoccoz, N.G., & Sorlibraten, O. Fluctuating asymmetry as an indicator of elevation stress and distribution limits in mountain birch (Betula pubescens). In: *Plant Ecology*, 2008 (195), issue 2, pp. 157–163.

Mammadova, A.O. Bioindications of Plants and Assessment Environment. Baku, 2008. 176 p.

Palmer, A.R., & Strobeck, C. Fluctuating asymmetry as a measure of developmental stability: Implications of nonnormal distributions and power of statistical tests. In: *Acta Zoologica Fennica*, 1992 (191), pp. 57–72.

Tian, D., Zhu, F., Yan, W., Fang, X., Xiang, W., Deng, X., Wang, G., & Peng, C. Heavy Metal Accumulation by Panicked Goldenrain Tree (*Koelreuteria paniculata*) and Common Elaeocarpus (*Elaeocarpus decipens*) in Abandoned Mine Soils in Southern China. In: *Journal of Environmental Sciences*, 2009 (21), pp. 340–345.

Tomašević, M.Z., Vukmirović, Z., Rajšić, S.M., Tasić, M., & Stevanovic, B. Characterization of trace metal particles deposited on some deciduous tree leaves in an urban area. In: *Chemosphere*, 2004 (61), pp. 753–760.

Van Valen, L. A study of fluctuating asymmetry. In: *Evolution*, 1962 (16), issue 2, pp. 125–142.

Pourkhabbaz, A., Rastin, N., Olbrich, A., et al. Influence of environmental pollution on leaf properties of urban plane trees, *Platanus orientalis* L. In: *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 2010 (85), pp. 251–255. Retrieved from: <https://doi.org/10.1007/s00128-010-0047-4>.

A. O. Mammadova, R. N. Mammadova
Baku, Azerbaijan

A STUDY OF BIOINDICATIVE PROPERTIES OF *QUERCUS CASTANEIFOLIA* C.A.MEY IN NATURALAND URBANIZED SITES IN AZERBAIJAN

Abstract. The paper presents a study of indicative and remediative properties of chestnut-leaved oak *Quercus-castaneifolia* C.A.Mey found in the Republic of Azerbaijan. The study aimed to assess the prospects of using this plant in the management of environmental quality in Azerbaijan. Four test sites, which differ in the degree of environmental pollution, were selected for the study. Two test sites are located in Baku, the capital city that has a rather high level of pollution. The other two test sites are located in the country. The bioindicative properties of chestnut-leaved oak were investigated by analyzing the developmental stability of leaves morphogenesis. To determine the developmental stability of leaves, the method of fluctuating asymmetry was used. The bioaccumulative properties of the plant were investigated by elemental analysis of leaves and soil. For this, the methods of sampling, sample preparation and sample were used according to GOST RF. The analysis of the main chemical components in the leaf and soil samples was carried out using an inductively coupled plasma mass spectrometer and an atomic absorption spectrometer. The analysis of micro-components in the leaf and soil samples was carried out using an X-ray fluorescence spectrometer. It was found that there is a strong correlation between the degree of environmental pollution and the level of developmental stability of morphological characters of *Quercus castaneifolia* C.A.Mey. Environmental pollution increases the fluctuating asymmetry of the leaves. The results also showed that *Quercus castaneifolia* C.A.Mey has remediative properties. Therefore, chestnut-leaved oak can be a monitored species in the integrated environmental monitoring system in Azerbaijan.

Key words: bioindication; fluctuating asymmetry; elemental analysis.

About the authors: Afat Oktaygyzy Mammadova¹, Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Masters and Doctors Department; Roza Nazim gyzy Mammadova, Doctoral Student.

Place of employment: Baku State University.

Мамедова А.О., Мамедова Р.Н. Исследование биоиндикативных свойств *Quercus castaneifolia* С.А.Мей на природных и урбанизированных территориях республики Азербайджан // Вестник Нижневартковского государственного университета. 2019. № 2. С. 71–79.

Mammadova A. O., Mammadova R. N. A study of bioindicative properties of *Quercus castaneifolia* C.A.Mey in naturaland urbanized sites in azerbaijan // Bulletin of Nizhnevartovsk State University. 2019. No. 2. P. 71–79.

ЭКОЛОГИЯ ЖИВОТНЫХ

УДК 595.2+591.5

Н.Э. Новрузов
г. Баку, Азербайджан

МАТЕРИАЛЫ К ИЗУЧЕНИЮ СТРУКТУРЫ СООБЩЕСТВ НАЗЕМНЫХ ЧЛЕНИСТОНОГИХ В ПРЕДГОРНОЙ ЧАСТИ ЮГО-ВОСТОЧНЫХ СКЛОНОВ БОЛЬШОГО КAVKAZA

Аннотация. В статье представлены данные исследования таксономической и экологической структуры сообществ членистоногих семиаридных ценозов низкогорной части юго-восточных склонов Большого Кавказа. Рассмотрены особенности распределения членистоногих на участках с разным температурным режимом, типом и влажностью почв, микрорельефом, растительным покровом. Выяснялось соотношение трофических групп членистоногих на сравниваемых участках территории, отличающихся кормовыми условиями, структурой и влажностью почвы, спецификой рельефа местности, морфологическими и поведенческими особенностями самих объектов. Установлено, что таксономический состав полупустынных сообществ в основном формируется за счёт членистоногих, имеющих сходную биотопическую приуроченность. Характер и условия среды обитания в большей степени влияют на количественное соотношение основных экологических групп членистоногих, чем на таксономический состав сообщества в целом.

Ключевые слова: членистоногие; сообщества; таксономический состав; экологическая структура; биотопическое распределение.

Сведения об авторе: Низами Энвер оглы Новрузов, кандидат биологических наук, научный сотрудник.

Место работы: Институт зоологии Национальной Академии Наук Азербайджана.

Контактная информация: AZ1073, Азербайджан, г. Баку, ул. Аббас-заде, проезд 1128, квартал 504; e-mail: niznovzoo@mail.ru.

Введение

Наземные членистоногие (Arthropoda) – самая представительная по численности и таксономическому составу группа беспозвоночных, составляющих живые сообщества аридных экосистем. Данные по некоторым представителям энтомо- и арахнофауны ещё со второй половины прошлого века находили применение в экологическом мониторинге природных территорий в качестве биоиндикаторов уровня техногенных загрязнений в антропоценозах (Дмитриенко 1987; Ашихмина 2005). Фауна отдельных отрядов членистоногих (Coleoptera, Hymenoptera) изучалась на предмет биоиндикации в разных регионах мира (McGeoch 1998; Lindenmayer et al. 2000; Кузнецова, Криволицкий 2002; Hodkinson, Jackson 2005). В Азербайджане членистоногие этих отрядов исследовались в связи с необходимостью разработки новых эффективных методов контроля загрязнения земель нефтепродуктами и другими промышленными отходами (Atakishiyeva et al. 2003).

Наблюдаемые в последние десятилетия усиление процессов антропогенной трансформации территорий, резкое ухудшение экологической обстановки, деградация почв и растительного покрова привели к сокращению чис-

ленности многих видов флоры и фауны. Аридные экосистемы, характеризующиеся особенностями климатических условий (высокие температуры и дефицит атмосферных осадков), наиболее сильно страдают от преобразований антропогенного характера и быстрее подвергаются деградации (Алиев, Алиев 2002). В связи с этим требуется проведение масштабных эколого-фаунистических исследований и разработка эффективных мер по защите окружающей среды. Однако, несмотря на актуальность вопроса, исследований членистоногих аридных территорий на уровне сообществ не проводилось. Отсутствуют данные по таксономическому и эколого-фаунистическому составу многих отрядов членистоногих, что не позволяет с достаточной объективностью рассматривать сообщества в целом. Для проведения такого рода исследований особенно перспективным нам представлялся Гобустанский низкогорный массив, расположенный у юго-восточных склонов Большого Кавказа. Данная территория отличалась биологическим разнообразием мезофауны, неоднородными ландшафтными и экологическими условиями и могла служить в качестве модельной для изучения влияния разных факторов на формирование структуры сообществ членистоногих.

Гобустанское низкогорье (далее – Гобустан) занимает территорию площадью около 5,5 тыс. кв. км, расположенную между крайними юго-восточными отрогами Главного Кавказского хребта и Каспийским морем. В рельефе преобладают низкогорные, скалистые хребты и гряды, чередующиеся с котловинами и оврагами. До высот 500 м н. у. м. развит полупустынный ландшафт, выше начинают отмечаться сухостепные формации. С севера Гобустан ограничивается южным продолжением Главного Кавказского хребта и рекой Сумгаитчай. На юге границу Гобустана очерчивает река Пирсагатчай. На востоке Гобустан соединяется с береговой линией Каспийского моря и Абшеронским полуостровом. Почвенный покров Гобустана представлен серозёмами, суглинками, песчаными, серо-бурыми солонцеватыми, светло-каштановыми и серо-коричневыми почвами (Будагов 1988; Музейбов 2003). Растительный покров составляет преимущественно пустынная, полупустынная эфемеровая и ксерофитная растительность. Полупустынная растительность представлена однолетними травянистыми и многолетними кустарниковыми видами солянок, полыней, эфемеров и эфемероидов, характеризующихся коротким периодом вегетации. В прибрежной, более влажной части Гобустана, и на участках, где регулярно после схода талых вод и атмосферных осадков образуются временные водоёмы, развита псаммофитная, луговая и околородная растительность. Местами встречаются кустарниковая и древесная растительность: лох серебристый (*Elaeagnus commutata* Bernh. ex Rydb.), тамарикс (*Tamarix gallica* L.), держи-дерево (*Paliurus spina-christi* Mill.), гранат обыкновенный (*Punica granatum* L.), смоковница обыкновенная (*Ficus carica* L.), шелковица белая (*Morus alba* L.) и др. (Будагов, Микаилов 1985).

Уникальность природы Гобустана ещё с середины прошлого века привлекала внимание зоологов разного профиля. Однако проводимые здесь исследования членистоногих носили преимущественно собирательный (в фаунистических целях) характер и акцентировались на определённых таксономических группах (Aranei, Hymenoptera, Coleoptera) (Atakishiyeva et al. 2003; Aliyeva 2010a; 2010b) без рассмотрения всего сообщества в целом. Материалы, приведённые в настоящей статье, можно считать первой попыткой объективного изучения структурно-функциональной организации сообщества членистоногих, составляющих предгорные семиаридные ценозы.

Исходя из поставленной цели, основными задачами исследований являлись: установление

таксономического и эколого-фаунистического состава членистоногих, выявление особенностей их распределения в биотопах с разными микроклиматическими, ландшафтными, почвенными и растительными условиями.

Материал и методы

Исследования проводились с мая по сентябрь 2018 г. в юго-восточной части Гобустана. По особенностям рельефа, структуры почв и составу растительных сообществ на рассматриваемой территории были условно выделены 5 природно-ландшафтных типов: 1) песчано-каменистая зона (сыпучие, бугристые и полузакрепленные пески с вкраплением галечника, щебня и обломков останцевых скал, разреженной эфемеровой, галофитной и псаммофитной растительностью); 2) суглинисто-сероземная зона (равнина с ксерофитной, эфемеровой и однолетней злаковой растительностью, солончаки, временные водоёмы с околородной и водной растительностью); 3) суглинистая зона (такыры с вкраплением песчаных и сероземных участков, редкой эфемеровой, галофитной растительностью, практически отсутствовали камни, из укрытий отмечены норы мелких грызунов); 4) серозёмно-каменистая, лугово-кустарниковая зона (каменистые склоны холмов с ксерофитной, преимущественно полынной и злаковой, реже разнотравной, луговой и мелкокустарниковой растительностью); 5) серозёмная сухостепная зона (всхолмленная и изрезанная оврагами долина с очагово встречающимися скоплениями камней и скальных обнажений останцевых пород, ксерофитной травянистой, кустарниковой и редкой древесной растительностью). В каждом природно-ландшафтном типе исследованы по три примерно равных по площади участка. Общая площадь исследованной территории составила около 30 га.

Измерения температур приземного слоя воздуха, поверхности почвы и на её глубине до 15 см проводились в утренние часы портативным цифровым термометром. Определение влажности почвы проводилось весовым методом (Кауричев 1986; Доспехов и др. 1987). Отбор проб почвы проводился с горизонтов почвы на глубине 0–10, 11–20 и 21–30 см. Пробы взвешивались на портативных электронных весах с точностью до 0,01 г и помещались в герметично закрывающиеся алюминиевые боксы для последующей камеральной обработки. В лабораторных условиях боксы с пробами (без крышки) помещались в сушильный шкаф и при температуре 150°C выдерживались в течение 4 часов. Затем боксы извлекались, плотно закупоривались и после полного остывания по-

вторно взвешивались. Расчёт влажности почвы проводился по формуле:

$$\beta_{В}=(M_2-M_3)(M_3-M_1)\cdot 100\% \text{ от м.с.п.,}$$

где M_1 – масса пустого бюкса; M_2 – масса бюкса с почвой до сушки; M_3 – масса бюкса с почвой после сушки.

Сбор членистоногих осуществлялся общепринятыми методами: использование почвенных ловушек, маршрутный учёт и ручной сбор с поверхности почвы и в укрытиях (Гиляров 1975; Демиденко 2003). При проведении маршрутного учёта протяжённость каждой ленточной трансекты составляла 200 м, ширина – 2 м. На каждом участке пройдено по 5 маршрутов (4 по периметру и один по диагонали участка). Общая протяжённость маршрутов составила 5 000 м. Всего за время исследований было установлено 60 ловушек, с экспозицией 25 суток. На каждом участке было установлено по 12 ловушек (диаметром 90 мм и объёмом 500 мл) в один ряд с промежутками 5 м. На участках, представленных большим количеством колоний грызунов, почвенные ловушки устанавливались непосредственно перед входом в норы (Бухарева 2013). Общее время отлова составило 1 500 ловушко-суток. Всего при помощи ловушек было поймано 2 398 экз. членистоногих (табл. 1). Методом ручного сбора было отмечено 2 575 экз. членистоногих. На маршрутах отмечено 1 157 экз. членистоногих. Определение объектов велось в основном до семейства и рода, при полной уверенности – до вида. Легко определяемые виды, а также экземпляры, встреченные на маршрутах, отмечались без отлова. Все полученные результаты по

каждой из групп суммировались и пересчитывались на 1 га. Всего было отмечено 6 130 экз. членистоногих.

Для характеристики сообщества членистоногих и сравнения видового состава на разных участках территории использовались следующие индексы:

1) индекс общности видового состава, рассчитывался по формуле:

$$(I_o = \frac{a \times 100}{A}),$$

где a – количество видов в одном из биотопов, A – суммарное количество видов.

2) индекс общего видового разнообразия Маргалеффа:

$$(D_{Mg} = \frac{S-1}{\ln N}),$$

3) индекс видового разнообразия Менхеника:

$$(D_{Mn} = \frac{S}{\sqrt{N}});$$

4) индекс меры сходства видового разнообразия Жаккара:

$$(I_j = \frac{A}{(A+B+C)});$$

5) индекс доминирования видов Бергера-Паркера:

$$(d = \frac{N_{max}}{N}),$$

где S – число видов, N – общее число особей всех видов, N_{max} – число особей самого обильного вида, A – число общих видов для двух сообществ, B – число видов второго сообщества, C – число видов первого сообщества (Песенко 1982; Мэгарран 1992; Шилов 2000).

Таблица 1

Сравнительные данные численности членистоногих, полученные разными методами учёта

Таксон	Участок														
	I			II			III			IV			V		
	ручной сбор	ловушки	маршрут	ручной сбор	ловушки	маршрут	ручной сбор	ловушки	маршрут	ручной сбор	ловушки	маршрут	ручной сбор	ловушки	маршрут
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Isopoda	58	44	–	46	101	–	34	20	–	51	167	–	56	36	18
Scolopendromorpha	8	6	–	15	7	–	9	4	–	13	6	1	3	1	–
Scutigermorpha	4	4	–	–	4	–	4	–	–	5	–	–	2	1	–
Lithobiomorpha	6	5	–	–	5	–	4	–	–	6	4	–	7	1	–
Geophilomorpha	7	9	–	6	8	–	9	9	–	11	9	–	3	1	–
Aranei	61	39	14	65	86	20	29	28	18	43	26	16	102	19	26
Opiliones	31	17	–	15	19	–	19	10	–	18	5	–	7	1	–
Scorpiones	17	6	–	27	5	–	25	1	–	24	3	–	14	2	–
Solifugae	7	4	–	11	7	–	6	3	–	7	1	–	2	1	–
Pseudoscorpionida	–	–	–	–	1	–	–	2	–	–	–	–	2	1	–
Coleoptera	53	39	28	56	151	76	40	111	45	113	107	68	62	49	13
Orthoptera	69	28	105	219	75	112	47	90	58	69	145	80	24	2	77
Dermaptera	7	15	–	8	5	–	4	6	–	17	5	–	2	–	–

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Lepidoptera	15	21	15	42	14	17	16	28	21	31	11	24	13	5	9
Hymenoptera	45	26	14	47	279	18	22	28	18	153	31	21	52	20	30
Diptera	26	16	–	29	70	–	31	38	–	36	27	–	21	2	28
Hemiptera	24	28	–	15	22	–	20	10	–	32	17	–	9	4	6
Homoptera	8	32	8	11	35	12	8	–	10	10	12	18	4	–	12
Blattodea	4	5	–	11	7	–	9	5	–	–	5	–	3	1	–
Mantodea	7	4	4	17	6	3	5	–	9	14	9	7	3	2	1
Odonata	10	–	4	7	5	6	17	1	2	4	–	5	2	–	6
Zygentoma	2	1	–	4	–	–	3	2	–	4	–	–	5	1	–
Neuroptera	5	–	8	7	–	16	8	–	14	12	–	11	3	1	5
Всего:	474	349	200	658	912	280	369	396	195	673	590	251	401	151	231

Примечание: Участки: I – песчано-каменистый; II – суглинисто-сероземный; III – суглинистый; IV – серозёмно-каменистый лугово-кустарниковый; V – серозёмный сухостепной

Результаты и обсуждение

Одной из важных особенностей экосистем данного региона являлось своеобразие состава и специфика распределения типов почв и растительного покрова. Примерно треть территории была представлена серозёмами, чередующимися с суглинистыми и светло-каштановыми почвами. В условиях дефицита влаги чередующиеся структура почвы и рельеф её поверхности создавали различные по степени увлажнённости условия на отдельных участках одной территории. Разница во влажности поч-

венных слоёв предположительно была связана с разной степенью микроувлажнённости отдельных участков, глубиной стояния грунтовых вод, степенью засоленности и плотности почв. Снижение уровня влажности почвы (на глубине 20–30 см) отмечено в основном на участках с более плотной растительностью, что, видимо, обусловлено ощутимым использованием почвенной влаги растительными комплексами. Распределение растительного покрова, в свою очередь, играло роль в перераспределении влаги на разных почвенных горизонтах (табл. 2).

Таблица 2

Ландшафтная и температурно-влажностная характеристика исследованных участков

Участок	Характер биотопа	Среднесуточная температура, °С			Влажность (% от веса сухой почвы)			Средняя высота травостоя, м
		Воздух	Почва (на поверхности)	Почва (на глубине)	0–10 см	11–20 см	21–30 см	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
I	Сыпучие, бугристые и полужакрепленные пески с вкраплением галечника, редких камней и обломков останцевых скал, разреженной эфемеровой, галофитной и псаммофитной растительностью	19,6	27	23,6	3,6	4,9	4,5	0,34
II	Сероземные и суглинисто-сероземные участки, включающие временные водоёмы и солончаки с ксерофитной, эфемеровой и однолетней злаковой, полуводной и околводной растительностью	21,2	30,1	26	4,1	5,1	4,7	0,47
III	Суглинистые пространства (такры) с вкраплением песчаных участков с редкой эфемеровой и галофитной растительностью, практически лишенная камней, из укрытий отмечены норы мелких грызунов; каменистые склоны холмов	22,6	31,7	28,2	2,0	5,2	4,7	0,23
IV	Серозёмно-каменистая, лугово-кустарниковая зона, включающая каменистые склоны холмов с ксерофитной, преимущественно полынной и злаковой, реже – мелкокустарниковой растительностью	20,6	29,1	25,6	1,4	3,5	2,2	0,58

Окочание таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
V	Серозёмная сухостепная зона, всхолмленная, изрезанная оврагами долина с очагово встречающимися скоплениями камней и скальных обнажений останцевых пород, ксерофитной травянистой, кустарниковой и редкой древесной растительностью	19,7	27,6	23,7	1,8	3,7	4,1	0,65

Примечание: Участки: I – песчано-каменистый; II – суглинисто-сероземный; III – суглинистый; IV – серозёмно-каменистый лугово-кустарниковый; V – серозёмный сухостепной

Растительный покров территории исследований имел неоднородную пространственную структуру и был представлен ксерофитными, галофитными, псаммофитными, эфемерными и эфемероидными комплексами с преобладанием полыней (*Artemisia*), солянок (*Salsola*), верблюжьей колючки (*Alhagi pseudalhagi* (M. Bieb.) Fisch.), синеголовника (*Eryngium* L., 1753), парнолистника (*Zygophyllum* L.), татарника колючего (*Onopordum acanthium* L.), чертополоха понижающего (*Carduus nutans* L.), осок (*Carex*), мятликов (*Poaceae*), астрагала (*Astragalus*), пырея (*Elytrigia*), костра (*Bromus*), крупки (*Draba*), луковичных (*Allioideae*), каперсов (*Capparis spinosa* L., 1753) и др. Неоднородность пространственной структуры растительных сообществ на разных участках проявлялась по-разному. Так, к примеру, на серозёмной равнине и незначительных возвышениях грунта (пологие холмы) растительный покров был разрежен и образован преимущественно низкорослыми полынями (*Artemisia*). На участках с суглинистой почвой (такыры) растительность либо вовсе отсутствовала, либо была скудной. В местах понижения грунта растительный покров был представлен разнообразнее. Встречались до 28 видов растений, из которых чаще всего были отмечены: мятлик (*Poaceae*), льнянки (*Linaria*), парнолистник (*Zygophyllum*), типчак (*Festuca*), полыни (*Artemisia*), ромашка (*Matricaria*), ковыль (*Stipa*), прутняк (*Vitex*), солянки (*Salsola*), тамарикс (*Tamarix*), осоки (*Carex*) и др. (Алиев, Алиев 2002).

В составе исследованных сообществ членистоногих отмечены представители 4 классов (Crustacea, Arachnida, Chilipoda, Insecta) и 24 отрядов (Isopoda, Scorpiones, Solifugae, Opiliones, Pseudoscorpiones, Aranei, Scolopendromorpha, Scutigromorpha, Lithobiomorpha, Geophilomorpha, Coleoptera, Orthoptera, Dermaptera, Lepidoptera,

Hymenoptera, Diptera, Hemiptera, Homoptera, Blattodea, Mantodea, Zygentoma, Odonata, Phasmoptera, Neuroptera). Из них по численности преобладали представители отрядов Isopoda (10,3%), Aranei (9,6%), Coleoptera (16,5%), Orthoptera (19,6%), Hymenoptera (13,1%) (табл. 3). Ведущую роль по количеству видов на всех ландшафтных участках играли пауки (Aranei) и насекомые (Insecta).

В среднем доля представителей класса Arachnida среди других членистоногих составляла примерно 12,6%. Среди класса Insecta наиболее представительными по количеству видов были отряды Coleoptera, Lepidoptera, Hymenoptera, Diptera, Hemiptera. К второстепенным по количеству видов относились отряды Orthoptera, Neuroptera, Dermaptera, Homoptera, Blattodea, Mantodea, Odonata.

По численности самыми представительными были отряды Aranei, Isopoda, Coleoptera, Hymenoptera, Orthoptera. Из отряда Coleoptera наиболее массовыми являлись представители семейств Carabidae (39,1%), Staphilinidae (20,1%), Tenebrionidae (20,9%), Curculionidae (13,3%). Из отряда Orthoptera, который был представлен семействами Acrididae, Tettigoniidae, Gryllidae, Gryllotalpidae, наиболее многочисленными были Acrididae (84,3%). Отряд Lepidoptera наиболее часто представляли семейства Psychidae, Sphingidae, Noctuidae, Arctiidae.

На разных ландшафтных участках отмечено преобладание членистоногих определённых таксонов. Так, к примеру, количественное соотношение сенокосцев (Opiliones), жесткокрылых (Coleoptera), чешуекрылых (Lepidoptera), перепончатокрылых (Hymenoptera) и мокриц (Isopoda) на каменистых участках превышало их соотношение на песчаных участках. На суглинисто-сероземных и скальных участках с большей частотой отмечались Orthoptera, Aranei, Coleoptera, Diptera и Hymenoptera.

Таблица 3

Сравнительные данные численности членистоногих разных ландшафтных участков

Отряд	Численность									
	Биотоп									
	I		II		III		IV		V	
	абс.	%	абс.	%	абс.	%	абс.	%	абс.	%
Crustacea										
Isopoda	102	9,97	147	7,9	54	5,6	218	14,4	110	15,8
Chilopoda										
Scolopendromorpha	14	1,3	22	1,2	13	1,3	20	1,3	4	0,57
Scutigermorpha	8	0,7	4	0,2	4	0,4	5	0,3	3	0,43
Lithobiomorpha	11	1,07	5	0,3	4	0,4	10	0,6	8	1,15
Geophilomorpha	16	1,5	14	0,7	18	1,8	20	1,3	4	0,57
Arachnida										
Aranei	114	11,1	171	9,2	75	7,8	85	5,6	147	18,7
Opiliones	48	4,7	34	1,8	29	3,02	23	1,5	8	1,15
Scorpiones	23	2,2	32	1,7	26	2,7	27	1,8	16	2,3
Solifugae	11	1,07	18	0,9	9	0,9	8	0,5	3	0,43
Pseudoscorpionida	–	–	–	–	–	–	–	–	3	0,43
Insecta										
Coleoptera	120	11,7	283	15,3	196	20,5	288	19,02	124	17,8
Orthoptera	202	19,8	406	22	195	20,4	294	19,4	103	14,8
Dermaptera	22	2,1	13	0,7	10	1,04	22	1,4	4	0,57
Lepidoptera	51	4,98	73	3,9	65	6,8	66	4,4	37	5,3
Hymenoptera	85	8,3	344	18,6	68	7,1	205	13,5	102	14,7
Diptera	42	4,1	99	5,3	69	7,2	63	4,1	51	7,3
Hemiptera	52	5,08	37	2,0	30	3,1	49	3,2	19	2,7
Homoptera	48	4,7	58	3,1	18	1,8	40	2,6	16	2,3
Blattodea	9	0,8	18	0,9	14	1,4	5	0,3	4	0,57
Mantodea	15	1,4	26	1,4	14	1,4	30	1,9	6	0,86
Odonata	14	1,3	18	0,9	20	2,08	9	0,6	8	1,15
Zygentoma	3	0,29	4	0,21	5	0,52	4	0,26	6	0,86
Neuroptera	13	1,2	23	1,2	22	2,3	23	1,5	7	1,01
Всего:	1023		1850		960		1514		783	

Примечание: Участки: I – песчано-каменистый; II – суглинисто-сероземный; III – суглинистый; IV – серозёмно-каменистый лугово-кустарниковый; V – серозёмный сухостепной

Общим для мезофауны всех пяти типов ландшафтных участков было численное преобладание представителей Hymenoptera (12,3–13,7%), Coleoptera (25,7–32,2%), Lepidoptera (7,8–11,2%), Isopoda (15,7–20,1%) и Aranei (7,3–10,6%). Остальные группы встречались реже (Dermaptera, Blattodea, Homoptera) или были представлены единичными экземплярами (Odonata, Mantodea).

В отличие от суглинисто-сероземного ландшафтного участка (II) на участках с другим типом ландшафта были отмечены представители трёх хорошо выраженных и доминирующих отрядов – Hymenoptera (до 49,6%), Hemiptera (до 28,3%), Orthoptera (до 18,6%). Остальные объекты были представлены несколькими таксономическими группами, соотношение которых варьировало в зависимости от типа ландшафта. Так, в равнинной части это Aranei, Coleoptera, Diptera. На каменистых участках преобладали Coleoptera, Diptera. На скальном

участке к указанным компонентам добавлялись Lepidoptera и Isopoda. Некоторые ландшафтные отличия выявлены в соотношениях представителей отрядов Aranei, Lepidoptera, Hemiptera, Diptera и Hymenoptera. Общим для всех участков было наличие значительного количества пауков, клопов, перепончатокрылых. В составе многочисленных, но не доминирующих групп всегда отмечались перепончатокрылые (до 21,1%), двукрылые (до 17%) и чешуекрылые (до 24,3%).

Основная доля членистоногих (50,8%) в равнинной части приходилась на пауков, клопов и перепончатокрылых, тогда как на каменистых склонах преобладали жесткокрылые, чешуекрылые (larvae) и двукрылые (44,4%). На скальном участке преобладали жесткокрылые, чешуекрылые и прямокрылые (52,1%).

По способу перемещения в пространстве значительную часть видов членистоногих в ландшафтных участках всех типов составляли

бегающие, ходящие и летающие формы. Объекты с другим типом подвижности были представлены в меньшей степени (рис. 1).

При рассмотрении структуры сообществ членистоногих по способу их перемещения установлено общее для всех типов ландшафта численное преобладание бегающих и прыгающих форм над объектами с другими формами

передвижения. Однако в равнинной части и на каменистых склонах не менее значимую позицию занимали также ползающие и летающие формы, в частности, чешуекрылые (*larvaeetimgo*), перепончатокрылые и двукрылые. В скальной части территории бегающие, прыгающие и летающие формы были представлены схожим соотношением.

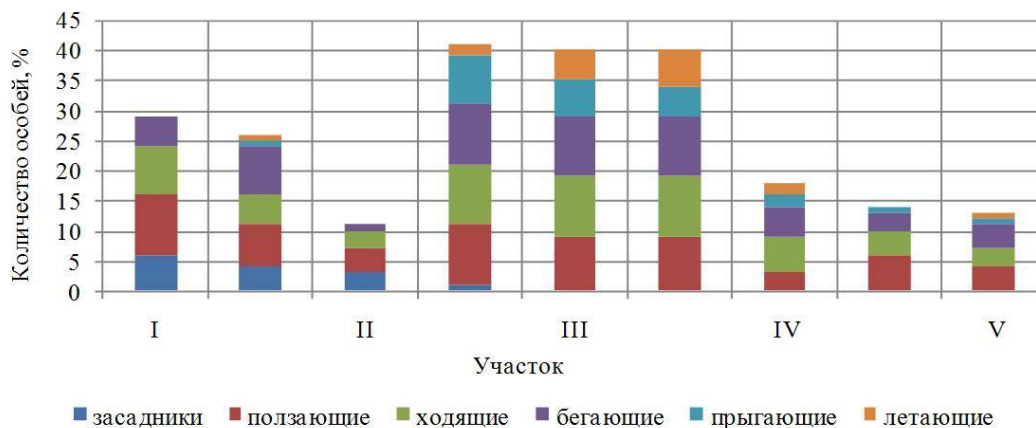


Рис. 1. Структура сообщества членистоногих по способу передвижения

В составе сообществ членистоногих на каменистых склонах холмов ходящие и прыгающие формы занимали ведущее положение. На других участках территории основная доля мезофауны приходилась на ходящие, бегающие и летающие формы. Вторую позицию на равнинном участке и на каменистых склонах занимали ходящие, а на скальном участке – прыгающие и летающие формы. Некоторые отличия выявлены и по пространственной группировке членистоногих. Так, в равнинном участке список членистоногих в основном состоял из обитателей нор и поверхности почвы (почвенные и норные эдафабионты), в каменистом участке – из герпетобионтов, субпетробионтов, хортобионтов и атмобионтов. В скальном участке преобладали в основном петробионты и представители аэронектобионтов (*Diptera*, *Lepidoptera*).

Особый интерес могут представлять результаты сравнения состава членистоногих разных участков по трофическому типу (рис. 2). Фитофаги, численно преобладая на всех участках, были максимально представлены на участках IV и V (58 и 68%), сапрофаги – на участках I и III (33 и 27%), некрофаги – на участке IV (14%), копрофаги – на участках IV и V (14 и 12%), а хищники энтомофаги и эврифаги – на участках V (12%) и I (6,9%).

Среднесуммарная трофическая специализация членистоногих в обследованных биотопах была представлена следующим образом: фитофаги – 52,8%, сапрофаги – 24%, некрофаги – 8%, копрофаги – 9,2%, хищники энтомофаги и эврифаги – 6%.

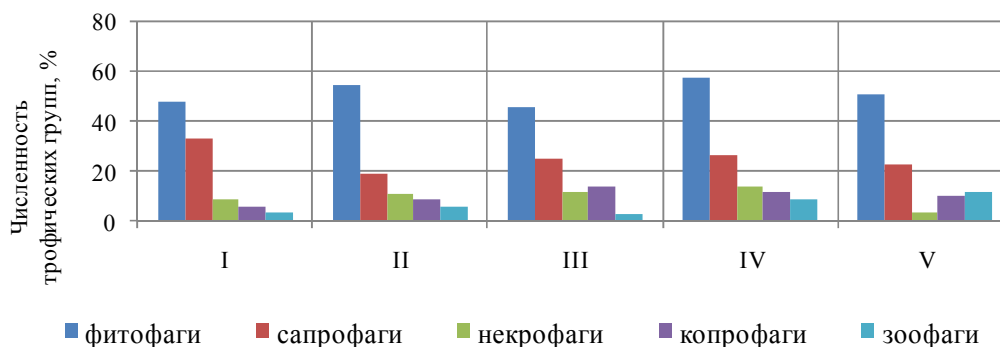


Рис. 2. Трофическая структура сообществ членистоногих

Состав объектов в ландшафтном участке первого и второго типа перекрывался не так значительно, как в паре участков второго и третьего типов. Перекрывание сравниваемых сообществ в паре участков III–IV типа в среднем было меньше такового в паре участков I–III и II–IV типов (68,56 и 88,43% соответственно). Индекс Жаккара в паре участков I–V показал более высокую положительную тенденцию (0,293) по сравнению с парой II–III (68%) а в паре III–IV – 88%. Наименьшие значения индекса Жаккара имел во 2-й и 6-й парах сравниваемых участков (табл. 4).

Таблица 4

**Индекс меры сходства
видового разнообразия (Жаккара)**

№	Пара участков	Индекс Жаккара
1	I–II	0,161
2	I–III	0,146
3	I–IV	0,228
4	I–V	0,293
5	II–III	0,162
6	II–IV	0,131
7	II–V	0,188
8	III–IV	0,221
9	III–V	0,208
10	IV–V	0,228

Наибольшим перекрыванием по составу членистоногих характеризовались I и IV (92,3%) участки. Сокращенный по разнообразию таксономических групп состав объектов в равнинной части территории, возможно, является главной причиной низкой степени перекрывания их в парах участков. Приведенные

выше расчеты перекрывания участков производились при рассмотрении членистоногих на уровне отрядов. На уровне же семейств их соотношения различались значительно: на участке I чаще присутствовали крупные представители семейств жесткокрылых (Tenebrionidae, Carabidae) и прямокрылых (Acrididae, Gryllotalpidae), на участке II – перепончатокрылые (Sphecidae, Formicidae), чешуекрылые (Noctuidae, Psychidae, Sphingidae), полужесткокрылые (Nepidae, Reduviidae).

Анализ биоразнообразия по индексам (табл. 5) показал наиболее высокие их значения на песчано-каменистых (I), на суглинистых (скальных) участках (III) и на серозёмных лугово-кустарниковых участках (IV). Следует отметить, что различия индексов разнообразия по ландшафтному признаку хорошо были выражены только у паукообразных Scorpiones, Solifugae, Opiliones (в меньшей степени у Aranei) по всем типам ландшафта, остальные представители имели различия только по одному типу ландшафта.

Основные причины отмеченных различий, вероятно, связаны как с особенностями питания каждой из групп видов, так и с индивидуальными различиями в ярусности обитания, способе передвижения и выборе укрытий.

Обсуждение

В составе исследуемых сообществ отмечены членистоногие, относящиеся к 4 классам, 24 отрядам, 141 семейству, 413 родам и 436 видам (табл. 6).

Таблица 5

Основные показатели биоразнообразия сообществ членистоногих

Показатель	Участок				
	I	II	III	IV	V
Абсолютное видовое богатство (кол-во видов)	167	57	195	167	124
Индекс общности видового богатства	38,3	13,07	44,7	38,3	28,4
Индекс общего видового разнообразия (Маргалефа)	0,16	0,03	0,20	0,10	0,18
Индекс относит. видового разнообразия (Менхиника)	5,22	1,32	6,31	4,29	4,75
Индекс доминирования видов (Бергера–Паркера)	0,197	0,219	0,226	0,194	0,181

Таблица 6

Таксономическая структура сообществ членистоногих разных ландшафтных участков

Класс	Отряд	Количество семейств	Общее количество видов	Количество видов на участках				
				I	II	III	IV	V
Crustacea	Isopoda	3	5	2	1	2	3	4
Arachnida	Scorpiones	1	1	–	1	1	1	1
	Solifugae	1	1	–	1	1	1	1
	Opiliones	2	4	1	1	2	3	2
	Pseudoscorpionida	1	2	–	–	–	2	–
Chilopoda	Aranei	30	88	18	14	34	41	20
	Scolopendromorpha	3	4	–	1	3	2	2
	Scutigromorpha	1	1	1	–	1	1	–
	Lithobiomorpha	1	2	–	1	2	1	1
	Geophilomorpha	2	2	–	1	2	2	1

Окочание таблицы 6

Insecta	Coleoptera	24	89	21	11	38	19	17
	Orthoptera	3	12	3	5	7	7	6
	Dermaptera	2	3	1	–	2	2	1
	Lepidoptera	12	44	22	3	18	14	19
	Hymenoptera	21	72	34	7	26	22	15
	Diptera	8	53	29	7	27	22	14
	Hemiptera	9	28	23	3	16	13	10
	Homoptera	4	4	1	–	3	2	2
	Blattodea	3	4	2	–	3	2	1
	Mantoptera	3	3	2	–	3	2	2
	Odonata	3	7	5	–	–	1	3
	Zygentoma	1	3	–	–	2	1	–
	Neuroptera	2	3	2	–	1	2	1
	Phasmoptera	1	1	–	–	1	1	1
Всего:	24	141	436	167	57	195	167	124

По численности преобладали представители отрядов Isopoda, Aranei, Coleoptera, Lepidoptera, Hymenoptera. Наибольшим количеством видов представлены отряды: Aranei – 88 (20,1%), Coleoptera – 89 (20,4%), Hymenoptera – 72 (16,5%), Diptera – 53 (12,1%) и Heteroptera – 28 (6,4%). По количеству семейств доминировали отряды Aranei (30–21,4%), Coleoptera (24–17,1%), Hymenoptera (21–15,0%) и Lepidoptera (12–8,6%) (табл. 6).

Наиболее богатой по видовому составу являлась фауна жесткокрылых сухостепной зоны (59 видов), где зарегистрированы представители 12 семейств. Незначительно уступало ей население жесткокрылых в серозёмно-каменистой зоне (48 видов). Основу колеоптерофауны этих зон составляли типичные обитатели открытых пространств, а также политопные виды. Здесь зарегистрированы большинство из выявленных на всей территории видов Coccinellidae, Malachiinae, Chrysomelidae, Curculionidae, Silphidae, Tenebrionidae, Carabidae, Histeridae, Elateridae, Scarabaeidae, Vuprestidae и некоторых других семейств жуков. В песчано-каменистой зоне (вблизи морского побережья) отмечено 44 вида жесткокрылых, в суглинистой зоне – 20 видов. Основу составляли Carabidae (13 видов), Staphylinidae (12 видов), а также Cicindelinae, Elateridae, Vuprestidae (по 2 вида), Tenebrionidae и Histeridae (по одному виду). При этом среди жесткокрылых прибрежной части примерно 45% являлись галофилами. Из них 10 видов Carabidae, 6 видов Staphylinidae, 3 вида Anthicidae, 2 – Cicindelinae и один вид Tenebrionidae. Остальные виды жесткокрылых являлись или относительно литоральными, или были отмечены как случайные элементы для участка морского побережья. На песчаных участках морского побережья отмечены жужелицы родов Cardioderes и Pogonistes,

обычно характерных для глинистых галофитных биотопов.

Всего отмечено 38 видов жужелиц, относящихся к 12 родам. Основу составляли Pterostichini, Harpalini и Carabini, которые объединяли почти 70% видового разнообразия жужелиц. При рассмотрении по родам, наибольшим числом видов были представлены рода Harpalus (6), Carabus (5), Amara и Pterostichus (по 4 вида). Остальные рода были представлены 2–3 видами. Следует отметить, что два вида (*Harpalus udege* Lafer и *Harpalus modestus* Dejean) впервые приводятся для фауны Гобустана в частности и для Азербайджана в целом. Из них *Harpalus modestus* известен в сопредельном с Азербайджаном регионе Дагестана (Клычева 2009).

В видовом отношении среди жужелиц Гобустана было характерно преобладание представителей родов Carabus и Pterostichus. Отмечена некоторая зависимость таксономического состава населения жужелиц от характера почвенного и растительного покрова на участках. Так, на песчаных почвах с густым растительным покровом преимущественно отмечались Scarites, Cymindis, Dyschihodes. На плотных суглинисто-серозёмных почвах с разреженным растительным покровом – Cicindela, Ophonus. У Bembidion, Amara, Harpalus наблюдалась приверженность к каменистым участкам. Высокой численности в скальной части сухостепной зоны достигали мезофилы *Carabus regalis* Fischer, *Carabus henningi* Fischer, *Pterostichus magus* Mannerheim, *Pterostichus oblongopunctatus* (Fabricius). Наиболее высокое видовое разнообразие жужелиц отмечено на участке всхолмленной долины с редкими скоплениями камней. На луговых сухостепных участках характерным компонентом карабидофауны являлись Harpalini (*Harpalus cisteloides* Motschulsky,

Harpalusaffinis Schrank, Schrank, *Ophonuspuncticollis* Paykull, а также *Amaracastanea* (Putzeys). Не-редки были и мезофильные *Amara*, *Agonumgra-cilipes* (Duftschmid), *Poecilusfortipes* (Chaudor). На каменистых склонах холмов доминировали представители рода *Harpalus*, из которых наи-более часто встречались *Harpalusanxius* (Duftschmid), *Harpalusmodestus* Dejean, *Harpaluscis-teloides* Motschulsky, *Harpaluspumilus* Sturm. Обычными являлись *Microlestesminutulus* (Goeze). В целом представители трибы Harpalini преобладали в сухостепных участках и составляли основу карабидофауны Гобустана.

Стафилиниды были представлены 18 видами из 10 родов. Наиболее богатым в видовом отношении следует отметить род *Philonthus* (7 видов), остальные 9 родов представлены 1–2 видами. Большинство стафилинид отмечено в каменистых участках I-й и IV-й зон (14 видов). Среди них доминировал *Philonthus decorus* (Gravenhorst), относительная доля которого в биотопах составляла до 40% от всех обнаруженных Staphylinidae.

Видовой состав Tenebrionidae был представлен 14 видами из 2 подсемейств (Lagriinae, Tenebrioninae). Из них массовыми являлись *Lagria hirta* (Linnaeus), *Oodescelis polita* (Sturm), *Pedinus femoralis* Linnaeus, *Opatrum sabulosum* Linnaeus.

Из отряда Lepidoptera на всех участках территории Гобустана отмечены представители 14 семейств (*Lycaenidae*, *Zygaenidae*, *Nymphalidae*, *Pieridae*, *Papilionidae*, *Sphingidae*, *Psychidae*, *Tineidae*, *Lymantriidae*, *Noctuidae*).

В сухостепном участке (V) отмечено снижение количества видов дневных чешуекрылых (6,3%) по сравнению с песчано-каменистым (I) и суглинистым (III) участками (26,5 и 35,4% соответственно). Подобная тенденция к снижению количества видов чешуекрылых по мере увеличения ксерофитности участков была характерна для всего Гобустана. На сухостепных участках в ловушках отмечено 5 видов чешуекрылых, на суглинистом – 28, песчано-каменистом – 21.

Отряд Aranei как самый многочисленный отряд класса Arachnida являлся характерным компонентом сообществ наземных членистоногих открытых ландшафтов Гобустана. Обладая высокими возможностями расселения, многочисленные виды членистоногих этой группы отмечались на всех участках. Пауки, как известно, принадлежат к числу активных энто-

мофагов и в полупустынных сообществах наряду с сенокосцами, жужелицами, стафилинидами и муравьями составляют около 70% мезофауны хищных членистоногих.

За время исследований на территории Гобустана отмечено 88 видов пауков, принадлежащих к 30 семействам: Erisidae, Dysderidae, Pholcidae, Theridiidae, Araneidae, Thomisidae, Lycosidae, Salticidae, Agelenidae, Dictynidae, Gnaphosidae, Linyphiidae, Sparassidae, Pisauridae, Tetragnathidae, Philodromidae, Corinnidae, Desidae, Filistatidae, Hahniidae, Mimetidae, Miturgidae, Oecobiidae, Oonopiidae, Oxyopidae, Palpimanidae, Prodidomidae, Scytodidae, Zodariidae, Uloboridae. Наиболее представительными по количеству видов являлись семейства Salticidae (8 видов) и Thomisidae (6 видов). Семейство Lycosidae было представлено 4 видами (*Lycosa praegrands* (C.L.Koch), *Arctosas tigmosa* (Thorell), *Pardosa prativaga* (L.Koch), *Trochosa terricola* Thorell). Таким же количеством видов представлены пауки-кругопряды (Araneidae) – *Araneus marmoreus* Clerck, *Nuctenea silvicultrix* (C.L.Koch), *Singa hamata* (Clerck). Обнаруженные виды широко распространены и в семиаридных ландшафтах прибрежной полосы Каспийского моря (Нуруева, Гусейнов 2011).

Заключение

В результате проведённых исследований отмечено несколько типов распределения членистоногих по биотопам: случайное и агрегированное. Последний тип распределения встречался в нескольких вариантах: строгое соответствие видов заселяемым зонам; отсутствие предпочтения какой-либо зоны; предпочтение к каким-либо участкам тех или иных зон; обычное заселение нескольких ландшафтных зон без четкой аналогии в распределении.

Установлено, что таксономический состав полупустынных сообществ членистоногих в основном формируется за счёт групп, имеющих высокую численность и сходную биотопическую приуроченность. Состав отдельных трофических групп членистоногих на участках с различными ландшафтными условиями определялся кормовыми условиями биотопа, морфологическими и поведенческими особенностями самих объектов. К различиям в таксономической структуре исследованного сообщества предположительно приводит состояние кормовых ресурсов местообитаний, которое в свою очередь меняется в зависимости от структуры и влажности почвы, специфики рельефа местности.

ЛИТЕРАТУРА

- Алиев Б. Г., Алиев И. Н. 2002. Экологически безопасная технология микроорошения сельскохозяйственных культур в условиях недостаточно увлажнённых зон Азербайджана. Баку: ZIYA-ИНЦ «Нурлан».
- Алиева Т. В. 2010а. История и перспективы изучения фауны пауков (Arachnida: Araneae) Гобустана / АМЕА aspirantlarının elmi konfrasının materialları. Bakı, 219–224.
- Алиева Т. В. 2010б. К изучению фауны пауков (Arachnida: Aranei) Гобустанского заповедника Азербайджана // Кавказский энтомологический бюллетень. Т. 6. Вып. 2, 133–142.
- Ашихмина Т. Я. 2005. Биоиндикация и биотестирование – методы познания экологического состояния окружающей среды. Киев: Наукова думка.
- Будагов Б. А. 1988. Современные естественные ландшафты Азербайджана. Баку: Элм.
- Будагов Б. А., Михайлов А. А. 1985. Развитие и формирование ландшафтов Юго-Восточного Кавказа в связи с новейшей тектоникой. Баку: Элм.
- Бухарева О. А. 2013. Новая методика учета беспозвоночных в ходах нор мелких млекопитающих // Зоологический журнал 92(3), 353–358.
- Гиляров М. С. 1975. Методы почвенно-зоологических исследований. М.: Наука.
- Демиденко Н. В. 2003. Методики сбора герпетобионтных беспозвоночных // Энтомологические исследования в Кузнецкой области. Кемерово: Изд-во КемГУ.
- Дмитриенко В. К. 1987. Численность хищных герпетобионтов как показатель оптимальности местообитаний // Экологическая оценка местообитаний лесных животных. Новосибирск, 16–29.
- Доспехов Б. А., Васильев И. П., Туликов А. М. 1987. Практикум по земледелию. М.: Агропромиздат.
- Кауричев И. С. 1986. Практикум по почвоведению. М.: Агропромиздат.
- Клычева С. М. 2009. Родовой анализ жужелиц Северо-Восточного Азербайджана // Юг России: экология, развитие 3, 30–37.
- Кузнецова Л. В., Криволицкий Д. А. 2002. Беспозвоночные животные как биоиндикаторы состояния окружающей среды Москвы и Подмосковья. М.: Наука.
- Мусеилов М. А. 2003. Ландшафты Азербайджанской Республики (Пространственная ориентация и эволюция). Баку: БГУ.
- Мэгарран Э. 1992. Экологическое разнообразие и его измерение. М.: Мир.
- Нурева Т. В., Гусейнов Э. Ф. 2011. К изучению фауны пауков прибрежной зоны Каспийского моря в пределах Гобустана // Zoologiya institutunun əsərləri 29, 448–455.
- Песенко Ю. А. 1982. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. М.: Наука.
- Шилов И. А. 2000. Экология. М.: Высшая школа.
- Atakishiyeva A. M., Mamedova T. H., Houssainzadeh G. A. 2003. The forming of insects under influences of antropogen factors in Apsheron-Gobustan natural region // Azərb. Resp. Ekologiya və Təbii Sərvətlər nazirliyi, Təbii sərvətlərin qiymətləndirilməsi və təbiətdən istifadə elmi-prakt. konf. mat. Baku, 129–132.
- Hodkinson I. D., Jackson J. K. 2005. Terrestrial and Aquatic Invertebrates as Bioindicators for Environmental Monitoring, with Particular Reference to Mountain Ecosystems // Environmental Management 35, № 5, 649–665.
- Lindenmayer D. B., Margules C. R., Botkin D. B. 2000. Indicators of biodiversity for ecologically sustainable forest management // Conservation Biology 14, 941–950.
- McGeoch M. A. 1998. The selection, testing and application of terrestrial insects as bioindicators // Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society 73, 181–201.

REFERENCES

- Aliiev, B.G., & Aliiev, I.N. Ekologicheski bezopasnaya tekhnologiya mikroorosheniya selskohozyajstvennyh kultur v usloviyah nedostatochno uvlazhnyonnyh zon Azerbajdzhana [Ecologically safe technology of micro-irrigation of agricultural crops in conditions of insufficiently wetted zones of Azerbaijan]. Baku: ZIYA-INC Nurlan, 2002. 113 p. (In Russian).
- Alieva, T.V. Istoriya i perspektivy izucheniya fauny paukov (Arachnida: Araneae)Gobustana [History and perspectives of studying the fauna of spiders (Arachnida: Araneae) of Gobustan].In: AMEA aspirantlarının elmi konfrasının materialları. Baku. 2010a, pp. 219–224. (In Russian).
- Alieva, T.V. K izucheniya fauny paukov (Arachnida: Aranei) Gobustanskogo zapovednika Azerbajdzhana [Studying the Spider Fauna (Arachnida: Aranei) of the Gobustan Nature Reserve of Azerbaijan].In: Kavkazsky entomologichesky bulletin, 2010b (6), issue 2, pp. 133–142. (In Russian).
- Ashihmina, T.Ya. Bioindikaciya i biotestirovanie — metody poznaniya ehkologicheskogo sostoyaniya okruzhayushchej sredy [Bioindication and biotesting: Methods of cognition of the ecological state of the environment]. Kiev: Naukova dumka, 2005. 246 p. (In Russian).
- Budagov, B.A. Sovremennye estestvennye landshafty Azerbajdzhana [Modern natural landscapes of Azerbaijan]. Baku: Elm, 1988. 136 p. (In Russian).

Budagov, B.A., & Mikailov, A.A. Razvitie i formirovanie landshaftov Yugo-Vostochnogo Kavkaza v svyazi s novejshej tektonikoj [Development and formation of landscapes of the South-Eastern Caucasus stemming from the latest tectonic activity]. Baku: Elm, 1985. 176 p. (In Russian).

Buhareva, O.A. Novaya metodika ucheta bespozvonocnyh v hodah nor melkih mlekopitayushchih [New method of recording invertebrates in the holes of small mammals]. In: Zoologicheskyy zhurnal, 2013 (92), issue 3, pp. 353–358. (In Russian).

Gilyarov, M.S. Metody pochvenno-zoologicheskikh issledovaniy [Methods of soil-zoological research]. Moscow: Nauka, 1975. 280 p. (In Russian).

Demidenko, N.V. Metodiki sbora gerpetobiontnykh bespozvonocnyh. [Methods of collecting herpetobion invertebrates]. In: Entomologicheskyye issledovaniya v Kuznetsoy oblasti [Entomological studies in the Kuznetsk region]. Kemerovo: Izdatelstvo KemGU, 2003, pp. 15–20. (In Russian).

Dmitrienko, V.K. Chislennost' ihschnykh gerpetobiontov kak pokazatel optimalnosti mestoobitanij [Abundance of predatory herpetobionts as an indicator of the optimality of habitats]. In: Ekologicheskaya ocenka mestoobitanij lesnykh zhivotnykh [Environmental assessment of habitats of forest animals]. Novosibirsk: Nauka, 1987, pp. 16–29. (In Russian).

Dospekhov, B.A., Vasilyev, I.P., & Tulikov, A.M. Praktikum po zemledeliyu [A practical course of agriculture]. Moscow: Agropromizdat, 1987. 383 p. (In Russian).

Kaurichev, I.S. Praktikum po pochvovedeniyu [A practical soil science of agriculture]. Moscow: Agropromizdat, 1986. 335 p. (In Russian).

Klycheva, S.M. Rodovoy analiz zhuzhelits Severo-Vostochnogo Azerbaydzhana [Generic analysis of ground beetles of Northeastern Azerbaijan]. Yug Rossii: ehkologiya, razvitie, 2009(3), p. 30–37. (In Russian).

Kuznetsova, L.V., & Krivolutskiy, D.A. Bespozvonocnyye zhivotnye kak bioindikatory sostoyaniya okruzhayushchej sredy Moskvy i Podmoskovya [Invertebrate animals as bioindicators of the state of the environment in Moscow and the Moscow region]. Moscow: Nauka, 2002. (In Russian).

Museibov, M.A. Landshafty Azerbaydzhanskoj Respubliki (Prostranstvennaya orientaciya i ehvolyuciya) [Landscapes of the Republic of Azerbaijan (Spatial orientation and evolution)]. Baku: BGU, 2003. 137 p. (In Russian).

Mehgarran, E.H. Ekologicheskoe raznoobrazie i ego izmerenie [Ecological diversity and its measurement]. Moscow: Mir, 1992. 184 p. (In Russian).

Nuruyeva, T.V., & Guseynov, E.F. K izucheniyu fauny paukov pribrezhnoj zony Kaspijskogo morya v predelakh Gobustana [Studying spider fauna of the coastal zone of the Caspian Sea within Gobustan]. In: Zoologiya institutu-nun əsərləri, 2011 (29), pp. 448–455. (In Russian).

Pesenko, Y.A. Principy i metody kolichestvennogo analiza v faunisticheskikh issledovaniyakh [Principles and methods of quantitative analysis in faunistic studies]. Moscow: Nauka, 1982. 288 p. (In Russian).

Shilov, I.A. Ekologiya [Ecology]. Moscow: Vysshaya shkola, 2000. 512 p. (In Russian).

Atakishiyeva, A.M., Mamedova, T.H., & Houssainzadeh, G.A. [The forming of insects under influences of antropogen factors in Apsheron-Gobustan natural region]. In: Azərb. Resp. Ekologiya və Təbii Sərvətlər nazirliyi, Təbiisərvətlərin qiymətləndirilməsi və təbiətdən istifadə elmi-prakt. konf. mat. Baku, 2003, pp. 129–132. (In Azeri).

Hodkinson, I.D., & Jackson, J.K. Terrestrial and aquatic invertebrates as bioindicators for environmental monitoring, with particular reference to mountain ecosystems. In: Environmental Management, 2005 (35), issue 5, pp. 649–665.

McGeoch, M.A. The selection, testing and application of terrestrial insects as bioindicators. In: Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society, 1998 (73), pp. 181–201.

Lindenmayer, D.B., Margules, C.R., & Botkin, D.B. Indicators of biodiversity for ecologically sustainable forest management. Conservation Biology, 2000 (14), pp. 941–950.

N.E. Novruzov
Baku, Azerbaijan

MATERIALS ON STUDYING THE STRUCTURE OF TERRESTRIAL ARTHROPOD COMMUNITIES INHABITING THE FOOTHILLS OF SOUTH-EASTERN SLOPES OF THE GREATER CAUCASUS

Abstract. The article presents the data on taxonomic composition and ecological structure of arthropod communities from semiarid cenoses in the low-mountainous part of South-Eastern slopes of the Greater Caucasus. The features of distribution of arthropods in areas with different temperature conditions, soil type and humidity, microrelief, and vegetation cover are considered. The study established the ratio of trophic groups of arthropods on the compared areas that differ in feeding conditions, soil structure and humidity, terrain, morphological and behavioral characteristics of the studied phylum. It was found that the taxonomic composition of semiarid communities is mainly formed due to arthropods having similar biotopic confinement. The quality and conditions of the habitat have greater influence on the quantitative ratio of the main ecological groups of arthropods than on the taxonomic composition of the community as a whole.

Key words: arthropod; community; taxonomic composition; ecological structure; biotopic distribution.

About the author: Nizami Enver oglu Novruzov, Candidate of Biological Sciences, Researcher.

Place of employment: Institute of Zoology, Azerbaijan National Academy of Sciences.

Автор выражает искреннюю благодарность своим коллегам, сотрудникам Института зоологии НАН Азербайджана за консультативную помощь в определении материала.

Новрузов Н.Э. Материалы к изучению структуры сообществ наземных членистоногих в предгорной части юго-восточных склонов большого кавказа // Вестник Нижневартговского государственного университета. 2019. № 2. С. 80–91.

Novruzov N.E. Materials on studying the structure of terrestrial arthropod communities inhabiting the foothills of south-eastern slopes of the greater caucasus // Bulletin of Nizhnevartovsk State University. 2019. No. 2. P. 80–91.

УДК 631.95:636.2.034

Т.В. Зазнобина, О.В. Иванова
г. Красноярск, Россия

АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ ТОКСИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В КРОВИ И МОЛОКЕ КОРОВ

Аннотация. В настоящее время одним из основных направлений экономической политики Российской Федерации в сфере обеспечения продовольственной безопасности является производство безопасных продуктов питания и защита потребителя. Целью исследований являлось изучение содержания токсичных элементов Zn, Cd и Pb в молоке и крови коров. Экспериментальные исследования проводились в ООО «Племзавод “Таежный”» Сухобузимского района и ООО «ОПХ Солянское» Рыбинского района Красноярского края. В каждом хозяйстве был произведен отбор проб молока и крови коров. Исследование проб молока коров проводилось атомно-абсорбционным методом, проб сыворотки крови – методом масс-спектрометрии. Сыворотку крови получали методом отстаивания цельной крови и ретракции кровяного сгустка с последующим центрифугированием. Полученные данные были обработаны методом вариационной статистики с расчетом статистических показателей. В результате проведенных исследований наименьшая концентрация Zn, Cd и Pb была обнаружена в сыворотке крови коров ООО «ОПХ Солянское», она составила, соответственно, 0,038; 0,001; 0,002 мг/л. Анализ молока показал, что у коров ООО «Племзавод “Таежный”» уровень тяжелых металлов был меньше, чем у животных ООО «ОПХ Солянское»: Zn – на 2,069 мг/л, Cd – на 0,01 мг/л и Pb – на 0,061 мг/л ($P > 0,999$). При расчете коэффициентов корреляции были установлены слабые положительные и отрицательные взаимосвязи между содержанием в крови и молоке Zn и Pb. Выявленные количества токсичных элементов не превышали предельно допустимые концентрации, за исключением Pb в молоке коров ООО «ОПХ Солянское», содержание которого было незначительно выше гигиенической нормы (на 0,026 мг/л).

Ключевые слова: токсичный элемент; тяжелые металлы; Zn; Cd; Pb; молоко; кровь; корова; Красноярский край.

Сведения об авторах: Татьяна Вячеславовна Зазнобина¹, аспирант, научный сотрудник отдела разведения сельскохозяйственных животных, Ольга Валерьевна Иванова², доктор сельскохозяйственных наук, профессор РАН, директор.

Место работы: ^{1,2}Красноярский научно-исследовательский институт животноводства – обособленное подразделение ФИЦ КНЦ СО РАН.

Контактная информация: ^{1,2}660049, Россия, г. Красноярск, пр. Мира, д. 66, тел.: 8 (391) 227-15-89, ¹e-mail: tv-kulakova@mail.ru.

Введение

Одним из основных направлений экономической политики Российской Федерации в сфере обеспечения продовольственной безопасности является производство экологически чистых продуктов питания и защита потребителя (Медведская и др. 2009). Безопасными считаются продукты питания, не представляющие опасности организму человека и не оказывающие вредного воздействия на здоровье на-

стоящего и будущих поколений (Федеральный закон № 29-ФЗ).

Однако существует ряд угроз безопасности пищевой продукции, одной из которых является загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами.

Данная проблема актуальна как в нашей стране (Конотопчик 2013; Батманов 2017), так и за рубежом (Rahman et al. 2014; Nazir et al. 2017).

Попадание солей тяжелых металлов в природные экосистемы происходит, главным образом, из-за выхлопов автомобильного транспорта, выбросов сточных вод и отходов с промышленных предприятий, применения химических средств при сельскохозяйственных работах.

В результате антропогенной деятельности появляются территории, загрязненные различными токсикоэлементами; при этом получение безопасной с экологической точки зрения продукции становится затруднительным (Маменко и др. 2010).

Выброс тяжелых металлов в окружающую среду приводит к накоплению их через трофические цепи в организме животных.

Негативным последствием воздействия токсичных металлов, таких как цинк, кадмий, свинец, на организм животного является нарушение обменных процессов, возникновение патологических заболеваний (Darwish et al. 2015).

Основным индикатором, по которому можно судить о метаболизме живых организмов, является кровь (Mohajeri et al. 2014). Биохимические исследования крови животных позволяют выявить первые симптомы заболевания, не выраженные клинически, которые можно эффективно контролировать посредством проведения лечебных мероприятий (Мирошниченко и др. 2011).

Из организма животного экотоксиканты мигрируют в продукцию животноводства, в том числе в молоко (Гуркина и др. 2011; Федорович и др. 2013).

Находясь в молоке и молочных продуктах, токсичные вещества могут являться причиной пищевых отравлений, оказывать канцерогенный и мутагенный эффект на организм человека (Сульдина 2016; Лобков и др. 2017).

Основными мерами предупреждения отравления тяжелыми металлами является проведение мониторинга их содержания в получаемой продукции животноводства и контроль их концентраций в организме животных.

В связи с этим исследования по изучению содержания токсичных элементов в молоке и крови коров актуальны и имеют большое значение при получении экологически безопасной продукции.

Целью исследований являлось изучение содержания токсичных элементов Zn, Cd и Pb в молоке и крови коров.

Материал и методы исследований

Экспериментальные исследования проводились в двух сельскохозяйственных пред-

приятиях Красноярского края: ООО «Племзавод “Таежный” Сухобузимского района и ООО «ОПХ Солянокское» Рыбинского района согласно схеме исследований (рис. 1).

В каждом хозяйстве было выбрано по 6 голов коров черно-пестрой породы, у которых брали пробы молока и крови. Животных отбирали по методу сбалансированных групп с учетом возраста, живой массы, физиологического состояния.

Пробы молока для исследований брали во время проведения контрольного доения, кровь – до утреннего кормления животных из подвостовой вены с помощью системы вакуумного забора венозной крови PUTH Vacumine.

Исследование проб молока коров проводилось на атомно-абсорбционном спектрофотометре «Solaar серии S» согласно ГОСТ 30178-96 «Сырье и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод определения токсичных элементов» в аккредитованном испытательном центре КГКУ «Краевая ветеринарная лаборатория».

Сыворотку крови получали методом отстаивания цельной крови и ретракции кровяного сгустка с последующим центрифугированием с помощью лабораторной центрифуги «ULABUC-1412D» при 2000 об/мин в течение 10–15 мин. Исследование полученной сыворотки крови на содержание тяжелых металлов Zn, Cd, Pb проводили методом масс-спектрометрии на квадрупольном масс-анализаторе «Agilent 7900 ICP-MS» с индуктивно связанной плазмой в Центре коллективного пользования ФИЦ КНЦ СО РАН.

Полученные данные были обработаны методом вариационной статистики с расчетом статистических показателей и установлением достоверности разницы между сравниваемыми группами по таблице критических значений критерия достоверности Стьюдента.

Биометрическая обработка данных проводилась с помощью компьютерной программы «Пакет анализа для биометрической обработки зоотехнических данных в животноводстве» (Ефимова 2015).

Результаты исследований

В результате проведенных исследований было установлено, что в сыворотке крови коров в ООО «ОПХ Солянокское» содержание токсичных элементов ниже, чем у животных в ООО «Племзавод “Таежный”»: Zn – на 0,028 мг/л, или в 1,7 раз ($P > 0,95$), Cd – на 0,001 мг/л, или в 2 раза, Pb – на 0,013 мг/л, или в 7,5 раз (рис. 2).

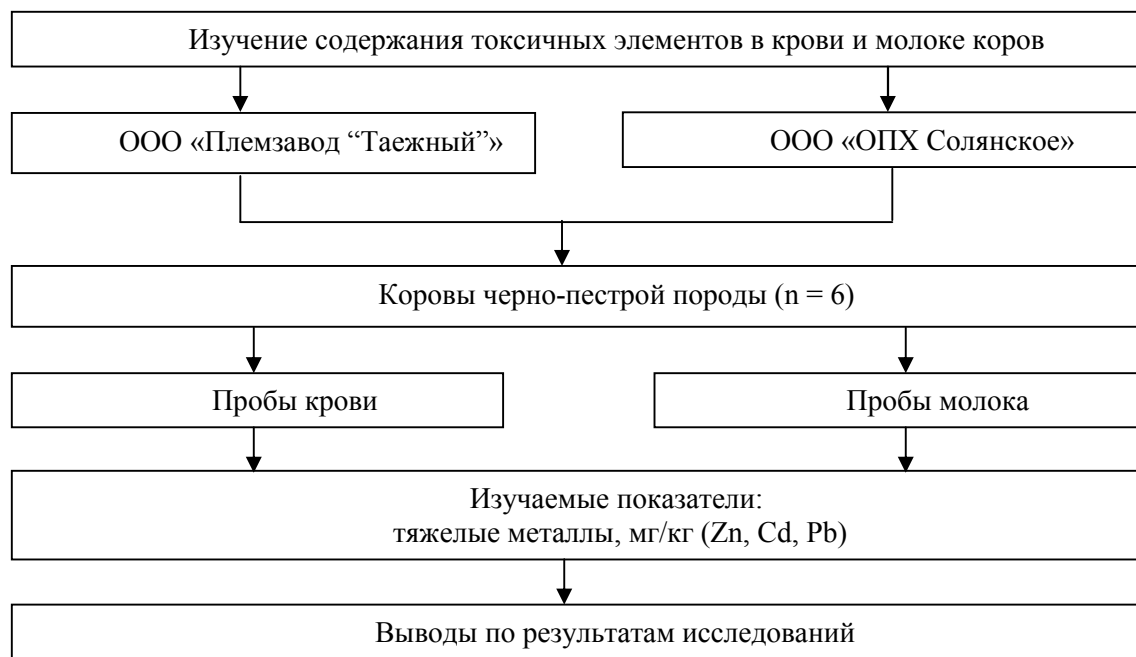


Рис. 1. Схема исследований

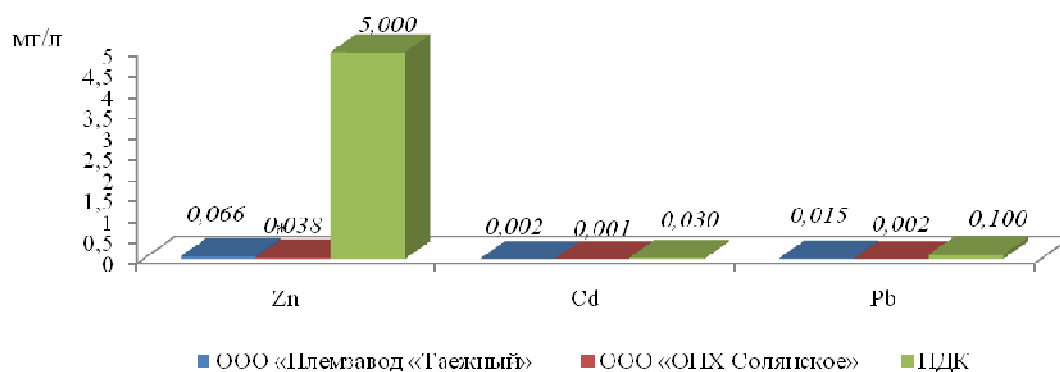


Рис. 2. Содержание тяжелых металлов в сыворотке крови коров

Анализ содержания токсичных элементов в молоке показал, что в молоке коров ООО «Племзавод «Тажный»» по сравнению с молоком, полученным от коров ООО «ОПХ Соляное», содержание Zn было меньше на

2,069 мг/л (в 1,8 раз), Cd – на 0,01 мг/л (в 11 раз) и Pb – на 0,061 мг/л (в 1,9 раз), при этом разница между животными оказалась достоверной при $P > 0,999$ (рис. 3).

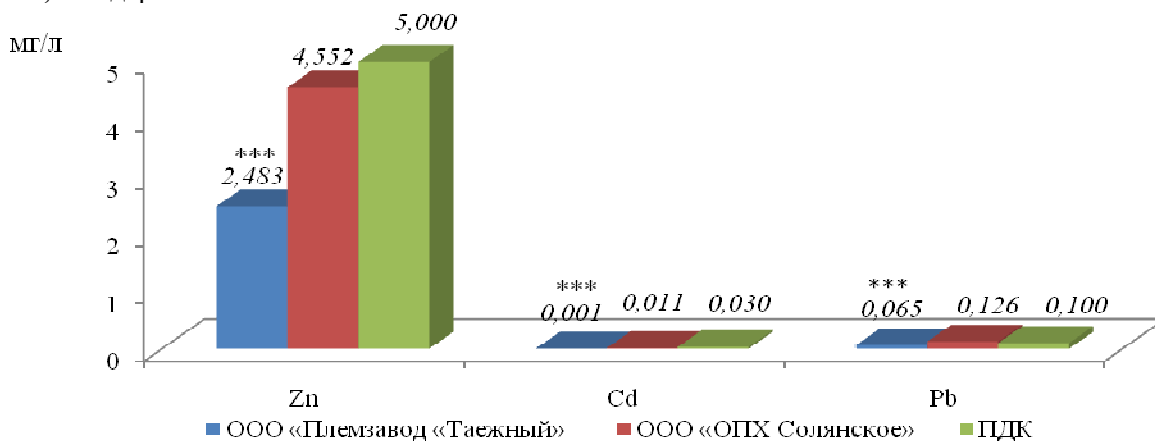


Рис. 3. Содержание тяжелых металлов в молоке коров

Концентрация тяжелых металлов в сыворотке крови и молоке коров не превышала предельно допустимых значений, установленных СанПиН 2.3.2.1078-01, за исключением содержания Рb в молоке коров ООО «ОПХ Солян-

ское», по которому превышение гигиенической нормы составило 0,026 мг/л.

Для установления взаимосвязей между содержанием токсичных элементов в крови и молоке были рассчитаны коэффициенты корреляции (см. табл.).

Таблица

Коэффициенты корреляции между содержанием токсичных элементов в крови и молоке коров

Коррелируемые показатели	Сельскохозяйственное предприятие	
	ООО «Племзавод «Тажный»»	ООО «ОПХ Солянское»
Zn в крови и Zn в молоке	0,342	-0,344
Cd в крови и Cd в молоке	-0,059	-0,083
Pb в крови и Pb в молоке	-0,500	0,311

Между содержанием Zn в крови и молоке коров ООО «Племзавод «Тажный»» были выявлены слабые положительные ($r = 0,342$), а в ООО «ОПХ Солянское» – отрицательные корреляции ($r = -0,344$); между содержанием Рb в крови и молоке коров ООО «Племзавод «Тажный»» установлены средние отрицательные ($r = -0,500$), в ООО «ОПХ Солянское» – положительные взаимосвязи ($r = 0,311$).

Полученные результаты вполне согласуются с мнением ученых К.П. Прокаш (1994) и В.В. Федорович (2013), которые утверждали, что существуют взаимосвязи высокой силы между содержанием в крови и молоке коров Cd и Рb и взаимосвязи высокой (Федорович и др. 2013) и средней (Прокаш 1994) силы между содержанием в крови и молоке Zn.

Вероятно, что наличие взаимосвязей противоположного направления в крови и молоке коров между содержанием Zn и Рb связано с состоянием здоровья коров, химическим составом и качеством кормов, биодоступности, метаболизма этих элементов и уровня витаминов, макро- и микроэлементов в организме животных.

Заключение

Таким образом, проведена оценка содержания токсичных элементов в крови и молоке коров в двух сельскохозяйственных предприятиях Красноярского края. При сравнении полученных показателей обнаружена наименьшая концентрация Zn, Cd и Рb в сыворотке крови коров в ООО «ОПХ Солянское» (0,038; 0,001; 0,002 мг/л) и в молоке коров в ООО «Племзавод «Тажный»» (2,433; 0,001; 0,064 мг/л). При этом выявленные количества токсичных элементов не превышали предельно допустимые концентрации, за исключением Рb в молоке коров ООО «ОПХ Солянское», содержание которого было незначительно выше гигиенической нормы на 0,026 мг/л.

ЛИТЕРАТУРА

- Батманов А. В. 2017. Аккумуляция тяжелых металлов интродуцированными сортами земляники садовой в условиях степной зоны Самарского Заволжья: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Усть-Кинельский.
- ГОСТ 30178-96. Сырье и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод определения токсичных элементов. Введ. 1998-01-01. М.: ИПК Изд-во стандартов, 1997.
- Гуркина Л. В., Лебедева М. Б. 2011. Анализ показателей безопасности молока коров Ивановской области // Вестник ветеринарии 4 (59), 110–111.
- Ефимова Л. В. 2015. Применение компьютерной программы «Пакет анализа для биометрической обработки зоотехнических данных» в животноводстве: методические указания / ФГБНУ Красноярский НИИЖ. Красноярск.
- Конотопчик Е. Е. 2013. Тяжелые металлы в пищевой продукции, реализуемой на территории Хабаровского края // Ученые заметки ТОГУ 4:2, 50–56.
- Лобков В. Ю., Ярлыков Н. Г., Еремеева А. Н. 2017. Оценка показателей безопасности молока коров в хозяйствах Ярославской области // Вестник АПК Верхневолжья 2(38), 27–32.
- Маменко А. М., Портянный С. В. 2010. Миграция тяжелых металлов в молоко коров в условиях загрязнения окружающей среды поллютантами и ксенобиотиками // Вестник УГСХА 2(12), 85–91.
- Мирошниченко О. Н., Глебова И. В. 2011. Анализ биохимических исследований и содержания тяжелых металлов в сыворотке крови и моче маток русской рысистой породы // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии 4, 58–60.
- Медведская Т. В., Субботин А. М., Маценович М. С. 2009. Экологическая безопасность при производстве животноводческой продукции: Учебно-методическое пособие. Витебск.
- Прокаш К. П. 1994. Влияние тяжелых металлов (Zn, Cu, Cd, Pb), содержащихся в кормах, на качество молока коров: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. М.

СанПиН 2.3.2.1078-01. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. Введ. 2002-09-01. 32 с.

Сулдына Т. И. 2016. Содержание тяжелых металлов в продуктах питания и их влияние на организм // Рациональное питание, пищевые добавки и биостимуляторы 1, 136–140.

Федеральный закон № 29-ФЗ «О качестве и безопасности пищевых продуктов» (с изменениями на 23 апреля 2018 г.). 2000. М.: Кодекс.

Федорович В. В., Сурацкий И. З., Бойко Е. В., Стадницкая О. И. 2013. Микроэлементы в молоке и крови коров украинской черно-пестрой молочной породы // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства 16 (2), 54–60.

Darwish W. S., Hussein M. A., El-Desoky K. I., Ikenaka Y., Nakayama S., Mizukawa H., Ishizuka M. 2015. Incidence and public health risk assessment of toxic metal residues (cadmium and lead) in Egyptian cattle and sheep meats // International Food Research Journal 22:4, 1719–1726.

Mohajeri G., Norouziyan M. A., Mohseni M., Afzalzadeh A. 2014. Changes in blood metals, hematology and hepatic enzyme activities in lactating cows reared in the vicinity of a lead–zinc smelter // Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology 92:6, 693–697.

Nazir R., Khan M., Masab M., Rehman H. U., Rauf N.U., Shahab S., Ameer N., Sajed M., Ullah M., Rafeeq M., Shaheen Z. 2015. Accumulation of heavy metals (Ni, Cu, Cd, Cr, Pb, Zn, Fe) in the soil, water and plants and analysis of physico-chemical parameters of soil and water collected from Tanda Dam kohat // J. Pharm. Sci. & Res 7(3), 89–97.

Rahman M. A., Rahman M. M., Reichman S. M., Lim R. P., Naidu R. 2014. Heavy metals in Australian grown and imported rice and vegetables on sale in Australia: Health hazard // Ecotoxicology and Environmental Safety 100(1), 53–60.

REFERENCES

Batmanov, A.V. Akkumuljacija tjazhelyh metallov introducirovannymi sortami zemljaniki sadovoj v uslovijah stepnoj zony Samarskogo Zavolzhyja: [Accumulation of heavy metals by introduced varieties of strawberry in the conditions of the steppe zone of the Samara Zavolzhye]: Author's abstract of thesis for Candidate Degree in agricultural sciences. Ust-Kinelskij, 2017. (In Russian).

GOST 30178-96. Raw materials and food products. Atomic absorption method for determination of toxic elements. Vved. 1998-01-01. Moscow: IPK Izdatelstvo standartov, 1997. (In Russian).

Gurkina, L.V., & Lebedeva M.B. Analiz pokazateley bezopasnosti moloka korov Ivanovskoy oblasti [Analysis of milk safety indicators for cows in the Ivanovo region]. In: Vestnik veterinarii, 2011 (4), issue 59, pp. 110–111. (In Russian).

Efimova, L.V. Primenenie kompjuternoj programmy “Paket analiza dlja biometricheskoj obrabotki zootehnicheskikh dannyh” v zhivotnovodstve: metod. Ukazaniya [Application of computer program “Analysis Package for Biometric Processing of Zootechnical Data” in animal husbandry: Methodological indications]. Krasnoyarsk: FGBNU Krasnojarskij NIIZh, 2015. (In Russian).

Konotopchik, E.E. Tyazhelye metally v pishchevoy produktsii, realizuyemoy na territorii Khabarovskogo kraja [Heavy metals in foodstuffs sold in the Khabarovsk Territory]. In: Uchenye zametki TOGU, 2013 (4), issue 2, pp. 50–56. (In Russian).

Lobkov, V.Yu. Otsenka pokazateley bezopasnosti moloka korov v khozyaystvakh Yaroslavskoy oblasti [Assessment of milk safety indicators of cows in farms of the Yaroslavl region]. In: Vestnik APK Verhnevolzhya, 2017 (2), issue 38, pp. 27–32. (In Russian).

Mamenko, A.M., & Portyannik, S.V. Migratsiya tyazhelykh metallov v moloko korov v usloviyakh zagryazneniya okruzhayushchey sredy pollyutantami i ksenobiotikami [Migration of heavy metals into cow milk in conditions of environmental pollution with contaminants and xenobiotics]. In: Vestnik UGSHA, 2010 (2), issue 12, pp. 85–91. (In Russian).

Miroshnichenko, O.N., & Glebova, I.V. Analiz biokhimicheskikh issledovaniy i sodержaniya tyazhelykh metallov v syvorotke krovi i moche matok russkoy rystoy porody [Analysis of biochemical studies and content of heavy metals in serum and urine of Russian Trotter dams]. In: Vestnik Kurskoj GSHA, 2011 (4), pp. 58–60. (In Russian).

Medvedskaya, T.V., Subbotin, A.M., & Matsinovich, M.S. Ekologicheskaja bezopasnost pri proizvodstve zhivotnovodcheskoj produkcii [Environmental safety in the production of livestock products]. Vitebsk, 2009. (In Russian).

Prokash, K.P. Vlijanie tjazhelyh metallov (Zn, Cu, Cd, Pb), sodержashhihsja v kormah, na kachestvo moloka korov [Effect of heavy metals (Zn, Cu, Cd, Pb) contained in feed on cow milk quality]: Author's abstract of thesis for Candidate Degree in agricultural sciences. Moscow, 1994. (In Russian).

СанПиН 2.3.2.1078-01. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов [Hygienic requirements of food safety and nutritional value]. Enacted on September 1, 2002. (In Russian).

Сулдына, Т.И. Содержание тяжелых металлов в продуктах питания и их влияние на организм [Content of heavy metals in food and their effects on the body]. In: Racionalnoe pitanie, pishhevye dobavki i biostimulyatory, 2016(1), pp. 136–140. (In Russian).

Federal Law of the Russian Federation No. 29-FZ dated January 2, 2000 “On quality and safety of food products”. (In Russian).

Fedorovich, V.V., Sirackij, I.Z., Bojko, E.V., & Stadnickaja, O.I. Mikroelementy v moloche i krvi korov ukrainskoy cherno-pestroy molochnoy porody [Trace elements in milk and blood of cows of Ukrainian black-and-white dairy breed]. In: Aktualnye problemy intensivnogo razvitija zhivotnovodstva, 2013 (16), issue 2, pp. 54–60. (In Russian).

Darwish, W.S., Hussein, M.A., El-Desoky, K.I., Ikenaka, Y., Nakayama, S., Mizukawa, H., & Ishizuka, M. Incidence and public health risk assessment of toxic metal residues (cadmium and lead) in Egyptian cattle and sheep meats. In: International Food Research Journal, 2015 (22), issue 4, pp. 1719–1726.

Mohajeri, G., Norouziyan, M.A., Mohseni, M., & Afzalzadeh, A. Changes in blood metals, hematology and hepatic enzyme activities in lactating cows reared in the vicinity of a lead–zinc smelter. In: Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 2014 (92), issue 6, pp. 693–697.

Nazir, R., Khan, M., Masab, M., Rehman, H.U., Rauf, N.U., Shahab, S., Ameer, N., Sajed, M., Ullah, M., Raffiq, M., & Shaheen, Z. Accumulation of heavy metals (Ni, Cu, Cd, Cr, Pb, Zn, Fe) in the soil, water and plants and analysis of physico-chemical parameters of soil and water collected from Tanda Dam kohat. In: Journal of Pharmaceutical Sciences and Research, 2015 (7), issue 3, pp. 89–97.

Rahman, M.A., Rahman, M.M., Reichman, S.M., Lim, R.P., & Naidu, R. Heavy metals in Australian grown and imported rice and vegetables on sale in Australia: Health hazard. In: Ecotoxicology and Environmental Safety, 2014 (100), pp. 53–60.

T.V. Zaznobina, O.V. Ivanova
Krasnoyarsk, Russia

TOXIC ELEMENTS CONTENT ANALYSIS OF BLOOD AND MILK OF COWS

Abstract. Currently, one of the main economic policies of the Russian Federation in the field of food security is production of safe food and consumer protection. The aim of the research was to study the content of such toxic elements as Zn, Cd and Pb in milk and blood of cows. Experimental studies were carried out at stud farms Plemzavod Tayozhny LLC in Suhobuzimsky District and OPH Solyanskoe LLC in Rybinsk District, Krasnoyarsk Krai, Russian Federation. The milk samples were studied by atomic absorption method; the blood serum samples, by mass spectrometry. Blood serum samples were obtained by sedimentation of whole blood and retraction of the blood clot followed by centrifugation. The obtained data were processed by the method of variation statistics with the calculation of statistical indicators. The lowest contents of Zn, Cd and Pb were found in blood serum of the cows of OPH Solyanskoe LLC; it was 0.038, 0.001, and 0.002 mg/l, respectively. The milk samples collected at Plemzavod Tayozhny LLC contained less heavy metals than those collected at OPH Solyanskoe LLC: Zn by 2.069 mg/l, Cd by 0.01 mg/l, and Pb by 0.061 mg/l ($P > 0.999$). When calculating the correlation coefficients, weak positive and negative correlations were established between Zn and Pb content in blood and milk. The detected amounts of toxic elements did not exceed the maximum permissible concentrations, except for Pb content in milk sampled at OPH Solyanskoe LLC, which was higher than the standard content by 0.026 mg/l.

Keywords: toxic element; heavy metal; Zinc; Cadmium; Plumbum; milk; blood; cow; Krasnoyarsk Krai.

About the authors: Tatyana Vyacheslavovna Zaznobina, Postgraduate Student, Researcher at the Department of Farm Animal Breeding; Olga Valeryevna Ivanova, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Russian Academy of Sciences, Director.

Place of employment: Krasnoyarsk Scientific-Research Institute of Animal Husbandry – Division of Federal Research Center “Krasnoyarsk Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences”.

Зазнобина Т.В., Иванова О.В. Анализ содержания токсичных элементов в крови и молоке коров // Вестник Нижневартского государственного университета. 2019. № 2. С. 92–97.

Zaznobina T.V., Ivanova O.V. Toxic elements content analysis of blood and milk of cows // Bulletin of Nizhnevartovsk State University. 2019. No. 2. P. 92–97.

ЭКОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА

УДК 612.176

*И.А. Погоньшева, Д.А. Погоньшев, И.И. Луняк
г. Нижневартовск, Россия*

ПОКАЗАТЕЛИ ДИСПЕРСИОННОГО КАРТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММЫ У СТУДЕНТОВ СЕВЕРНОГО ВУЗА

Аннотация. Проведена оценка текущего функционального состояния сердца молодых людей, родившихся и постоянно проживающих на территории, приравненной к регионам Крайнего Севера. С применением компьютерного скрининг-анализатора КардиоВизор-06с, позволяющего на доклиническом уровне выявлять дисфункции сердечно-сосудистой системы, были обследованы студенты Нижневартовского государственного университета в количестве 132 человек. После проведенного анкетирования на выявление факторов риска заболеваний сердечно-сосудистой системы были сформированы 2 группы студентов: с низким и высоким уровнем риска развития кардиопатологии. Анализ показателей дисперсионного картирования ЭКГ во время пробы с физической нагрузкой выявил ухудшение функционального состояния миокарда, более выраженное у студентов с высоким уровнем риска развития заболеваний сердечно-сосудистой системы. Юношам и девушкам с предпатологическими характеристиками показателей электрофизиологической детализации предложено пройти дополнительное обследование и получить консультацию кардиолога.

Ключевые слова: студенты; сердечно-сосудистая система; скрининг-анализатор КардиоВизор-06с; дисперсионное картирование; преморбидные состояния.

Сведения об авторах: Ирина Александровна Погоньшева¹, кандидат биологических наук, доцент; Денис Александрович Погоньшев², кандидат биологических наук, доцент; Инна Игоревна Луняк³, аспирант кафедры экологии.

Место работы: ^{1,2,3}Нижневартовский государственный университет.

Контактная информация: ^{1,2,3}628605, Россия, г. Нижневартовск, ул. Ленина, д. 56; ¹e-mail: severina.i@bk.ru; ²e-mail: d.pogonyshv@mail.ru; ³e-mail: luniak_inna@mail.ru.

Введение

В настоящее время не теряют актуальности исследования проблемы поддержания оптимального уровня здоровья, улучшения адаптационных возможностей юношей и девушек, проживающих и обучающихся в экстремальных и гипоккомфортных условиях, которые характерны для северных территорий. Значимым направлением в этой области является исследование деятельности сердечно-сосудистой системы (ССС), для параметров которой характерна высокая реактивность и важная роль в осуществлении адаптационных механизмов организма человека.

Дисфункции системы органов кровообращения относятся к основным детерминантам, которые приводят к инвалидности и смертности людей, в том числе и молодежи. В России от заболеваний сердечно-сосудистой системы ежегодно умирает более 500 000 человек, что составляет 55% от общего числа умерших. Согласно литературным данным и последним публикациям, артериальная гипертензия (АГ) – наиболее распространенное сердечно-сосудистое заболевание. В настоящее время артери-

альную гипертензию считают эпидемией национального масштаба, доминирующей дисфункцией в структуре сердечно-сосудистой патологии (Горшков-Кантакузен 2017; Баглушкина 2014). В последнее время наблюдается отчетливая тенденция «омоложения» заболеваний сердечно-сосудистой системы, в первую очередь это касается АГ, которая все чаще регистрируется у подрастающего поколения. В.И. Хаснулин (2011) акцентирует внимание на проблеме значительного омоложения и быстрого прогрессирования артериальной гипертензии у северян под воздействием дискомфортных факторов окружающей среды (Хаснулин, Хаснулин 2011). Согласно результатам исследований В.И. Давиденко (1996), В.И. Хаснулина (2000), развитие дисфункций сердечно-сосудистой системы на Севере связано со значимым уменьшением функциональных резервов системы кровообращения вследствие снижения адаптационно-восстановительного потенциала. Климатогеофизические условия северных территорий предрасполагают к гипертензивным состояниям и способствуют формированию АГ уже в молодом трудоспособном возрасте (Давиденко 1996; Хаснулин и др. 2000).

Заболевания системы органов кровообращения могут иметь бессимптомное течение, длительное время оставаясь незамеченными, увеличивая риск жизнеугрожающих состояний организма. Для решения этой проблемы требуется применение методов ранней диагностики преморбидных состояний сердечно-сосудистой системы (Погонышева, Погонышев 2017а; Погонышева и др. 2018b). В национальных рекомендациях по профилактике заболеваний системы органов кровообращения, разработанных Комитетом экспертов Всероссийского научного общества кардиологов, к детерминантам развития сердечно-сосудистых заболеваний относятся: курение, гиподинамия, избыточная масса тела и ожирение, повышенное артериальное давление (АД), хронический стресс, дислипидемия, низкое потребление овощей и фруктов, наследственная предрасположенность (Национальные... 2017). Согласно опубликованным результатам исследований, в группах студенческой молодежи достаточно часто обнаруживаются доказанные факторы риска развития кардиопатологии (Евсевьева и др. 2011). Таким образом, исследование деятельности сердечно-сосудистой системы юношей и девушек, проживающих и обучающихся в условиях Севера, выявление факторов риска развития кардиопатологии является достаточно актуальным.

Цель исследования – превентивная оценка текущего функционального состояния сердца студентов, выявление преморбидных состояний сердечно-сосудистой системы.

Материалы и методы

На первом этапе исследования на добровольной основе был проведен анонимный анкетный опрос студентов для выявления факторов риска заболеваний сердечно-сосудистой системы. Анкета составлена с учетом материалов, включенных в национальные рекомендации по кардиоваскулярной профилактике 2017 г., где отражены основные модифицируемые и не модифицируемые факторы риска заболеваний ССС (Национальные... 2017). Исследование проводилось с соблюдением этических норм, изложенных в Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации «Этические принципы медицинских исследований с участием человека в качестве субъекта» (Хельсинкская декларация ... 2013). После проведенного анализа анкет были сформированы 2 группы студентов. Первая группа включала 97 студентов, средний возраст $21,2 \pm 0,5$ года, вторая группа – 35 студентов, средний возраст $22,7 \pm 0,3$ года. В первую группу вошли юноши

и девушки с низким уровнем риска развития заболеваний ССС (некурящие, с нормальными значениями АД, преимущественно с ИМТ $< 24,9$, наследственная предрасположенность встречалась в 22,7% случаев). Во вторую группу – студенты с множественными факторами риска развития кардиопатологии (курящие, преимущественно с высокими значениями ИМТ ($> 24,9$), преимущественно с высоким нормальным ($130-139$ мм рт. ст.) или повышенным АД ($\geq 140/90$ мм рт. ст.), с недостатком физической активности, наследственная предрасположенность к заболеваниям ССС встречалась в 82,9% случаев) (см. рисунок). Во второй группе на 100 обследованных приходилось 362,8 факторов риска развития кардиопатологии, в первой группе этот показатель был равен 61,8.

Повышенное артериальное давление – это ведущий фактор риска сердечно-сосудистых заболеваний. Для оценки офисного АД использовали классификацию, рекомендованную экспертами Российского кардиологического общества (2017), повышенным считалось АД $\geq 140/90$ мм рт. ст. при двукратном измерении (Национальные... 2017). К курящим относили студентов, выкуривающих 1 и более сигарет в день или бросивших курить менее 1 года назад.

Оценка функционального состояния сердца студентов с последующим дисперсионным анализом проведена с использованием компьютерного анализатора «КардиоВизор-Обс» (система скрининга сердца компьютерная «Кардиовизор», регистрационный № ФСР 2007/00155 от 16.07.2007. Производитель – ООО «Медицинские компьютерные системы», г. Москва, Зеленоград), предназначенного для экспресс-оценки состояния сердца по ЭКГ-сигналам от конечностей обследуемого. Принцип действия прибора основан на методе дисперсионного картирования электрокардиограммы (ЭКГ). Карта дисперсионных характеристик в приборе «Кардиовизор-Обс» проецируется на поверхность компьютерной трехмерной анатомической модели сердца, так называемый «портрет сердца» или квазиэпикард. Зеленым цветом обозначают области нормального распределения дисперсионных отклонений. При отклонении от нормативных значений цвет в области изменений меняется на желтый или оттенки красного. Чем больше площадь этих областей, тем больше отклонение от нормы (Использование... 2004; Кательницкая и др. 2008; Программное... 2006).

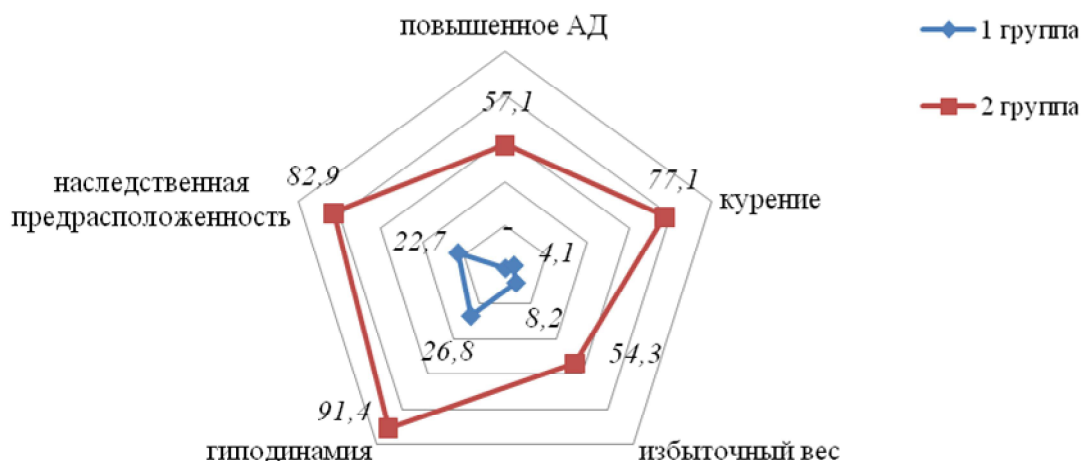


Рис. Распространенность факторов риска развития кардиопатологии у студентов (на 100 обследованных)

При анализе дисперсионной карты использовались следующие показатели: «миокард» (или индекс электрофизиологических изменений миокарда), «ритм», показатели электрофизиологической детализации (G1-G9).

Интегральный показатель «миокард» изменяется в диапазоне от 0 до 100% и отражает среднюю величину амплитуды микроколебаний электрокардиограммы. Индикатор «миокард», равный 0%, свидетельствует об отсутствии значимых отклонений от нормативных значений. Показатель «миокард», приближающийся к 100%, говорит о наличии патологических процессов. Значения «миокарда» менее 15% (при условии, если показатели G стремятся к нулю) входят в коридор нормативных значений, в диапазоне от 15 до 25% (пограничное состояние) свидетельствуют о возможных дисфункциях, напряжении в деятельности сердца; индикатор более 25% говорит о значимой патологии. Дисперсионные характеристики в программе прибора рассчитываются по 9 анализируемым группам отклонений (G1-G9). Показатели электрофизиологической детализации («код детализации») характеризуют: степень выраженности и локализацию электрофизиологических дисфункций в миокарде предсердий и желудочков в фазе деполяризации и реполяризации (G1-G7), наличие внутрижелудочковых блокад (G8), признаки гипертрофии левого желудочка (G9). Показатели G1-G9 больше 1 указывают на наличие и степень проявления электрофизиологических нарушений в миокарде, равные или близкие к нулю, говорят об отсутствии дисфункций. Наиболее значимыми явля-

ются следующие индексы ишемии миокарда: G3, G4, G7. Одновременное увеличение индексов G7 и G9 свидетельствует о гипоксии миокарда (Использование... 2004; Кательническая 2008; Программное... 2006).

В качестве дополнительного параметра диагностики оценивался тонус вегетативной нервной системы по показателю «ритм», который является аналогом показателя variability ритма по Р.М. Баевскому. Если симпатические и парасимпатические влияния оптимально сбалансированы, то показатель «ритм» находится в диапазоне от 0 до 20%. При наличии вегетативных дисфункций или напряжения регуляторных систем этот индикатор имеет величину более 20%. Значения индекса «ритм» выше 80% соответствуют значимым изменениям характеристик variability R-R – интервалов, свидетельствующих о выраженной аритмии (Программное... 2006).

Статистическая обработка результатов исследования проведена с использованием программы Statistica-8. Использовались следующие выборочные характеристики: среднее значение (M), стандартная ошибка среднего (m). Значимые отличия основных интегральных показателей оценивались по t-критерию Стьюдента, при условии нормального распределения исходных значений. Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение

На момент обследования, несмотря на разный уровень риска появления кардиопатологии в исследуемых группах, самочувствие всех студентов было хорошим, жалобы на со-

стояние здоровья не предъявлялись, диагностированные врачом заболевания ССС не отмечены. У всех юношей и девушек получено добровольное согласие на проведение диагностики. Средние значения интегральных показателей «миокард» и «ритм» представлены в таблице 1.

Показатели «Миокард» в 1 и во 2 группах находились в пределах нормативных значений и составили, соответственно, $12,3 \pm 0,8\%$ и $14,3 \pm 0,5\%$. Значимых различий в покое выявлено не было. Для диагностики скрытых дисфункций, определения реакции сердечно-сосудистой системы на дополнительную нагрузку проведены функциональные пробы. Физическая нагрузка (ФН) является естественным

видом провокации, позволяющим оценить эффективность адаптационных механизмов организма, а при наличии скрытой патологии – степень функциональной неполноценности сердечно-сосудистой системы (Толстоброва и др. 2014). Студентам было предложено выполнить умеренную ФН (20 приседаний за 30 с). У обследуемых 1 группы показатель «Миокард» не выходил из коридора нормативных значений и соответствовал $13,5 \pm 0,4\%$ после нагрузки и $12,8 \pm 0,6\%$ через 3 мин восстановительного периода. За норму принимали достижение исходных значений интегрального индикатора «Миокард» через 3 мин после нагрузки (табл. 1).

Таблица 1

Значения показателей «миокард» и «ритм» в группах студентов, (M±m)

Показатели, %	1 группа			2 группа		
	в покое	после ФН	восстановительный период	в покое	после ФН	восстановительный период
Миокард	$12,3 \pm 0,8$	$13,5 \pm 0,4$	$12,8 \pm 0,6$	$14,3 \pm 0,5$	$17,9 \pm 0,8^{\square}$	$16,2 \pm 0,9$
Ритм	$17,5 \pm 1,2$	$20,3 \pm 2,5$	$17,9 \pm 2,1$	$19,5 \pm 1,4$	$45,3 \pm 2,3^{\square}$	$36,4 \pm 1,2^{\square}$

Примечание: \square значимые различия между группами, $p < 0,05$.

Индикатор «Миокард» сразу после физической нагрузки (ФН) и через 3 мин восстановительного периода у студентов 2 группы был значимо выше и составил $17,9 \pm 0,8\%$ и $16,2 \pm 0,9\%$, соответственно ($p < 0,05$), что может свидетельствовать о существовании доклинических изменений в сердечной мышце (табл. 1).

При фоновом обследовании средние значения индикатора «Ритм» у студентов 1 и 2 групп находились в пределах нормативных значений и составили, соответственно, $17,5 \pm 1,2\%$ и $19,5 \pm 1,4\%$, значимых отличий выявлено не было. Индикатор «Ритм» у обследуемых 1 группы после нагрузочной пробы составил $20,4 \pm 2,5\%$, отклоняясь от исходного значения ($17,5 \pm 1,2\%$) на $2,9\%$, не превышая границы нормы. У студентов 2 группы индикатор был значимо выше – $45,3 \pm 2,3\%$ ($p < 0,05$), отклоняясь от исходного показателя ($19,5 \pm 1,4\%$) на $25,8\%$ (табл. 1).

Интегральный критерий «Миокард» менее 15% , свидетельствующий об отсутствии

патологических изменений, был отмечен у $87,6\%$ студентов группы с низким уровнем риска развития заболеваний ССС, «портрет сердца» характеризовался преобладанием зеленых тонов. Напряжение в деятельности сердца (показатель «Миокард» от 15 до 25%) наблюдалось у $12,4\%$ обследуемых. Значимых дисфункций («Миокард» более 25%), отмеченных на мониторе преобладанием красных тонов, у студентов 1 группы выявлено не было (табл. 2).

Индекс «Миокард», не превышающий 15% , позволяющий говорить о нормальной деятельности сердца, был выявлен у $11,4\%$ студентов группы с высоким уровнем риска развития заболеваний ССС, на мониторе «портрет сердца» окрашивался зеленым цветом. Умеренные изменения миокарда, возможные преморбидные нарушения в работе сердца отмечены у $57,2\%$ обследуемых, у $31,4\%$ студентов 2 группы были выявлены значимые дисфункции, «портрет сердца» характеризовался преобладанием красных тонов.

Таблица 2

Распределение основных интегральных показателей дисперсионного картирования в группах студентов, %

Показатели, %		1 группа	2 группа
Миокард	Менее 15%	87,6	11,4
	От 15 до 25%	12,4	57,2
	Более 25%	–	31,4
Ритм	От 0 до 20%	81,4	20
	Более 20%	18,6	80
	Более 70%	–	–

Показатели индикатора «Ритм» в пределах нормы были отмечены у 81,4% студентов 1 группы и 20% их ровесников 2 группы. Признаки напряжения регуляторных систем организма были выявлены у 18,6% молодых людей 1 группы и 80% обследуемых 2 группы. По результатам исследования вегетативные дисфункции наблюдались в обеих группах, но у юношей и девушек из группы с низким уровнем риска развития заболеваний ССС встречаемость вегетативных нарушений была выражена в меньшей степени (табл. 2).

По индикатору «Код детализации» были выявлены незначительные отклонения параметров G1 и G2, характеризующих процессы деполяризации правого и левого предсердий, которые встречались у 7,2% студентов 1 группы и 34,3% обследуемых 2 группы. Нарушение реполяризации миокарда желудочков, которое характеризуют показатели G5 и G6, отмечено у 22,8% студентов группы с высоким уровнем риска развития заболеваний ССС, чаще всего это состояние – следствие хронического перенапряжения сердечно-сосудистой системы. У студентов 1 группы эти отклонения не наблюдались. Увеличение значений G5 и G6 также может свидетельствовать о недостаточной оксигенации миокарда. Отклонения в дисперсиях, показывающих наличие внутрижелудочковых блокад (G8) у обследуемых не встречались. Показатель G9 является наиболее чувствительным индикатором преморбидных и патологических реакций миокарда желудочков, его увеличение характеризует нарушения процесса деполяризации миокарда. $G9 > 0$ был выявлен у 14,2% студентов 2 группы. Такая ситуация может наблюдаться как при гипертрофии, так и при

ишемии миокарда левого желудочка. Одновременно повышенные значения индекса «Миокард» и показателей G1–G9, свидетельствующие о выраженных электрофизиологических отклонениях, были выявлены у 11,4% обследуемых 2 группы.

Заключение

Дисперсионные изменения электрокардиограммы позволили выявить преморбидные состояния и провести сравнительную оценку функциональной активности миокарда студентов. При фоновом обследовании средние значения интегральных показателей у студентов обеих групп находились в пределах нормативных значений. Анализ показателей дисперсионного картирования ЭКГ во время пробы с физической нагрузкой выявил ухудшение функционального состояния миокарда, более выраженное у студентов с множественными факторами риска развития кардиопатологии. Увеличение индикатора «Миокард» ($> 25\%$) во время нагрузочной пробы свидетельствует о наличии доклинических изменений в сердечной мышце у студентов с высоким уровнем риска развития заболеваний ССС. Применение неинвазивного мониторинга микроальтернаций ЭКГ способствует выявлению ранних неблагоприятных изменений в деятельности сердца. Студентам с преморбидными характеристиками «кода детализации» необходимо дополнительное обследование и консультация кардиолога. Требуется дальнейший контроль за динамикой состояния сердечно-сосудистой системы молодых людей с высоким уровнем риска развития дисфункций.

ЛИТЕРАТУРА

- Баглушкина С. Ю. 2014. Гигиеническая оценка факторов риска артериальной гипертензии у взрослого населения: Дис. ... канд. мед. наук. Иркутск.
- Горшков-Кантакузен В. А. 2017. Артериальная гипертензия: эпидемия национального масштаба // Мультидисциплинарный больной: Сб. материалов I Всероссийской конференции молодых терапевтов. М.: ООО «КСТ Интерфорум», 26.
- Давиденко В. И. 1996. Функциональный резерв сердечно-сосудистой системы при адаптации и патологии человека на Крайнем Севере и в Антарктиде: Автореф. дис. ... д-ра мед. наук. Новосибирск.
- Евсевьева М. Е., Никулина Г. П., Сергеева О. В., Батурина М. В., Ростовцева М. В., Найманова З. Н., Подушинский А. Ю. 2011. О корреляционных взаимосвязях некоторых факторов сердечно-сосудистого риска и дисрегуляции артериального давления у лиц молодого возраста // Кардиоваскулярная терапия и профилактика 10 (2), 41–46.
- Использование прибора «КардиоВизор-06с» для скрининговых обследований. Метод дисперсионного картирования. 2004. М.
- Кательническая Л. И., Глова С. Е., Хаишева Л. А., Браженский В. Н. 2008. Неинвазивные методы скрининговой диагностики хронических неинфекционных заболеваний. Ростов н/Д.
- Национальные рекомендации «Кардиоваскулярная профилактика 2017». URL: www.cardioprevent.ru/downloads.pdf (2019. 10 апр.).
- Погоньшева И. А., Погоньшев Д. А. 2017а. Функциональное состояние сердца студентов, занимающихся спортом в условиях Севера // Теория и практика физической культуры 6, 99–101.

Погоньшева И. А., Погоньшев Д. А., Куртукова Н. В. 2018b. Электрофизиологические свойства миокарда юношей и девушек, занимающихся физической культурой и спортом без профессионального контроля // Теория и практика физической культуры 6, 29–31.

Программное обеспечение для скрининговых исследований сердца КардиоВизор-06с: Руководство пользователя. Медицинские компьютерные системы. URL: www.mks.ru/netcat_files.pdf (2017. 10 апр.).

Толстоброва Г. В., Валова Л. С., Щербакова Н. В., Симаков В. П. 2014. Опыт применения велоэргометрии при выявлении скрытой коронарной недостаточности // Здоровье. Медицинская экология. Наука 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/opyt-primeneniya-veloergometrii-pri-vyyavlenii-skrityoy-koronarnoy-nedostatochnosti> (2019. 10 апр.).

Хаснулин В. И., Хаснулин П. В. 2011а. Артериальная гипертензия на Севере // Проблемы здравоохранения и социального развития Арктической зоны России. М.

Хаснулин В. И., Шургая А. М., Хаснулина А. В., Севостьянова Е. В. 2000b. Кардиометеопатии на Севере. Новосибирск: СО РАМН.

Хельсинкская декларация Всемирной медицинской ассоциации. «Этические принципы проведения медицинских исследований с участием человека в качестве субъекта. 1964 г.» (с изм. и доп. от октября 2013 г.). URL: www.consultant.ru/cons/cgi/online (2017. 17 апр.).

REFERENCES

Baglushkina, S.Yu. Gigienicheskaya otsenka faktorov riska arterialnoj gipertenzii u vzroslogo naseleniya [Hygienic assessment of risk factors for arterial hypertension in the adult population]: Author's abstract of thesis for Candidate Degree in medical sciences]. Irkutsk, 2014. (In Russian).

Gorshkov-Cantacuzene, V.A. Arterialnaya gipertenziya: epidemiya natsionalnogo masshtaba [Hypertension: A national epidemic]. In: Multidisciplinarnyj bolnoj: sbornik materialov I Vserossijskoj konferencii molodyh terapevtov [Multidisciplinary patient: Proceedings of the 1st All-Russian Conference of Young Therapists]. Moscow, 2017, p. 26. (In Russian).

Davidenko, V.I. Funkcionalnyj rezerv serdechno-sosudistoj sistemy pri adaptatsii i patologii cheloveka na Krajnem Severe i v Antarktide [Functional reserve of the cardiovascular system in the adaptation and pathology of humans in the Far North and Antarctica]: Author's abstract of thesis for Candidate Degree in medical sciences. Novosibirsk, 1996. (In Russian).

Evseveva, M.E., Nikulina, G.P., Sergeeva, O.V., Baturina, M.V., Rostovtseva, M.V., Naymanova Z.N., & Podushinsky, A.Yu. O korrelyatsionnykh vzaimosvyazyakh nekotorykh faktorov serdechno-sosudistogo riska i disregulyatsii arterialnogo davleniya u lits molodogo vozrasta [On the correlational interrelations of some factors of heart vascular risk and blood pressure dysregulation in young people]. In: Kardiovaskulyarnaya terapiya i profilaktika, 2011 (10), pp. 41–46. (In Russian).

Medical Computer Systems. Ispolzovanie pribora «KardioVizor-06s» dlya skringovykh obsledovanij. Metod dispersionnogo kartirovaniya [Using CardioVisor-06c device for screening. Dispersion mapping method]. Moscow, 2004. (In Russian).

Katelnitskaya, L.I., Glova, S.E., Haisheva, L.A., & Brazhensky, V.N. Neinvazivnye metody skringovoi diagnostiki hronicheskikh neinfekcionnykh zabolevanii [Non-invasive methods of screening for chronic non-infectious diseases]. Rostov-na-Donu, 2008. (In Russian).

Natsionalnye rekomendacii “Kardiovaskulyarnaya profilaktika 2017” [National Recommendations “Cardiovascular Prevention 2017”]. Moscow, 2017. Retrieved on April 10, 2019 from: <http://www.cardioprevent.ru/downloads/c5m3i1917/.pdf> (In Russian).

Pogonyshcheva, I.A., & Pogonyshchev, D.A. Funktsionalnoye sostoyaniye serdtsa studentov, zanimayushchikhsya sportom v usloviyakh Severa [Functional state of heart in students involved in sports in the North]. In: Teoriya i praktika fizicheskoy kultury, 2017 (6), pp. 99–101. (In Russian).

Pogonyshcheva, I.A., Pogonyshchev, D.A., & Kurtukova, N.V. Elektrofiziologicheskiye svoystva miokarda yunoshey i devushek, zanimayushchikhsya fizicheskoy kulturoy i sportom bez professionalnogo kontrolya [Electrophysiological properties of myocardium in young males and females involved in physical culture and sports without professional supervision]. In: Teoriya i praktika fizicheskoy kultury, 2018 (6), pp. 29–31. (In Russian).

Medical Computer Systems. Programmnoe obespechenie dlya skringovykh issledovanij serdtsa KardioVizor-06s: Rukovodstvo polzovatelya. [User Guide to CardioVisor-06c software for screening examinations of heart]. 2006. Retrieved on April 10, 2019 from: http://www.mks.ru/netcat_files/209_32.pdf (In Russian).

Tolstobrova, G.V., Valova, L.S., Shcherbakova, N.V., & Simakov, V.P. Opyt primeneniya veloergometrii pri vyyavlenii skrytoy koronarnoy nedostatochnosti [Experience of application of the veloergometry of buried coronary insufficiency indentifying]. In: Zdorove. Medicinskaya ekologiya. Nauka, 2014 (1), pp. 19–22. (In Russian).

Hasnulin, V.I., & Hasnulin, P.V. Arterialnaya gipertenziya na Severe [Arterial hypertension in the North]. In: Problemy zdavoohraneniya i socialnogo razvitiya Arkticheskoy zony Rossii [Health problems and social development of the Russian Arctic]. Ed. by G.N. Degteva. Moscow: Paulsen, 2011. (In Russian).

Hasnulin, V.I., Shurgaya, A.M., Hasnulina, A.V., & Sevostyanova, E.V. Kardiometeopatii na Severe [Cardiological issues caused by meteorological conditions of the North]. Novosibirsk: SO RAMN, 2000. (In Russian).

World Medical Association. Declaration of Helsinki: Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects. Russian Edition. 1964. Retrieved on April 10, 2019 from: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online> (Accessed on 10.04.2018). (In Russian).

*I.A. Pogonysheva, D.A. Pogonyshv, I.I. Lunyak
Nizhnevartovsk, Russia*

PARAMETERS OF ECG DISPERSION MAPPING AMONG STUDENTS OF NORTHERN UNIVERSITY

Abstract. The cardiac activity of students who have been born and live in the territory equated to regions of Far North was assessed. In total, 132 students of Nizhnevartovsk State University were examined using the CardioVisor-06c analyser that helps to diagnose dysfunctions of the cardiovascular system at preclinical level. The authors conducted a questionnaire survey to identify risk factors associated with cardiovascular diseases in students and analyzed the results of ECG dispersion mapping. The deterioration of the functional state of the myocardium was more pronounced among students with a high risk of developing cardiovascular diseases. The young men and women with pre-pathological characteristics of electrophysiological indicators were referred for additional examination and cardiology consultation.

Keywords: student; cardiovascular system; screening analyser CardioVisor-06c; dispersion mapping; premorbid conditions.

About the authors: Irina Aleksandrovna Pogonysheva, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor at the Department of Ecology; Denis Aleksandrovich Pogonyshv, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor at the Department of Ecology; Inna Igorevna Lunyak, Postgraduate Student at the Department of Ecology.

Place of employment: Nizhnevartovsk State University.

Погоньшева И.А., Погоньшев Д.А., Лунык И.И. Показатели дисперсионного картирования электрокардиограммы у студентов северного вуза // Вестник Нижневартовского государственного университета. 2019. № 2. С. 98–104.

Pogonysheva I.A., Pogonyshv D.A., Lunyak I.I. Parameters of ecg dispersion mapping among students of northern university // Bulletin of Nizhnevartovsk State University. 2019. No. 2. P. 98–104.

УДК 614.777:614.445

*Р.Ф. Хасанова, Я.Т. Суяндукоев, И.Н. Семенова, Ю.С. Рафикова
г. Сибай, Россия*

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ ГОРНОРУДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Аннотация. В работе представлены результаты исследования качества питьевой воды в городах, расположенных на территории горнорудных районов Зауралья Республики Башкортостан. Объектом исследования послужили подземные источники водоснабжения и распределительная водопроводная сеть хозяйственно-питьевого водоснабжения городов Учалы, Сибай и Баймак. Всего исследованиями охвачено около 30 скважин и по 5 образцов воды из распределительной водопроводной сети хозяйственно-питьевого водоснабжения в каждом городе. Приоритетными показателями загрязнения воды являются: повышенная жесткость и минерализация, высокое содержание железа и марганца. Потребление в регионе питьевой воды ненадлежащего качества может оказывать влияние на состояние здоровья населения. Анализ заболеваемости населения города Сибай выявил его увеличение за последние два года и превышение в несколько раз соответствующих показателей республиканского уровня. Это требует проведения мероприятий по обеспечению жителей качественной питьевой водой. Необходима полная инвентаризация централизованных и нецентрализованных водоисточников не только в черте городов, но и на территории прилегающих к ним населенных пунктов. Для использования воды из скважин для хозяйственно-питьевых целей необходима ее дополнительная очистка на фильтрационных установках, в первую очередь от высокого содержания железа.

Ключевые слова: централизованное хозяйственно-питьевое водоснабжение; приоритетный показатель загрязнения; тяжелые металлы; горнорудная промышленность; Республика Башкортостан

Сведения об авторах: Резеда Фиргатовна Хасанова¹, доктор биологических наук, доцент, ведущий научный сотрудник; Ялиль Тухватович Суяндукоев², доктор биологических наук, заместитель директора, главный научный сотрудник; Ирина Николаевна Семенова³, доктор биологических наук, профессор, старший научный сотрудник; Юлия Самигулловна Рафикова⁴, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник.

Место работы: ^{1,2,3}Сибайский институт (филиал) Башкирского государственного университета, ¹⁻⁴Сибайский филиал Института стратегических исследований

Контактная информация: ^{1,2,3}453837, Российская Федерация Республика Башкортостан, г. Сибай, ул. Белова, д. 21; ¹⁻⁴453837, Российская Федерация, Республики Башкортостан, г. Сибай, ул. Кутузова, д. 1; e-mail: ¹rezeda78@mail.ru; ²yalil_s@mail.ru; ³alexa-94@mail.ru; ⁴ifaganu@mail.ru.

Введение

Зауральская зона Республики Башкортостан (РБ) расположена на юго-востоке республики и узкой полосой тянется с севера на юг вдоль границ с Челябинской и Оренбургской областями. В данном регионе, занимающем 27,9% площади Республики, проживает 354 134 человек, из которых 116 225 (32,8%) – жители городов Сибай, Баймак и Учалы. Основными градообразующими предприятиями являются горнорудные комбинаты (Учалы, Сибай) и обрабатывающие производства (Баймак).

Горнорудный кластер Зауралья Республики Башкортостан представлен медноколчеданными месторождениями в Учалинском, Баймакском, Сибайском и Бурибай-Маканском рудных районах. Бурное развитие в регионе горнодобывающей и рудоперерабатывающей промышленности привело к образованию многочисленных карьеров, отвалов вскрышных пород, хвостохранилищ. Отходы, поступающие в процессе функционирования горнодобывающих и перерабатывающих предприятий, вызывают нарушение устойчивого равновесия в природных экосистемах и негативно отражаются в различных природных средах (Опекунов, Опекунова 2013; Суяндукоев и др. 2014), что стало одной из актуальных экологических проблем региона.

Мощное техногенное воздействие испытывает и водная среда, что создает проблему обеспечения населения качественным водоснабжением. Проведенные ранее исследования

химического состава питьевой воды ряда юго-восточных районов Республики Башкортостан позволили заключить, что содержание тяжелых металлов в большинстве случаев находится в пределах допустимых концентраций. В то же время в ряде случаев концентрация железа и марганца значительно превышала нормативные значения (Рафикова и др. 2016). Использование населением воды, не соответствующей санитарно-гигиеническим требованиям, может способствовать ухудшению здоровья.

Целью данной работы являлось изучение источников питьевого водоснабжения и определение качества питьевой воды городов юго-восточного горнорудного региона Башкортостана.

Материалы и методы

Объектом исследования послужили подземные источники водоснабжения и распределительная водопроводная сеть хозяйственно-питьевого водоснабжения городов Учалы, Сибай и Баймак, расположенные на территории горнорудных районов Зауралья Республики Башкортостан. Всего исследованиями было охвачено около 30 скважин и распределительная водопроводная сеть хозяйственно-питьевого водоснабжения, из которой было отобрано по 5 образцов воды в каждом городе. Химический анализ воды проводили в центральной химической лаборатории Сибайского филиала Учалинского горно-обогатительного комбината в соответствии с методами, приведенными в таблице 1.

Таблица 1

Методы определения показателей качества питьевой воды

Перечень контролируемых показателей	Единица измерения	НД на методику испытаний
Водородный показатель	ед. рН	ПНД Ф 14.1:2:3:4.121-97
Сухой остаток	мг/дм ³	ПНД Ф 14.1:2.114-97
Медь	мг/дм ³	ПНД Ф 14.1:2:4.139-98
Цинк	мг/дм ³	ПНД Ф 14.1:2:4.139-98
Железо общее	мг/дм ³	ПНД Ф 14.1:2:4.139-98
Марганец	мг/дм ³	ПНД Ф 14.1:2:4.139-98
Жесткость общая	Ж	ПНД Ф 14.1:2.98-97

Анализ заболеваемости населения проведен с использованием ежегодных статистических отчетов лечебно-профилактических учреждений г. Сибай.

Результаты и обсуждение

Для питьевой хозяйственно-бытовой воды оптимальным считается уровень рН в диапазоне от 5,9 до 9,0 (СанПиН 2.1.4.1074-01). Результаты анализа подземных источников во-

доснабжения (скважин) в разных городах показали, что значения данного показателя варьируют в интервале от 6,67 до 7,37 и соответствуют действующим нормативам (табл. 2). Жесткость воды отражает суммарное содержание ионов кальция и магния. Жесткая вода мало пригодна для хозяйственно-бытовых нужд. По результатам наших исследований, в городах Сибай и Учалы показатель жесткости воды находится в пределах нормы. В г. Баймак его зна-

чение составляет в среднем 8,95, что значительно превышает норму и свидетельствует о высокой жесткости воды подземных источников.

Величина сухого остатка является обобщенным показателем качества воды, характеризующим общее содержание растворенных в воде нелетучих минеральных и частично органических соединений и свидетельствующим о степени минерализации воды. По данным Г.Г. Онищенко (1999), содержание в воде солей

хлористоводородной кислоты, калия, натрия и ионов тяжелых металлов способствует повышенному уровню ее минерализации. Для поверхностных вод водоемов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования эта величина не должна превышать 1000 мг/л. Исследованиями выявлено, что вода со скважин гг. Сибай и Баймак характеризуется повышенной минерализацией (более 1000 мг/л).

Таблица 2

Показатели питьевой воды в городах горнорудных территорий

Показатели	Норма Сан-ПиН 2.1.4.1074-01	г. Сибай		г. Баймак		г. Учалы	
		скважины	водопроводная сеть	скважины	водопроводная сеть	скважины	водопроводная сеть
Водородный показатель, ед. рН	5.9-9.0	6,95	7,01	6,67	6,87	7,37	6,6
Жесткость общая, ж	не более 7,0	6,54	4,55	8,95	4,00	6,15	2,40
Сухой остаток, мг/дм ³	не более 1 000	1088,3	298,1	1787,6	280,4	551,3	452,2
Медь, мг/дм ³	не более 1,0	0,015	0,015	0,02	0,016	0,026	0,002
Цинк, мг/дм ³	не более 5,0	0,25	0,16	0,18	0,14	0,16	0,06
Железо общее, мг/дм ³	не более 0,3	2,53	0,92	2,03	1,03	0,95	0,94
Марганец, мг/дм ³	не более 0,1	0,034	0,009	0,120	0,009	0,012	0,016

Исследуемый регион характеризуется сложным геолого-геоморфологическим строением, особенностью которого является формирование естественных геохимических аномалий (Добровольский 2003; Папаян и др. 2018). Такая особенность отразилась в повышенном содержании тяжелых металлов во всех компонентах природно-территориальных комплексов, в том числе и в воде. Наиболее частыми загрязнителями являются медь, цинк, железо и марганец, в связи с чем нами исследовано содержание этих металлов в питьевой воде. Выявлено, что среднее содержание меди не превышало 0,026 мг/дм³ при допустимой норме не более 1,0 (СанПиН 2.1.4.1074-01). Концентрация цинка в воде также была ниже допустимых значений. В то же время следует отметить более высокое содержание меди и цинка в воде из скважин по сравнению с водопроводной водой. Результаты исследования питьевой воды также свидетельствуют о высоких концентрациях железа, превышающих установленные ПДК (не более 0,3 мг/л) по СанПиН 2.1.4.1074-01. Так, в гг. Баймак и Сибай содержание данного химического элемента в воде скважин составляет 6,7–8,4 ПДК, в водопроводной воде – 3 ПДК. Видимо, наряду с естественным повышенным содержанием железа в подземных источниках воды, это обусловлено также и состоянием водопроводных сооружений из металлической трубы, часть из которых подвергается процессам коррозии.

Марганец поступает в воду из загрязненных водоисточников в результате выщелачивания железомарганцевых руд. ПДК для марганца в питьевой воде составляет 0,1 мг/л. Выявлено повышенное содержание марганца (1,2 ПДК) в воде из скважин в г. Баймак.

Согласно Н.В. Канатниковой и В.Р. Кочкареву (2008), использование в питьевых целях воды с содержанием большого количества железа может оказывать раздражающее действие на кожу, вызывает гемохроматоз и аллергию, повышенное содержание марганца оказывает негативное влияние на центральную нервную систему.

Ранее в работах Р.А. Сулейманова с соавторами (2006), З.С. Тергуловой с соавторами (2009) был проведен анализ качества воды сельских населенных пунктов горнорудных территорий РБ, где расчеты органолептических, неканцерогенных и канцерогенных рисков, обусловленных употреблением питьевой воды, доказывают вероятное влияние источников воды на состояние здоровья населения. Р.Ф. Абрахмановым (2007) также показано, что некоторые заболевания людей обусловлены особенностями химического состава воды и почвы.

По мнению ряда авторов, жители горнорудных провинций представляют собой субпопуляцию высокого экологического риска и нуждаются не только в комплексной профилактике, но и в медико-экологической и эндоэкологической реабилитации (Тергулова и др. 2009; Семенова и др. 2011; Семенова и др. 2015; Semenova et al. 2016).

В связи с этим нами проведен анализ заболеваемости детей города Сибай в сравнении

со средними показателями по республике (рис. 1).

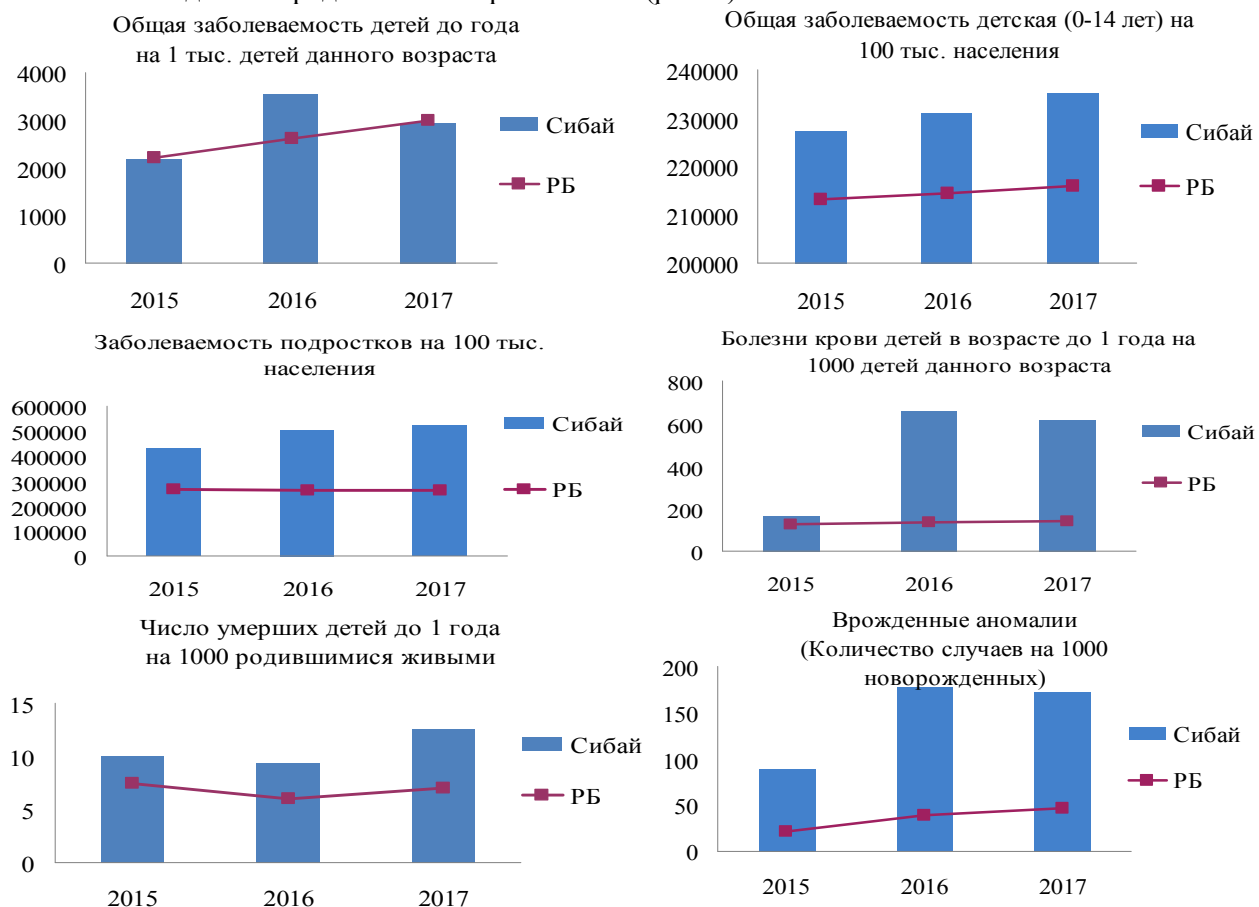


Рис. 1. Заболеваемость детей города Сибай за 2015–2017 гг.

Из представленных диаграмм очевидно, что заболеваемость детей и подростков с каждым годом возрастает. За последние два года резко возросли показатели болезни крови и врожденные аномалии. В целом показатели заболеваемости города Сибай несколько раз превышают среднереспубликанские уровни.

Заключение

Результаты исследований свидетельствуют, что показатели качества воды централизованных источников водоснабжения в юго-восточном горнорудном регионе Республики Башкортостан находятся в пределах санитарно-гигиенических нормативов за исключением содержания общего железа, что, видимо, связано с поступлением его в воду в результате коррозии водопроводных конструкций.

В то же время качество воды нецентрализованного водоснабжения (из скважин) на отдельных территориях не удовлетворяет санитарно-гигиеническим нормативам. В городах Сибай и Баймак вода из скважин характеризуется повышенной жесткостью и минерализацией, высоким содержанием железа и марганца.

В водоисточниках г. Учалы наблюдается повышенное содержание железа.

Значительная часть населения городов Зауралья использует для питья воду, не отвечающую санитарным нормам. Результаты исследований ряда ученых РБ доказывают, что потребление воды в регионе сказывается на состоянии здоровья населения. Анализ заболеваемости населения города Сибай выявил превышение его показателей в несколько раз по сравнению с республиканским уровнем. Полученные результаты диктуют необходимость проведения мероприятий по обеспечению жителей качественной питьевой водой. Необходима полная инвентаризация централизованных и нецентрализованных водоисточников не только в черте городов, но и на территории прилегающих к ним населенных пунктов. Для использования воды из скважин хозяйственно-питьевых целей необходима ее дополнительная очистка на фильтрационных установках, в первую очередь от высокого содержания железа.

ЛИТЕРАТУРА

- Абдрахманов Р. Ф., Чалов Ю. Н. 2007. Пресные подземные воды Башкортостана. Уфа: Информреклама.
- Добровольский В. В. 2003. Основы биогеохимии: Учебник для студ. высш. учеб. заведений. М.: Академия.
- Канатникова Н. В., Кочкарев В. Р. 2008. Тяжелые металлы в питьевой воде и их характеристика // Ученые записки 10-14.
- Онищенко Г. Г. 1999. Вода и здоровье // Экология и жизнь 4.
- Опекунов А. Ю., Опекунова М. Г. 2013. Геохимия техногенеза в районе разработки Сибайского медно-колчеданного месторождения // Записки Горного института 203, 196–204.
- Папаян Э. Э., Опекунова М. Г., Петрова А. С. 2018. Биоиндикационные критерии ландшафтно-экологического районирования природных комплексов Башкирского Зауралья в зоне воздействия горнорудных предприятий // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии 27(3), 59–66.
- Рафикова Ю. С., Семенова И. Н., Биктимерова Г. Я. 2016. Содержание тяжелых металлов в питьевой воде юго-восточных районов Республики Башкортостан // Естественные и технические науки 1(91), 20–23.
- Санитарные нормы и правила СанПиН 2.1.4.1074-01. 2001. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем водоснабжения. М.: Минздрав РФ, 89.
- Семенова И. Н., Рафикова Ю. С., Дровосекова И. В., Муллагулова Э. Р. 2015. Элементный статус населения горнорудного региона (на примере Зауральской зоны Республики Башкортостан) // Микроэлементы в медицине 16(2), 47–51.
- Семенова И. Н., Рафикова Ю. С., Ильбулова Г. Р. 2011. Воздействие предприятий горнорудного комплекса Башкирского Зауралья на состояние природной среды и здоровье населения прилегающих территорий // Фундаментальные исследования 1, 29–34.
- Семенова И. Н., Янтурин С. И., Кужина Г. Ш., Боброва О. Б. 2016. Экологический мониторинг техногенного загрязнения почв и снежного покрова тяжелыми металлами методом биотестирования // Экология и промышленность России 20(2), 43–47.
- Сулейманов Р. А., Бакиров А. Б., Валеев Т. К., Рахматуллин Н. Р., Бактыбаева З. Б., Даукаев Р. А., Егорова Н. Н. 2016. Оценка риска здоровью населения горнорудных территорий Башкортостана, связанного с качеством питьевого водоснабжения // Анализ риска здоровью 4, 64–71. DOI: 10.21668/health.risk/2016.4.08.
- Суюндуков Я. Т., Семенова И. Н., Зулкарнаев А. Б., Хабиров И. К. 2014. Антропогенная трансформация почв города Сибай в зоне влияния предприятий горнорудной промышленности. Уфа: Гилем.
- Терегулова З. С., Белан Л. Н., Аскараров Р. А., Терегулова З. Ф., Алтынбаева А. И. 2009. Особенности загрязнения среды обитания и заболеваемость населения в горнодобывающем регионе Республики Башкортостан // Медицинский вестник Башкортостана 4:6, 20–25.
- Seменова I. N., Rafikova Yu. S., Suyundukov Ya. T., Biktimerova G. Ya. 2016. Regional Peculiarities of Microelement Accumulation in Objects in the Transural Region of the Republic of Bashkortostan, Biogenic – Abiogenic Interactions in Natural and Anthropogenic Systems, Springer International Publishing Switzerland, 179–187.

REFERENCES

- Abdrakhmanov, R.F., & Chalov, Yu.N. Presnyepodzemnyevody Bashkortostana. [Fresh underground waters of Bashkortostan]. Ufa: Informreklama, 2007. 184 p. (In Russian).
- Dobrovolsky, V.V. Osnovy biogeokhimmii [Fundamentals of Biogeochemistry]. Moscow: Academy, 2003. 400 p. (In Russian).
- Kanatnikova, N.V., & Kochkarev, V.R. Tyazhelyye metally v pit'yevoy vode i ikh kharakteristika [Heavy metals in drinking water and their characteristics]. In: Uchenyye zapiski, 2008 (2), pp. 10–14. (In Russian).
- Onishchenko, G.G. Voda i zdorovye [Water and health]. In: Ekologiya i zhizn, 1999 (4). (In Russian).
- Opekunov, A.Yu., & Opekunova, M.G. Geokhimiya tekhnogeneza v rayone razrabotki Sibayskogo medno-kolchedannogo mestorozhdeniya [Geochemistry of technogenesis in the development area of the Sibay copper-pyrite deposit]. In: Zapiski Gornogo instituta, 2013(203), pp. 196–204. (In Russian).
- Papayan, E.E., Opekunova, M.G., & Petrova, A.S. Bioindikatsionnyye kriterii landshaftno-ekologicheskogo rayonirovaniya prirodnykh kompleksov Bashkirskogo Zauralya v zone vozdeystviya gornorudnykh predpriyatiy [Bioindication criteria for landscape-ecological zoning of natural complexes of the Bashkirian Trans-Urals affected by mining enterprises]. In: Samarskaya Luka: problemy regionalnoy i globalnoy ekologii. [Samara Luke: problems of regional and global ecology], 2018 (27), issue 3, pp. 59–66. (In Russian).
- Rafikova, Yu.S., Semenova, I.N., & Biktimerova, G.Ya. Soderzhaniye tyazhelykh metallov v pityevoy vode yugovostochnykh rayonov Respubliki Bashkortostan [Content of heavy metals in drinking water of the south-eastern regions of the Republic of Bashkortostan]. In: Yestestvennyye i tekhnicheskiye nauki, 2016(1), issue 91, pp. 20–23. (In Russian).
- SanPiN 2.1.4.1074-01. Pityevaya voda. Gigiyenicheskiye trebovaniya k kachestvu vody tsentralizovannykh sistem vodosnabzheniya [Drinking water. Hygienic requirements for water quality of centralized water supply systems]. Enacted on September 26, 2001. (In Russian).

Semenova, I.N., Rafikov, Yu.S., Drovosekova, I.V., & Mullagulova, E.R. Elementnyy status naseleniya gornorudnogo regiona (na primere Zauralskoy zony Respubliki Bashkortostan) [Elemental status of population of a mining region (by the example of the Trans Urals in the Republic of Bashkortostan)]. In: Mikroelementy v meditsine, 2015(16), issue 2, pp. 47–51. (In Russian).

Semenova, I.N., Rafikova, Yu.S., & Ilbulova, G.R. Vozdeystviye predpriyatiy gornorudnogo kompleksa Bashkirskego Zauralya na sostoyaniye prirodnoy sredy i zdorovye naseleniya prilegayushchikh territoriy [Impact of mining enterprises the Bashkirian Trans-Urals on the state of natural environment and health of population of the adjacent territories]. In: Fundamentalnyye issledovaniya, 2011 (1), pp. 29–34. (In Russian).

Semenova, I.N., Yanturin, S.I., Kuzhina, G.Sh., & Bobrova, O.B. Ekologicheskiy monitoring tekhnogennoy zagryazneniya pochv i snezhnogo pokrova tyazhelymi metallami metodom biotestirovaniya [Ecological monitoring of technogenic pollution of soil and snow cover with heavy metals by biotesting]. In: Ekologiya i promyshlennost Rossii, 2016 (20), issue 2, pp. 43–47. (In Russian).

Suleymanov, R.A., Bakirov, A.B., Valeev, T.K., Rakhmatullin, N.R., Baktybaeva, Z.B., Daukaev, R.A., & Egorova, N.N. Estimation of risk to health of the population of mining territories of Bashkortostan connected with quality of drinking water supply. Health Risk Analysis, 2016 (4), pp. 64–71. doi: 10.21668/health.risk/2016.4.08

Suyundukov, Ya.T., Semenova, I.N., Zulkarnaev, A.B., & Khabirov, I.K. Antropogennaya transformatsiya pochv goroda Sibay v zone vliyaniya predpriyatiy gornorudnoy promyshlennosti [Anthropogenic transformation of soils in the city of Sibay in the zone of influence of mining enterprises]. Ufa: Gilem, 2014. 124 p. (In Russian).

Teregulova, Z.S., Belan, Z.N., Askarov, R.A., Teregulova, Z.F., & Altynbaeva, A.I. Osobennosti zagryazneniya sredy obitaniya i zabolevayemost naseleniya v gornodobyvayushchem regione Respubliki Bashkortostan [Features of habitat pollution and morbidity in mining region in the Republic of Bashkortostan]. Medicinskij Vestnik Bashkortostana, 2019 (4), pp. 20–25. (In Russian).

Semenova, I.N., Rafikova, Yu.S., Suyundukov, Ya.T., & Biktimerova, G.Ya. Regional Peculiarities of Microelement Accumulation in Objects in the Transural Region of the Republic of Bashkortostan. In: Biogenic-Abiogenic Interactions in Natural and Anthropogenic Systems. Springer International Publishing Switzerland, 2016, pp. 179–187.

R.F. Khasanova, Ya.T. Suyundukov, I.N. Semenova, Yu.S. Rafikova
Sibay, Bashkortostan, Russia

QUALITY OF DRINKING WATER IN MINING AREAS

Abstract. The paper presents the results of a drinking water quality study in towns located in the mining areas of the Republic of Bashkortostan, The Russian Federation. The objects of the study were underground water supply sources and water distribution networks of the towns of Uchaly, Sibay, and Baimak. In total, 30 water wells were examined, and five water samples were collected from the water distribution network in each town. The water quality indicators were pH, solid residue, total hardness, copper content, zinc content, iron content, and manganese content. The water quality in water distribution networks corresponded to the permissible limits according to environmental and sanitary regulations, except for the increased iron content probably due to corrosion of water supply pipelines. The water quality in non-centralized water supply (wells) in some areas failed to meet the sanitary standards. Priority indicators of water pollution were increased hardness and mineralization, high content of iron and manganese. To provide the residents with high-quality drinking water, it is proposed to make a complete inspection of centralized and non-centralized water sources not only within the towns, but also in the neighbouring communities. It is necessary to install filtration plants, primarily to reduce the iron content, in order to bring the water taken from the wells for household and drinking purposes to the standard quality.

Key words: centralized drinking water supply; water pollution indicator, heavy metals; mining industry; Bashkortostan.

About the authors: Rezeda Firgatovna Khasanova^{1,2}, Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Leading Researcher; Yalil Tukhvatovich Suyundukov^{1,2}, Doctor of Biological Sciences, Deputy Director, Chief Researcher; Irina Nikolaevna Semenova^{1,2}, Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Senior Researcher; Yulia Samigullovna Rafikova¹, Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher.

Place of employment: ¹Sibaysky Institute (Branch) of Bashkir State University; ²Sibaysky Branch of Institute for Strategic Studies of the Republic of Bashkortostan.

Публикация подготовлена в рамках поддержанного РФФИ и Правительством Республики Башкортостан научного проекта 18-413-020004 p_a.

Хасанова Р.Ф., Суюндуков Я.Т., Семенова И.Н., Рафикова Ю.С. Оценка качества питьевой воды горнорудных территорий // Вестник Нижневартского государственного университета. 2019. № 2. С. 104–109.

Khasanova R.F., Suyundukov Ya.T., Semenova I.N., Rafikova Yu.S. Quality of drinking water in mining areas // Bulletin of Nizhnevartovsk State University. 2019. No. 2. P. 104–109.

ЛИСТЕРИОЗ – ЭМЕРДЖЕНТНАЯ ИНФЕКЦИЯ С ПИЩЕВЫМ ПУТЕМ ПЕРЕДАЧИ

Аннотация. С 80-х гг. XX века во всем мире отмечается рост заболеваемости листериозом. Эпидемические вспышки этой болезни приобретают все более масштабный характер и сопровождаются высокой смертностью. Чаще всего причиной инфекций становятся продукты питания, контаминированные патогенными видами бактерий рода *Listeria*, в частности *L. monocytogenes*. В работе проведен анализ мясных блоков из говядины глубокой заморозки на зараженность листериями. Выявление и идентификация листерий проводились бактериологическим методом, а также методами иммуноферментного и иммунохроматографического анализа. В результате исследований в 35% образцов обнаружены бактерии рода *Listeria*, однако среди них не было патогенных видов. Выделенные листерии идентифицированы как виды *L. innocua*, *L. welshimeri*, *L. grayi* и *L. seeligeri*. Эти виды достаточно часто высеваются из различных объектов окружающей среды. Сделаны выводы об относительном благополучии мяса говядины по этому показателю. Отмечено, что решающее значение в профилактике листериоза имеет системный подход, включающий санитарно-эпидемиологический контроль продовольственного сырья и готовой продукции, правильно организованный технологический процесс и гигиеническое воспитание населения.

Ключевые слова: *Listeria*; пищевые инфекции; видовая идентификация листерий; бактериологический метод; иммунохроматографический метод; метод иммуноферментного анализа.

Сведения об авторах: Светлана Юрьевна Солдатова¹, кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник; Галина Львовна Филатова², главный специалист; Татьяна Семеновна Куликовская³, начальник Лаборатории экспертизы пищевых продуктов.

Место работы: ^{1,2,3}ФГБУ «Научно-исследовательский институт проблем хранения» Росрезерва.

Контактная информация: ^{1,2,3}111033, г. Москва, ул. Волочаевская, д. 40, кор. 1; тел. 8-495-362-86-31; e-mail: lepp2008@mail.ru.

Введение

Ежегодно в разных странах регистрируются вспышки инфекционных заболеваний, связанных с употреблением пищевых продуктов, контаминированных патогенными микроорганизмами. Несмотря на успехи современной медицины в диагностике и профилактике таких инфекций, число заболеваний, передающихся через пищевые продукты, увеличивается (Slutsker et al. 1998; Varma et al. 2007; McCollum et al. 2013).

Поддержание стандартов безопасности пищевых продуктов будет зависеть от постоянной бдительности, поддерживаемой мониторингом и надзором, но, учитывая растущую важность других связанных с пищевыми продуктами вопросов, таких как продовольственная безопасность, ожирение и изменение климата, конкуренция за ресурсы в будущем может привести к ожесточенности. Кроме того, популяции патогенов, имеющие отношение к безопасности пищевых продуктов, не являются статичными. Пища является отличным средством, с помощью которого многие патогенные микроорганизмы (бактерии, вирусы/прионы и паразиты) могут достигать соответствующего места колонизации у нового хозяина. (Newell et al. 2010; Todd et al. 2011; Braga et al. 2017; Abdollahzadeh et al. 2016; Pizarro-Cerda et al. 2018).

Чаще всего пищевые инфекции носят эмерджентный характер, т. е. появляются внезапно или возникают вновь, что создает чрезвычайные эпидемиологические ситуации. При этом растет частота появления новых возбудителей пищевых инфекций, что связано с ускорением процессов адаптации бактериальных патогенов к неблагоприятным условиям внешней среды, в том числе, вызванных антропогенными факторами. Меняются не только патогенетические свойства микроорганизмов, но и пути передачи инфекции и восприимчивость к ним человеческого организма (Buchanan et al. 2017; Akrami et al. 2018; Radoshevich et al. 2018).

Одним из наиболее опасных инфекционных заболеваний является листериоз, вызываемый микроорганизмами рода *Listeria*. Для него характерны разнообразие источников заражения и способов передачи патогена, множественность клинических проявлений, высокая смертность. Листериоз менее распространен, чем сальмонеллез и кампилобактериоз, но превосходит их по тяжести клинического течения и проценту летальных исходов. Наибольшую опасность эта инфекция представляет для новорожденных и для беременных женщин, вызывая пороки плода, выкидыши. До середины прошлого века листериозы выявлялись достаточно редко, в основном у людей, профессио-

нально связанных с зараженными сельскохозяйственными животными. Позднее число случаев этой болезни стало увеличиваться. В последние десятилетия регистрируются многочисленные эпидемические вспышки и спорадические случаи листериоза даже в таких эпидемиологически благополучных странах как Канада, Франция, США, Великобритания. Болезнь протекает очень тяжело, поражает большое количество людей и сопровождается высокой летальностью (до 25–30% от числа заболевших). В большинстве случаев причиной инфекции было употребление пищевых продуктов, контаминированных возбудителем, в особенности сыров и других молочных продуктов, в меньшей степени – продуктов животного происхождения (Bierne et al. 2018; Gluschko et al. 2018; McMinn et al. 2018).

Согласно данным Центра по контролю и профилактике инфекционных заболеваний (CDC), в США в период с января 2014 г. по январь 2015 г. были зарегистрированы случаи заражения листериозом в результате употребления молочных коктейлей (Zeinali et al. 2017).

Причиной еще одной вспышки в США стала десертная продукция в коммерческой упаковке – яблоки, покрытые карамелью. В Дании в 2014 г. были зарегистрированы случаи заболевания листериозом, связанные с употреблением мясной продукции. Летальность среди инфицированных составила 25% (Вспышки листериоза в США и Дании 2015). Недавняя вспышка листериоза в ЮАР (декабрь 2018 – март 2019 г.), согласно информации Министерства здравоохранения этой страны, унесла жизни 180 человек при общем числе заболевших 984 человека (<https://rospotrebnadzor.ru>).

В России официальная регистрация листериоза начата с 1992 г., наблюдается тенденция к ежегодному росту случаев этого заболевания и высокая смертность. В настоящее время листериоз стали рассматривать как одну из наиболее опасных пищевых инфекций (<https://clck.ru/G8xpJ>).

Согласно современной классификации к роду *Listeria* относят 7 видов, два из которых: *L. monocytogenes* и *L. ivanovii* – являются патогенными. Первый вызывает инфекцию у человека, второй – у животных. В последнее время в ряде литературных источников встречаются настораживающие сведения об инфекциях, возбудителями которых стали другие виды листерий. Листерии могут существовать во всех объектах окружающей среды – в останках павших животных, воде, почве. Попадая внутрь организма-хозяина, они легко переходят от сапро-

трофного к паразитическому образу жизни. Особенностью этих патогенов является психрофильность. Это позволяет им легко переносить низкие температуры и сохранять жизнеспособность в зимнее время года, а в весенний период быстро размножаться при 4–6°C. Таким образом, листерии способны адаптироваться к существованию в широком диапазоне условий внешней среды. Высокая метаболическая пластичность листерий делает их универсальными патогенами.

Возбудители листериозов выделены от разных видов диких и домашних животных, птиц, рыб, насекомых. Листерии – частый компонент фекальной микрофлоры многих млекопитающих. Обычным источником инфекции для человека служат сельскохозяйственные животные и грызуны (Каравянская и др. 2018; Касьяненко и др. 2018; Хаптанова и др. 2019).

До конца XX в. листериоз рассматривался как типичный зооноз с фекально-оральным механизмом передачи возбудителя (Ефимочкина 2010). Однако широкие адаптивные и метаболические возможности листерий, их способность жить и размножаться как в объектах окружающей среды, так и внутри организма хозяина утвердили представление о листериозе как о сапрозоонозной инфекции. Возбудитель болезни может попадать в организм человека различными путями. Помимо пищевого пути передачи инфицирование возможно при контакте с больными животными, при вдыхании пыли, при контакте с предметами, контаминированными листериями. Особенно уязвимы для инфекции новорожденные дети, иммунная система которых еще не сформирована (Домашенко и др. 2018).

Чаще всего листерии выделяются из молочных продуктов, особенно прошедших недостаточную термическую обработку: из мягких сыров, йогуртов, мороженого, сливочного масла. Известны случаи листериоза, связанные с употреблением в пищу морепродуктов и рыбы. Достаточно часто причиной инфекции становятся мясные продукты, контаминированные патогенными видами листерий, а также овощи и фрукты (Olaimat et al. 2018; Wilson et al. 2018).

Листерии способны длительно сохраняться в пищевых продуктах при хранении в бытовых холодильниках, в том числе упакованных без доступа кислорода (под вакуумом, в модифицированной газовой атмосфере) (СП 3.1.7. 2817-10). Вследствие этого в последние десятилетия пищевой путь передачи инфекции становится основным. Патогенные штаммы листерий отличаются высокой вирулентностью,

инфекция может развиваться даже при относительно небольшой концентрации бактерий в продуктах питания (10^2 КОЕ/г). Именно поэтому эпидемии листериоза относят к эмерджентным и плохо прогнозируемым инфекциям (Джей 2011; Стародумова и др. 2014; Почичкая и др. 2017).

В связи с особой патогенностью *L. monocytogenes* существующие методы анализа направлены на выявление именно этого вида бактерий в пищевом сырье и продуктах питания. Основным и самым достоверным методом определения бактерий *L. monocytogenes* в пищевом продукте является бактериологический. Метод включает неселективные и селективные этапы инкубации, выделения чистой культуры, а также этапы идентификации биотипов и серотипов. Каждый из этапов требует значительных трудовых и временных затрат, что делает испытания длительными и трудоемкими. Весь процесс в целом может занимать до 15 суток (Мукантаев и др. 2015; Зайцева и др. 2017).

Применение современных методов ускоренной идентификации листерий позволяет существенно сократить срок проведения испытаний и повысить достоверность полученных результатов даже при низкой концентрации возбудителя в исследуемой пробе. Перспективными методами идентификации микроорганизмов являются иммуноферментный и иммунохроматографический анализ. К достоинствам этих методов следует отнести высокую чувствительность, специфичность и быстроту.

Методы исследования

В 2018–2019 гг. проведено мониторинговое исследование по оценке распространенности эмерджентного пищевого патогена *L. monocytogenes* в мясном сырье. Исследование проводилось в лаборатории экспертизы пищевых продуктов НИИПХ Росрезерва. В качестве объектов использованы 26 образцов замороженных мясных блоков из говядины, полученные из различных регионов РФ. Выявление и идентификацию листерий проводили в соответствии с ГОСТ 32031 с применением как стандартных, так и ускоренных методов анализа.

Для бактериологического исследования в качестве среды обогащения использовали бульон Фразера, в качестве селективных плотных сред – агар по Оттавиани–Агости и Оксфорд-агар, для изучения культурально-биохимических свойств бактерий – мясопептонный агар (МПА). В случае выявления на плотных селективных средах колоний, типичных для рода *Listeria*, проводили идентификацию бактерий до вида.

Для ускоренной идентификации выделенных микроорганизмов применяли иммуноферментный анализатор miniVIDAS со стриповым набором VIDAS LMO2 и иммунохроматографические экспресс-тесты Singlepath L' mono.

Результаты и обсуждение

В результате проведенной работы было установлено, что 35% от общего количества исследуемых проб мяса говядины было загрязнено бактериями рода *Listeria* (рис. 1).

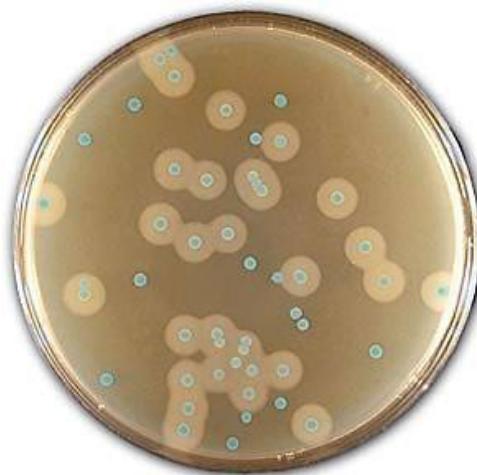


Рис. 1. Культуры листерий на среде Оттавиани–Агости

Для типирования выделенных культур использовали тесты на ферментацию углеводов (маннита, ксилозы, рамнозы, маннозы), на гемолитическую и лецитиназную активность.

Ферментативные свойства выделенных штаммов листерий в отношении углеводов приведены в таблице.

Таблица

Идентификация выделенных штаммов листерий по ферментации углеводов

Выделенные штаммы	<i>L. innocua</i>	<i>L. seeligeri</i>	<i>L. welshimeri</i>	<i>L. grayi</i>
Маннит	+	–	–	+
Рамноза	±	–	±	±
Ксилоза	–	+	+	–
Манноза	–	+	–	+

Все выделенные штаммы не формировали на поверхности кровяного агара зоны хоро-

шо выраженного гемолиза, характерной для *L. monocytogenes*, т. е. не обладали сильной гемо-

литической активностью. В одном случае наблюдалась зона слабого гемолиза. Ни один из штаммов не проявил лецитиназной активности при культивировании на лецитин-агаре с активированным углем.

По совокупности изученных признаков выделенные из мясного сырья культуры были идентифицированы как непатогенные, относящиеся к видам *L. innocua*, *L. welshimeri*, *L. grayi* и *L. seeligeri*. Чаше других встречается *L. innocua*, обнаруженная в 4 образцах. Из 3 образцов была выделена *L. welshimeri*. По одному случаю выделения *L. grayi* и *L. seeligeri*. Эти виды листерий достаточно распространены и нередко высеваются из различных объектов окружающей среды.

Полученные классическим бактериологическим методом результаты типирования штаммов листерий были подтверждены тестированием иммуноферментным и иммунохроматографическим методами. Их применение также подтвердило отсутствие среди выделенных культур *L. monocytogenes*. Данные по процентному соотношению листерий разных видов представлены на рисунке 2.

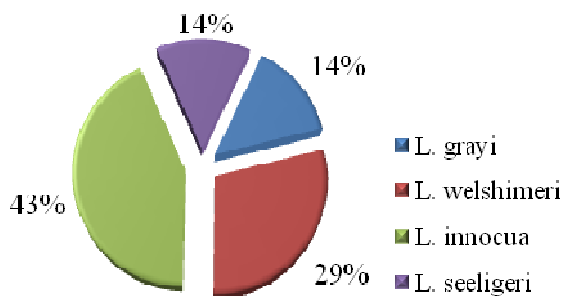


Рис. 2. Результаты видовой идентификации листерий, выделенных из мяса говядины

К патогенным видам листерий относят только два: *L. monocytogenes* – для человека и *L. ivanovii* – для животных. В нашем исследовании среди выделенных микроорганизмов патогенных листерий обнаружено не было, таким образом, вся продукция соответствовала установленным требованиям безопасности.

Помимо зараженного сырья инфицирование мясных пищевых продуктов листериями может происходить во время технологического процесса на мясоперерабатывающих предприятиях. В зарубежной литературе имеется большое количество данных о выделении *L. monocytogenes* на различных пищевых производствах (Солодовников и др. 2009), однако относительно отечественных предприятий дан-

ных недостаточно. В ходе проведенных НИИ питания исследований было установлено, что частота обнаружения листерий на поверхностях оборудования мясоперерабатывающих предприятий составила 71,4%, инвентаря – 29,2%, в 9,7% случаев выявлена *L. monocytogenes*.

Заключение

Бактериологическое исследование замороженного мясного сырья показало относительно благополучие этой продукции по степени зараженности бактериями рода *Listeria*. Эти бактерии были выявлены в 35% образцов, однако патогенных видов *L. monocytogenes* и *L. ivanovii* обнаружено не было. Среди выделенных чистых культур листерий по культурально-морфологическим и биохимическим признакам идентифицированы виды *L. innocua*, *L. welshimeri*, *L. grayi* и *L. seeligeri*. Полученные результаты были подтверждены современными ускоренными методами анализа с помощью иммуноферментного анализатора и иммунохроматографических экспресс-тестов.

Тем не менее, в научной литературе растет число сведений о выделении от заболевших людей и животных непатогенных видов листерий (Касьяненко и др. 2018).

Были зафиксированы случаи заражения человека видами *L. ivanovii*, *L. seeligeri* и вовлечения в инфекционный процесс других видов, считавшихся ранее непатогенными (Солодовников 2009; Ефимочкина 2010; Jay 2011). Это следует учитывать при оценке безопасности мясной продукции и разработке систем контроля за санитарно-эпидемиологическим благополучием населения в целом, а также это свидетельствует о наличии негативных эколого-гигиенических факторов в питании современного человека.

Данные свидетельствуют об интенсивной циркуляции возбудителя листериоза на пищевых предприятиях и требуют ужесточения санитарно-гигиенических требований к производству и хранению мясopодуктов. С этой целью должен быть регламентирован и налажен контроль присутствия *L. monocytogenes* не только в сырье и готовой продукции, но и на ключевых участках технологического процесса, так называемых критических контрольных точках. Решающее значение в обеспечении безопасности пищевой продукции имеет принятие и внедрение в производство процедур, основанных на принципах ХАССП (Международные стандарты на пищевые продукты 2007).

ЛИТЕРАТУРА

- Вспышки листериоза в США и Дании. 2015 // СЭС 6, 10–11.
- Джей Дж. М., Лесснер М. Дж., Гольден Д. А. 2011. Современная пищевая микробиология. М.: Биом. Лаборатория знаний.
- Домашенко О. Н., Гридасов В. А. 2018. Листериоз и беременность // Медико-социальные проблемы семьи 23:1, 19–24.
- Ефимочкина Н. Р. 2010. Новые бактериальные патогены в пищевых продуктах: экспериментальное обоснование и разработка системы контроля с применением методов микробиологического и молекулярно-генетического анализа: Дис. ... д-ра биол. наук. М.: НИИ питания РАМН, 349.
- Зайцева Е. А. 2017. Особенности биологических свойств бактерий вида *Listeria innocua*, выделенных на территории Приморского края // Альманах клинической медицины 45(2), 147–153. DOI: 10.18786/2072-0505-2017-45-2-147-153.
- Караванская Т. Н., Соболенко Н. В., Бицук О. А., Макарова Т. Е., Медведева Е. А. 2018. Заболеваемость природно-очаговыми и зооантропонозными инфекциями в Хабаровском крае в 2017 году // Здоровоохранение Дальнего Востока 3, 29–32.
- Касьяненко О., Фотина Т., Фотина А., Гладченко С., Безрук Р., Гниденко Т. 2018. Анализ практических аспектов контроля возбудителей пищевых зоонозов при выращивании птицы // *Stiintaagricola* 2, 158–165.
- Методические указания по применению общих принципов гигиены пищевых продуктов для контроля бактерии листерия моноцитогенес (*Listeria monocytogenes*) в пищевых продуктах (CAC/GL 61-2007) CODEXALIMENTARIUS. Международные стандарты на пищевые продукты. 2007.
- Мукантаев К. Н., Бегалиева А., Инірбай Б., Райымбек Г., Казыкен Д., Сегизбаева Г. Ж., и др. 2015. Получение рекомбинантного антигена р60 *Listeria monocytogenes* // Биотехнология. Теория и практика 1, 17–25. DOI: 10.11134/btp.1.2015.2.
- Почицкая И. М., Козельцева Е. И., Лобазова И. Е. 2017. Выявление и идентификация *Listeria monocytogenes* с помощью тест-систем Singlepath® L.‘mono // Пищевая промышленность: наука и технологии 1(35), 98–102.
- Солодовников Ю. П., Иваненко А. В., Ефремова Н. В. и др. 2009. Локальные вспышки и генерализованные эпидемии кишечных инфекций: основные качественные и количественные характеристики // ЖМЭИ 3, 117–119.
- СП 3.1.7. 2817-10. Профилактика листериоза у людей. Санитарно-эпидемиологические правила.
- Стародумова С. М., Зайцева Е. А. 2014. Способ быстрой идентификации бактерий рода *Listeria* и патогенного вида *Listeria monocytogenes* с помощью мультиплексной ПЦР // Тихоокеанский медицинский журнал 1, 95–97.
- Хаптанова Н. М., Андреевская Н. М., Лукьянова С. В., Коновалова Ж. А., Гефан Н. Г., Остяк А. С., Токмакова Е. Г. 2019. Особенности серологической диагностики листериоза (обзор литературы) // *Acta Biomedica Scientifica* 4:1, 43–49. DOI: 10.29413/ABS.2019-4.1.7.
- Abdollahzadeh E., Ojagh S., Hosseini H., Ghaemi E., Irajian G., Naghizadeh Heidarlo M. 2016. Antimicrobial resistance of *Listeria monocytogenes* isolated from seafood and humans in Iran // *Microbial Pathogenesis* 100, 70–74. DOI: 10.1016/j.micpath.2016.09.012.
- Akrami-Mohajeri F., Derakhshan Z., Ferrante M., Hamidiyan N., Soleymani M., Conti G. O., Tafti R. D. 2018. The prevalence and antimicrobial resistance of *Listeria* spp in raw milk and traditional dairy products delivered in Yazd, central Iran (2016) // *Food and Chemical Toxicology* 114, 141–144. DOI: 10.1016/j.fct.2018.02.006.
- Bierne H., Milohanic E., Kortebi M. 2018. To be cytosolic or vacuolar: the double life of *Listeria monocytogenes* // *Frontiers in cellular and infection microbiology* 8, 136. DOI: 10.3389/fcimb.2018.00136.
- Braga V., Vázquez S., Vico V., Pastorino V., Mota M., Legnani M., Varela G. 2017. Prevalence and serotype distribution of *Listeria monocytogenes* isolated from foods in Montevideo-Uruguay // *Brazilian Journal of Microbiology* 48(4), 689–694. DOI: 10.1016/j.bjm.2017.01.010.
- Buchanan R. L., Gorris L. G. M., Hayman M. M., Jackson T. C., Whiting R. C. 2017. Review of *Listeria monocytogenes*: An update on outbreaks, virulence, dose-response, ecology, and risk assessments // *Food Control* 75, 1–13. DOI: 10.1016/j.foodcont.2016.12.016.
- Gluschko A., Herb M., Wiegmann K., Krut O., Neiss W. F., Utermöhlen O., Schramm M. 2018. The β 2 integrin Mac-1 induces protective LC3-associated phagocytosis of *Listeria monocytogenes* // *Cell host & microbe* 23:3, 324–337. DOI: 10.1016/j.chom.2018.01.018.
- McCollum J. T., Cronquist A. B., Silk B. J., Jackson K. A., O'connor K. A., Cosgrove S., Ibraheem M. 2013. Multistate outbreak of listeriosis associated with cantaloupe // *New England Journal of Medicine* 369:10, 944–953. DOI: 10.1056/NEJMoal215837.
- McMinn R. P., King A. M., Milkowski A. L., Hanson R., Glass K. A., Sindelar J. J. 2018. Processed Meat Thermal Processing Food Safety-Generating D-Values for *Salmonella*, *Listeria monocytogenes*, and *Escherichia coli* // *Meat and Muscle Biology* 2:1, 168–179. DOI:10.22175/mmb2017.11.0057.

Newell D. G., Koopmans M., Verhoef L., Duizer E., Aidara-Kane A., Sprong H., Van der Giessen J. 2010. Foodborne diseases - the challenges of 20 years ago still persist while new ones continue to emerge // International journal of food microbiology 139, 3–15. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2010.01.021.

Olaimat A. N., Al-Holy M. A., Shahbaz H. M., Al-Nabulsi A. A., Abu Ghoush M. H., Osaili T. M., Holley R. A. 2018. Emergence of Antibiotic Resistance in *Listeria monocytogenes* Isolated from Food Products: A Comprehensive Review // Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety 17:5, 1277–1292. DOI: 10.1111/1541-4337.12387.

Pizarro-Cerda J., Cossart P. 2018. *Listeria monocytogenes*: cell biology of invasion and intracellular growth // Microbiology spectrum 6:6. DOI: 10.1128/microbiolspec.GPP3-0013-2018.

Radoshevich L., Cossart P. 2018. *Listeria monocytogenes*: towards a complete picture of its physiology and pathogenesis // Nature Reviews Microbiology 16:1, 32. DOI: 10.1038/nrmicro.2017.126.

Slutsker L., Altekruze S. F., Swerdlow D. L. 1998. Foodborne diseases: emerging pathogens and trends // Infectious Disease Clinics 12:1, 199–216. DOI: 10.1016/S0891-5520(05)70418-9.

Todd E. C. D., Notermans S. 2011. Surveillance of listeriosis and its causative pathogen, *Listeria monocytogenes* // Food Control 22:9, 1484–1490. DOI:10.1016/j.foodcont.2010.07.021.

Varma J. K., Samuel M. C., Marcus R., Hoekstra R. M., Medus C., Segler S., Megginson M. 2007. *Listeria monocytogenes* infection from foods prepared in a commercial establishment: a case-control study of potential sources of sporadic illness in the United States // Clinical Infectious Diseases 44:4, 521–528. DOI: 10.1086/509920.

Wilson A., Gray J., Chandry P. S., Fox E. M. 2018. Phenotypic and genotypic analysis of antimicrobial resistance among *Listeria monocytogenes* isolated from Australian food production chains // Genes 9, 80. DOI: 10.3390/genes9020080.

Zeinali T., Jamshidi A., Bassami M., Rad M. 2017. Isolation and identification of *Listeria* spp. in chicken carcasses marketed in Northeast of Iran // International Food Research Journal 24(2), 881–887.

REFERENCES

Abdollahzadeh, E., Ojagh, S., Hosseini, H., Ghaemi, E., Irajian, G., & Naghizadeh Heidarlo, M. Antimicrobial resistance of *Listeria monocytogenes* isolated from seafood and humans in Iran. In: Microbial Pathogenesis, 2016 (100), pp. 70–74. doi: 10.1016/j.micpath.2016.09.012.

Akrami Mohajeri, F., Derakhshan, Z., Ferrante, M., Hamidiyan, N., Soleymani, M., Conti, G.O., & Tafti, R.D. The prevalence and antimicrobial resistance of *Listeria* spp in raw milk and traditional dairy products delivered in Yazd, central Iran (2016). In: Food and Chemical Toxicology, 2018 (114), pp. 141–144. doi: 10.1016/j.fct.2018.02.006.

Bierne, H., Milohanic, E., & Kortebi, M. To be cytosolic or vacuolar: the double life of *Listeria monocytogenes*. In: Frontiers in cellular and infection microbiology, 2018 (8), p. 136. doi: 10.3389/fcimb.2018.00136.

Braga, V., Vázquez, S., Vico, V., Pastorino, V., Mota, M., Legnani, M., & Varela, G. Prevalence and serotype distribution of *Listeria monocytogenes* isolated from foods in Montevideo-Uruguay. In: Brazilian Journal of Microbiology, 2017 (48), issue 4, pp. 689–694. doi: 10.1016/j.bjm.2017.01.010.

Buchanan, R.L., Gorris, L.G.M., Hayman, M.M., Jackson, T.C., & Whiting, R.C. Review of *Listeria monocytogenes*: An update on outbreaks, virulence, doseresponse, ecology, and risk assessments. In: Food Control, 2017(75), pp. 1–13. doi: 10.1016/j.foodcont.2016.12.016.

Domashenko, O.N., & Gridasov, V.A. Listerioz i beremennost [Listeriosis and Pregnancy]. In: Mediko-sotsialnyye problemy semyi, 2018 (23), issue 1, pp. 19–24. (In Russian).

Efimochkina, N.R. Novye bakterialnye patogeny v pishhevyykh produktakh: eksperimentalnoe obosnovanie i razrabotka sistemy kontrol'ya s primeneniem metodov mikrobiologicheskogo i molekulyarno-geneticheskogo analiza. [New bacterial pathogens in food: An experimental study and development of a control system using the methods of microbiological and molecular genetic analysis]: Thesis for Candidate Degree in biological sciences. Moscow, 2010. (In Russian).

Gluschko, A., Herb, M., Wiegmann, K., Krut, O., Neiss, W.F., Utermöhlen, O., & Schramm, M. The β 2 integrin Mac-1 induces protective LC3-associated phagocytosis of *Listeria monocytogenes*. In: Cell host & microbe, 2018 (23), issue 3, pp. 324–337. doi: 10.1016/j.chom.2018.01.018.

Jay, J.M., Loessner, M.J., & Golden, D.A. Modern Food Microbiology. Russian Edition. Moscow: Binom. Laboratoriya znaniy, 2011. 887 p. (In Russian).

Karavyanskaya, T.N., Sobolyenko, N.V., Bishchuk, O.A., Makarova, T.Ye., & Myedvedeva, Ye.A. Zabolevayemost prirodno-ochagovymi i zooantroponoznymi infektsiyami v Khabarovskom krae v 2017 godu [Morbidity caused by natural focal and zoonanthropous infections in Khabarovsk Krai in 2017]. In: Zdravookhraneniye Dalnego Vostoka, 2018 (3), pp. 29–32. (In Russian).

Khaptanova, N.M., Andreevskaya, N.M., Lukyanova, S.V., Konovalova, Z.A., Gefan, N.G., Ostyak, A.S., & Tokmakova, E.G. Osobennosti serologicheskoy diagnostiki listerioza (obzor literatury) [Aspects of serological diagnostics of listeriosis (literature review)]. In: Acta Biomedica Scientifica, 2019 (4(1)), pp. 43–49. (In Russian). Retrieved from: <https://doi.org/10.29413/ABS.2019-4.1.7>.

McCollum, J.T., Cronquist, A.B., Silk, B.J., Jackson, K.A., O'Connor, K.A., Cosgrove S., et al. Multistate outbreak of listeriosis associated with cantaloupe. In: *New England Journal of Medicine*, 2013 (369), issue 10, pp. 944–953. doi: 10.1056/NEJMoa1215837.

McMinn, R.P., King, A.M., Milkowski, A.L., Hanson, R., Glass, K.A., & Sindelar, J.J. Processed Meat Thermal Processing Food Safety-Generating D-Values for Salmonella, Listeria monocytogenes, and Escherichia coli. In: *Meat and Muscle Biology*, 2018(2), issue 1, pp. 168–179. doi:10.22175/mmb2017.11.0057.

Codex Alimentarius. Guidelines On the Application of General Principles of Food Hygiene to The Control of Listeria Monocytogenes in Foods (CAC/GL 61-2007).

Mukantayev, K.N., Begaliyeva, A., Inirbay, B., Raiymbek, G., Kazyken, D., Segizbayeva, G.Zh., Shevtsov, A. B., & Mukanov K.K. Polucheniye rekombinantnogo antigena r60 Listeria monocytogenes. In: The P60 recombinant antigen of listeria monocytogenes. In: *Biotekhnologiya. Teoriya i praktika*, 2015 (1), pp. 17–25. (In Russian). doi: 10.11134/btp.1.2015.2.

Newell, D.G., Koopmans, M., Verhoef, L., Duizer, E., Aidara-Kane, A., Sprong, H., et al. Food-borne diseases - the challenges of 20 years ago still persist while new ones continue to emerge. In: *International Journal of Food Microbiology*, 2010 (139), pp. S3–S15. doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2010.01.021.

Olaimat, A.N., Al-Holy, M.A., Shahbaz, H.M., Al-Nabulsi, A.A., Abu Ghoush, M.H., Osaili, T.M., & Holley, R.A. Emergence of Antibiotic Resistance in Listeria monocytogenes Isolated from Food Products: A Comprehensive Review. In: *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2018 (17), issue 5, pp. 1277–1292. doi: 10.1111/1541-4337.12387.

Pizarro-Cerda, J., & Cossart, P. Listeria monocytogenes: Cell biology of invasion and intracellular growth. In: *Microbiology Spectrum*, 2018 (6), 6. doi: 10.1128/microbiolspec.GPP3-0013-2018.

Radoshevich, L., & Cossart, P. Listeria monocytogenes: towards a complete picture of its physiology and pathogenesis. In: *Nature Reviews Microbiology*, 2018 (16), issue 1, article 32. doi: 10.1038/nrmicro.2017.126.

Slutsker, L., Altekruuse, S.F., & Swerdlow, D. L. Foodborne diseases: emerging pathogens and trends. In: *Infectious Disease Clinics*, 1998 (12), issue 1, pp. 199–216. doi: 10.1016/S0891-5520(05)70418-9.

Solodovnikov, Yu.P., Ivanenko, A.V., Efremova, N.V., et al. Lokalnye vspyshki i generalizovannye jepidemii kishchnykh infekcij: osnovnye kachestvennye i kolichestvennye harakteristiki. [Local outbreaks and generalized epidemics of intestinal infections: Main qualitative and quantitative characteristics]. In: *Zhurnal mikrobiologii, epidemiologii i immunologii*, 2009 (3), pp. 117–119. (In Russian).

SanPiN 3.1.7.2817-10. Profilaktika listerioza u ljudej. Sanitarno-jepidemiologicheskie pravila. [Prevention of listeriosis in humans. Sanitary and epidemiological rules]. Enacted December 29, 2010. (In Russian).

Starodumova, S.M., & Zaytseva, Ye.A. Sposob bystroy identifikatsii bakteriy roda Listeria i patogenogo vida Listeria monocytogenes s pomoshchyu multipleksnoy PTSR [A method of rapid identification of Listeria bacteria and pathogenic Listeria monocytogenes using multiplex PCR]. In: *Tikhookeanskiy meditsinskiy zhurnal*, 2014 (1), pp. 95–97. (In Russian).

Khaptanova, N.M., Andreyevskaya, N.M., Lukyanova, C.V., Konovalova, Zh.A., Gefan, N.G., Ostyak, A.S., & Tokmakova, Ye.G. Osobennosti serologicheskoy diagnostiki listerioza (obzor literatury) [Features of serological diagnosis of listeriosis (literature review)]. *Acta Biomedica Scientifica*, 2019 (4), issue 1, pp. 43–49. doi: 10.29413/ABS.2019-4.1.7.

Todd, E.C.D., & Notermans, S. Surveillance of listeriosis and its causative pathogen, Listeria monocytogenes. In: *Food Control*, 2011 (22), issue 9, pp. 1484–1490. doi:10.1016/j.foodcont.2010.07.021.

Varma, J.K., Samuel, M.C., Marcus, R., Hoekstra, R.M., Medus, C., Segler, S., & Megginson, M. Listeria monocytogenes infection from foods prepared in a commercial establishment: a case-control study of potential sources of sporadic illness in the United States. In: *Clinical Infectious Diseases*, 2007 (44), issue 4, pp. 521–528. doi: 10.1086/509920.

Vspyshki listerioza v SShA i Danii. [Outbreaks of listeriosis in the United States and Denmark]. *SES*, 2015 (6), pp. 10–11. (In Russian).

Wilson, A., Gray, J., Chandry, P.S., & Fox, E.M. Phenotypic and genotypic analysis of antimicrobial resistance among Listeria monocytogenes isolated from Australian food production chains. In: *Genes*, 2018 (9), p. 80. doi: 10.3390/genes9020080.

Zeinali, T., Jamshidi, A., Bassami, M., & Rad, M. Isolation and identification of Listeria spp. in chicken carcasses marketed in Northeast of Iran. In: *International Food Research Journal*, 2017 (24), issue 2, pp. 881–887.

S.Yu. Soldatova, G.L. Filatova, T.S. Kulikovskaya
Moscow, Russia

A STUDY OF POTENTIAL LISTERIOSIS: AN EMERGING FOOD-BORNE DISEASE

Abstract. The incidence of listeriosis has been rising 1980s. Epidemic outbreaks are becoming more widespread and are accompanied by high mortality. The most common cause of infection is consumption of food contaminated with pathogenic *Listeria* species, in particular *L. monocytogenes*. Listeria bacteria are psychrophiles, live in all media of the environment, and easily move from saprotrophic to parasitic mode of life. All these qualities have provided them with adaptability and high survival capacity. The sources of food contamination with Listeria bacteria usually

are contaminated raw materials or equipment of food production facilities. Deep frozen beef blocks were tested for contamination with *Listeria* bacteria that were detected and identified by bacteriological technique and enzyme immunoassay and immunochromatographic assay. *Listeria* bacteria were found in 35% of samples but there were no pathogenic species among them. The isolated species were identified as *L. innocua*, *L. welshimeri*, *L. grayi* and *L. seeligeri*. These species often colonise various media of the environment. The examined meat samples were found to be safe. Listeriosis can be prevented by systemic proactive measures including sanitary and epidemiological control of food raw materials and finished products, properly organized technological process, and hygienic education of the population.

Key words: *Listeria*; food infection; species identification; bacteriological technique; enzyme immunoassay; immunochromatographic assay.

About the authors: Svetlana Yurievna Soldatova, Candidate of Technical Sciences, associate Professor, Senior Researcher; Galina Lvovna Filatova, Chief Specialist; Tatyana Semenovna Kulikovskaya, Head of the Foodstuffs Examination Laboratory.

Place of employment: Scientific-Research Institute of Storage Problems of the Federal State Reserve Agency of the Russian Federation.

Солдатова С.Ю., Филатова Г.Л., Куликовская Т.С. Листерииоз – эмерджентная инфекция с пищевым путем передачи // Вестник Нижневартовского государственного университета. 2019. № 2. С. 110–117.

Soldatova S.Yu., Filatova G.L., Kulikovskaya T.S. A study of potential listeriosis: an emerging food-borne disease // Bulletin of Nizhnevartovsk State University. 2019. No. 2. P. 110–117.

УДК 504.75.05:612.395.12

Ю.В. Николаева, В.В. Тарасова, А.П. Нечаев
г. Москва, Россия

ЭКОЛОГИЯ ПИТАНИЯ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ПРОИЗВОДСТВА ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ БЫСТРОГО ПРИГОТОВЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ ПИЩЕВЫХ ВОЛОКОН

Аннотация. Основой здоровья и правильного функционирования организма человека является образ жизни, питание, окружающая среда. Это прежде всего связано с тем, что большинство необходимых питательных веществ для жизнедеятельности не синтезируется самим организмом, а должно поступать с пищей. Поэтому идея здорового образа жизни и сбалансированного полноценного питания в последнее время становится все более популярной. В то же время на сегодняшний день у населения особо популярны продукты быстрого приготовления. К недостаткам такой продукции относятся высокая калорийность и обедненный нутриентный состав. Объектом настоящих исследований являлись макаронные изделия быстрого приготовления, производство которых составляет примерно 70% всего рынка продуктов быстрого приготовления. Целью исследований являлось совершенствование технологии изготовления макаронных изделий быстрого приготовления с использованием традиционного и нетрадиционного сырья, обогащенного пищевыми волокнами, с повышенной пищевой ценностью. Обогащение предполагает добавление питательных веществ к пищевым продуктам независимо от того, присутствовали ли в них эти питательные вещества первоначально. Учитывая тенденцию создания продуктов для сбалансированного питания населения, обогащение макаронных изделий быстрого приготовления микроингредиентами является актуальной задачей. Методом разработки рецептур макаронных изделий быстрого приготовления являлось использование нетрадиционного растительного сырья для данного вида продукции – гречневой муки, которая обладает рядом преимуществ по нутриентному составу по сравнению с пшеничной мукой. Для обогащения готового продукта в рецептуру также вносили растворимые и нерастворимые пищевые волокна – инулин и клетчатку с различной длиной волокна.

Ключевые слова: экология питания; пищевые волокна; пищевая ценность; энергетическая ценность; микронутриенты.

Сведения об авторах: Юлия Владимировна Николаева¹, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры биотехнологии и технологии продуктов биорганического синтеза; Вероника Владимировна Тарасова², кандидат технических наук, доцент кафедры биотехнологии и технологии продуктов биорганического синтеза; Алексей Петрович Нечаев³, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры биотехнологии и технологии продуктов биорганического синтеза.

Место работы: ^{1,2,3}ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств».

Контактная информация: ^{1,2,3}125080, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 11, каб. 312; +7(499)750-01-11, доб. 7135; organikamgupp@mail.ru, sod@bk.ru, organikamgupp@mail.ru.

Введение

Исследования ученых РАМН показали, что в настоящее время потребляемые россиянами продукты питания не удовлетворяют физиологическим потребностям человека, вследствие чего возрастает общая алиментарная заболеваемость, снижается работоспособность, значительно сокращается продолжительность жизни и численность населения РФ (Шевченко 2004).

Все большую популярность во всем мире набирает стремление современного человека к здоровому образу жизни и полезным продуктам. Проблема здорового питания является неотъемлемой частью поддержания здоровья. Причем питание в современных условиях должно быть функциональным и не занимать много времени (Шевченко 2004; Пилат и др. 2013; Cencic, Chingwaru 2010; Johns et al. 2006; Virtanen et al. 2011).

Один из путей коррекции питания населения – употребление обогащенных и функциональных пищевых продуктов, которые не только обеспечивают организм человека энергией и необходимыми микронутриентами, но и способствуют снижению риска заболеваний, связанных с питанием, сохраняют и улучшают здоровье за счет наличия в их составе физиологически функциональных пищевых ингредиентов (Шевченко 2004; Duchin 2005; Kearney 2010).

Упрощение рациона питания человека, связанное с повышением доступности недорогих сельскохозяйственных товаров и размыванием агробиоразнообразия, приводит к дефициту питательных веществ и избыточному потреблению энергии. На сегодняшний день среди существующих групп функциональных и обогащенных продуктов питания наиболее стремительный рост на рынке общественного питания показывают полуфабрикаты различной степени готовности. Внимание к собственному здоровью и здоровой пище меняют стереотипы о быстром питании, стимулируя развитие данного сегмента в направлении повышения качества и безопасности. Требования к современным продуктам питания диктуют не только получение качественного продукта в промышленных объемах, но и его сохранность в течение длительного времени без изменения потребительских свойств (Rosenheck 2008; van Dooren et al. 2017).

Возросшее признание взаимосвязей между воздействием пищевых продуктов на окружающую среду и здоровье привело к появлению новой быстрорастущей области исследо-

ваний. Все более популярным становится и изучение влияния на окружающую среду производства продуктов и определение стратегии на международном, национальном или региональном уровне (Swinburn et al. 2004; Heller et al. 2013; Cazzarro et al. 2016; Hallström et al. 2017).

Согласно ТР ТС 022/2011 обогащенная пищевая продукция – пищевая продукция, в которую введены одно или более пищевые и (или) биологически активные вещества и (или) пробиотические микроорганизмы, не присутствующие в ней изначально, либо присутствующие в недостаточном количестве или утерянные в процессе производства (изготовления); при этом гарантированное изготовителем содержание каждого пищевого или биологически активного вещества, использованного для обогащения, доведено до уровня, соответствующего критериям для пищевой продукции – источника пищевого вещества или других отличительных признаков пищевой продукции, а максимальный уровень содержания пищевых и (или) биологически активных веществ в такой продукции не должен превышать верхний безопасный уровень потребления таких веществ при поступлении из всех возможных источников (при наличии таких уровней).

Большой популярностью у населения в последние годы пользуются продукты быстрого приготовления, что связано с их универсальностью и удобством приготовления. Однако недостатками такой продукции с точки зрения нутрициологии являются низкая пищевая ценность и высокое содержание жиров. Поэтому создание макаронных изделий быстрого приготовления повышенной пищевой ценности и пониженной калорийности является перспективным (Michael Milburn 2004; Rös 2015).

Макаронные изделия быстрого приготовления производятся по стандартной рецептуре, в которую входит основное и дополнительное сырье (Чернов, Гнатув 2008; Rosenheck 2008). На сегодняшний день наиболее широко применяется мука хлебопекарная высшего сорта. Однако в последние годы хлебопекарные свойства муки заметно ухудшаются. В процессе переработки зерна происходит удаление периферийных компонентов, что обедняет муку нутриентами, значимыми для здоровья человека (Санжаровская 2016; Hallström 2018).

Целью исследований было создание рецептуры макаронных изделий быстрого приготовления с использованием пищевых волокон, т. е. введение в рацион питания современного человека физиологически обусловленного продукта.

Материалы и методика

При проведении исследований использовали следующее сырье и материалы: муку пшеничную хлебопекарную высшего сорта, муку гречневую, воду питьевую, инулин FibrulineXL, пшеничные волокна SUPERCELWF600, метилцеллюлозу VIVAPURMCA 4M, масло пальмовое.

В работе использовали общепринятые и специальные методы исследования свойств сырья, полуфабрикатов и готовых продуктов. Количественное определение липидов осуществляли по ГОСТ 29033-91.

Пищевую и энергетическую ценность определяли согласно ТР ТС 022/2011.

Сроки годности рассчитывали на приборе «Rancimat-743» с помощью экстраполяции времени индукции на комнатную температуру, а также закладкой на хранение. Условия хранения соответствовали требованиям ТР ТС 021/2011.

Органолептическую оценку макаронных изделий быстрого приготовления после приготовления определяли по ГОСТ 31986-2012.

Для обогащения макаронных изделий быстрого приготовления экспериментальным путем были выбраны пищевые волокна инулин FibrulineXL, клетчатка SUPERCELWF600, а также метилцеллюлоза VIVAPURMCA 4M.

Проводили определение влияния пищевых волокон с различной средней длиной на клейковинный комплекс пшеничной муки высшего сорта. В качестве растворимых пищевых волокон были выбраны инулин Fibruline XL и инулин Вепео GR; в качестве нерастворимых пищевых волокон была выбрана клетчатка – волокна гороховые Ехafine 250, пшеничные волокна SUPERCEL WF600, пшеничные волокна SUPERCEL WF300, пшеничные волокна SUPERCEL WF400; в качестве комплекса растворимых и нерастворимых пищевых волокон были выбраны волокна гороховые Swelite HR; также использовали метилцеллюлозу VIVAPUR MC A 4M. Пищевые волокна вносили в количестве 3,0, 4,0 и 5,0% к массе муки. В качестве контрольного образца выступала клейковина, отмытая из муки, без внесения в нее пищевых волокон.

Результаты исследований и их анализ

Для обогащения макаронных изделий быстрого приготовления микронутриентами перспективно применять такое нетрадиционное сырье, как гречневая мука, что способствует изменению их биологической и пищевой ценности (Османьян 2010). Это решение позволяет

расширить и ассортимент макаронных изделий быстрого приготовления.

Известно, что в гречневой муке содержится большое количество крахмала (71%), белка (12,6%), низкое содержание клетчатки (0,8%), сахаров (2–4%); она богата жирными кислотами (пальмитиновая, олеиновая и линолевая), витаминами (Е, В₁, В₂, В₆, В₉, РР), минеральными веществами (натрий, магний, кальций, калий, железо, фосфор, медь, кобальт, фтор, молибден, сера, марганец, цинк), что способствует устранению дефицита этих веществ в организме (Мысаков и др. 2015). Гречневая мука за счет значительного содержания лецитина обладает понижающими холестерин свойствами (460 мг на 100 г продукта) (Гаврилова 2008), кроме того она имеет низкий гликемический индекс, поэтому ее можно использовать в питании людям, страдающим сахарным диабетом (Фостер 2004).

В гречневой муке отсутствует клейковина, в чистом виде ее не используют. Для производства мучных изделий ее смешивают с другими видами муки (Мысаков и др. 2015). Тесто из гречневой муки не формировалось, не поддавалось замесу, не было цельным. Для улучшения физико-химических и органолептических показателей в рецептуру изделий вносили пшеничную муку высшего сорта. В ходе эксперимента при смешивании 25% пшеничной муки высшего сорта и 75% гречневой муки тесто становилось связанным, плотным. Обжарку проводили при температуре 155°C, что способствовало лучшему сохранению микронутриентов.

При переработке зерна происходит уменьшение содержания в пшеничной муке пищевых волокон, поэтому дополнительное введение их в изделия из муки необходимо (Гаврилова 2008). По рекомендациям ФАО/ВОЗ источником пищевого волокна считается продукт, в 100 г которого содержится 3 г пищевого волокна, при содержании 6 г пищевого волокна такой продукт считается обогащенным (Доронин и др. 2009).

Физиологическое действие инулина состоит в пребиотическом эффекте, его биологическая активность тем выше, чем выше средняя степень его полимеризации. Клетчатка не переваривается, воздействуя на толстый отдел кишечника, связывает и выводит шлаки и токсичные вещества, улучшает тем самым работу кишечника (Ipatova 2007; Солдатова 2016).

Создание продуктов, обогащенных волокнами, на практике связано с особенностями, обусловленными различиями их химического строения, физико-химических свойств и физио-

логических эффектов. Внесение в рецептуру пищевых волокон влечет изменение свойств муки, полученных тестовых заготовок и готовых изделий. Предварительно проводили определение влияния пищевых волокон с различной средней длиной на клейковинный комплекс пшеничной муки высшего сорта.

По результатам эксперимента установлено, что анализируемые пищевые волокна по-разному влияют на количество и свойства клейковины (рис. 1, 2).

Были разработаны рецептуры макаронных изделий быстрого приготовления из смеси

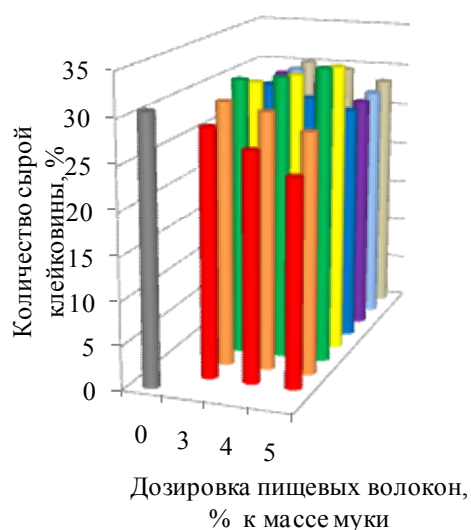


Рис. 1. Влияние пищевых волокон на количество сырой клейковины пшеничной муки

При внесении смеси пищевых волокон FibrulineXL и VIVAPURMCA 4M в рецептуру макаронных изделий быстрого приготовления количество пищевых волокон увеличилось на 220,0%, при внесении смеси пищевых волокон SUPERCELWF600 и VIVAPURMCA 4M количество пищевых волокон увеличилось на 250,0% по сравнению с контролем без внесения пищевых волокон (рис. 3).

По рекомендациям ФАО/ВОЗ продукт, полученный при внесении композиции пищевых волокон FibrulineXL/VIVAPURMCA 4M, может рассматриваться как обогащенный инулином – 3,09 г инулина на 100 г продукта. Продукт, полученный при внесении композиции пищевых волокон SUPERCELWF600/VIVAPURMCA 4M, может рассматриваться как

гречневой муки и пшеничной муки высшего сорта, обогащенные пищевыми волокнами инулином FibrulineXL, клетчаткой SUPERCELWF600, с внесением метилцеллюлозы VIVAPURMCA 4M, поскольку их внесение в наибольшей степени приводило к улучшению качества полуфабрикатов с использованием пшеничной муки – укреплению клейковины и снижению ее гидратационной способности. С увеличением дозировок пищевых волокон растяжимость клейковины практически не изменялась и оставалась в пределах I группы – средней (хорошей).

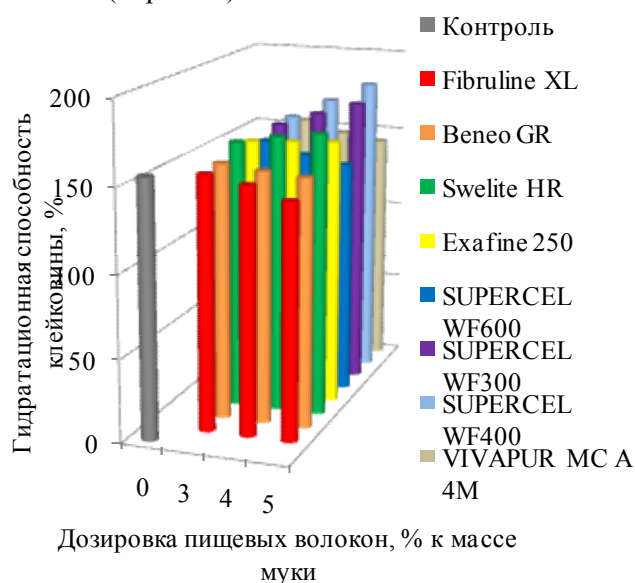


Рис. 2. Влияние пищевых волокон на гидратационную способность клейковины пшеничной муки

обогащенный клетчаткой – 3,52 г клетчатки на 100 г продукта.

Разработанные образцы макаронных изделий быстрого приготовления могут считаться источниками пищевых волокон в соответствии с Техническим Регламентом Таможенного Союза 022/2011 «Пищевая продукция в части ее маркировки».

В соответствии с расчетом пищевой и энергетической ценности разработанных макаронных изделий быстрого приготовления, употребление стандартной порции макаронных изделий быстрого приготовления (в среднем 60 г) позволяет удовлетворять суточную потребность в пищевых волокнах: при внесении FibrulineXL/VIVAPURMCA 4M – на 15,36%, при внесении SUPERCELWF600/VIVAPURMCA 4M – на 16,80%.

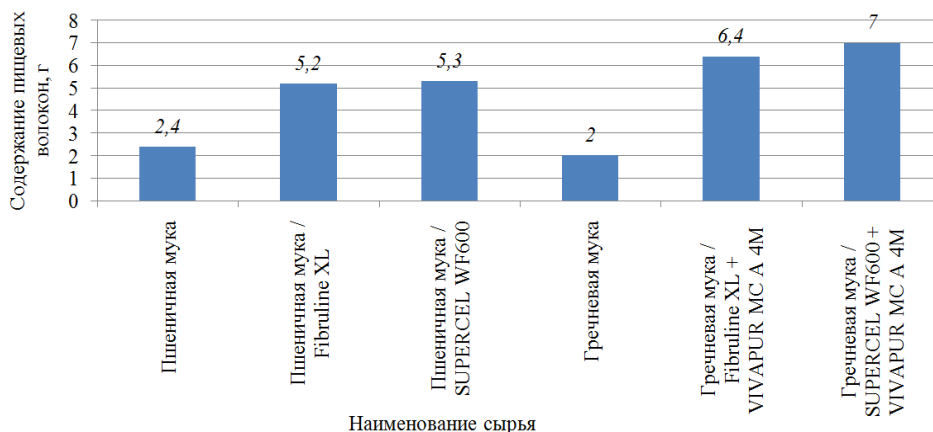


Рис. 3. Содержание пищевых волокон в разработанных макаронных изделиях быстрого приготовления

Одна из стадий получения макаронных изделий быстрого приготовления – обжаривание полуфабриката во фритюре. При этом происходит липид-белковое взаимодействие между белками муки и фритюрным жиром, что приводит к увеличению количества липидов в готовом продукте в среднем до 25%. Технологическая функция пищевых волокон в рецептуре макаронных изделий быстрого приготовления заключалась в снижении абсорбции жира полуфабрикатом при обжаривании.

Внесение в рецептуру макаронных изделий быстрого приготовления инулина FibrulineXL, пшеничных волокон SUPERCELWF600, метилцеллюлозы VIVAPURMCA 4M приводило к снижению абсорбции жира полуфабрикатом на стадии обжаривания, что в свою очередь приводило к снижению энергетической ценности готового продукта. По результатам эксперимента установлено, что технологические свойства пищевых волокон зависят от особенностей их строения. Растворимые волокна с длиной цепи около 500 мкм обладают минимальной жиросвязывающей способностью, при этом абсорбирующие свойства усиливались с

уменьшением длины растворимого волокна. При внесении в рецептуру клетчатки, минимальную жиросвязывающую способность проявляли волокна со средней длиной цепи около 80 мкм, абсорбирующие свойства усиливались с увеличением длины нерастворимого волокна.

В целях достижения оптимального технологического эффекта составили композиции пищевых волокон. При внесении композиции пищевых волокон FibrulineXL/VIVAPURMCA 4M в рецептуру массовая доля абсорбированных полуфабрикатом липидов снижалась на 25–26%, а при внесении композиции пищевых волокон SUPERCELWF600/VIVAPURMCA 4M на 25–27% по сравнению с контролем без внесения пищевых волокон (рис. 4). Обжаривание полуфабрикатов проводили в пальмовом масле по причине его широкого распространения при производстве макаронных изделий быстрого приготовления (Bingley 2016).

Энергетическая ценность макаронных изделий быстрого приготовления снижалась: при внесении FibrulineXL и VIVAPURMCA 4M – на 18,0%, при внесении SUPERCELWF600 и VIVAPURMCA 4M – на 22,5% (рис. 5).

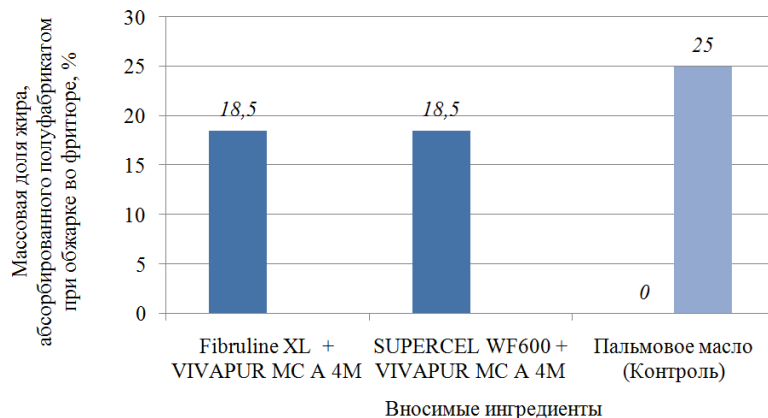


Рис. 4. Влияние композиций пищевых волокон на абсорбцию липидов при обжаривании макаронных изделий быстрого приготовления из смеси пшеничной и гречневой муки

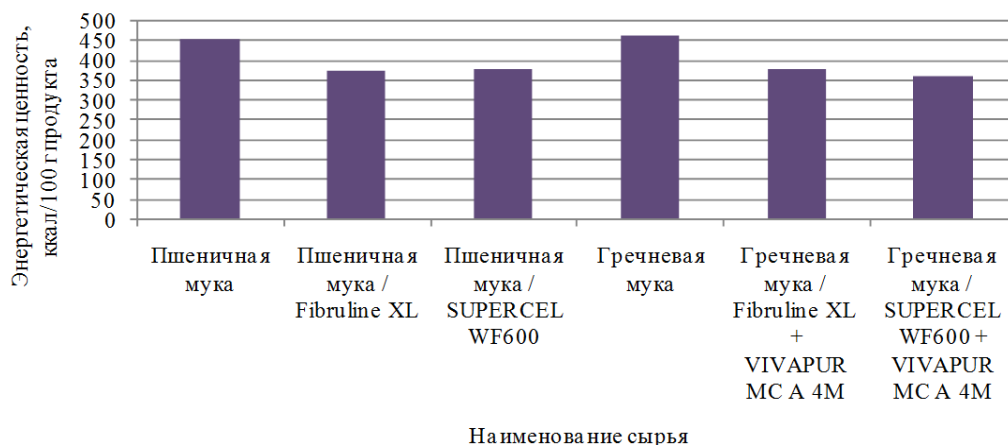


Рис. 5. Энергетическая ценность разработанных макаронных изделий быстрого приготовления

Заключение

Расчет содержания витаминов и минеральных веществ показал, что разработанные макаронные изделия быстрого приготовления за счет использования гречневой муки характеризуются более высоким содержанием минеральных веществ по сравнению с традиционными макаронными изделиями быстрого приготовления из пшеничной муки высшего сорта (кальция – в 2 раза, магния – в 2,5 раза, фосфора – в 2,5 раза, железа – в 2,7 раза), а также витаминов (тиамина – в 2 раза, рибофлавина – в 3,7 раза, ниацина – в 2,2 раза). Согласно Техническому Регламенту Таможенного Союза 022/2011 «Пищевая продукция в части ее маркировки» макаронные изделия быстрого приготовления на основе смеси гречневой и пшеничной муки могут считаться источниками Р и Fe, так как их доля в порции от средней суточной

потребности составляет 15,7 и 19,8% соответственно.

В результате создан пищевой продукт нового поколения, отвечающий требованиям сегодняшнего дня. Это продукт с хорошим вкусом и ароматом, со сбалансированным составом, низкой калорийностью, с пониженным содержанием жира, обогащенный пищевыми волокнами и минеральными веществами (полезный для здоровья), быстрого приготовления и длительного хранения, что соответствует науке о питании, рассматривающей тесную связь питательных веществ с физиологией человека, обменом веществ, работоспособностью и здоровьем. Таким образом, с точки зрения современного подхода к созданию продуктов питания, полученный продукт будет способствовать поддержанию здоровья человека с учетом современного ритма жизни.

ЛИТЕРАТУРА

- Гаврилова О. М. 2008. Разработка технологии хлебобулочных изделий с применением гречневой муки: Дис. ... канд. техн. наук. М.
- ГОСТ от 01.01.2015 № 31986-2012 «Услуги общественного питания. Метод органолептической оценки качества продукции общественного питания». 2014 // Стандартиформ, 15.
- ГОСТ от 01.07.1992 № 29033-91 «Зерно и продукты его переработки. Метод определения жира». 2004 // ИПК Издательство стандартов, 6.
- Доронин А. Ф., Ипатов Л. Г., Кочеткова А. А., Нечаев А. П., Хуришудян С. А., Шубина О. Г. 2009. Функциональные пищевые продукты. Введение в технологию. М.: ДеЛи принт.
- Мысаков Д. С., Крюкова Е. В., Чугунова О. В. 2015. Изучение химического состава гречневой муки и ее влияния в смеси с пшеничной мукой на качество хлеба // Наукоедение Т. 7. № 5. URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/72TVN515.pdf> (2019. 20 апр.).
- Осмьян Р. Г. 2010. Хлебопекарное пшеничное тесто с применением нетрадиционного сырья (биомодифицированный сахаросодержащий гидролизат «сахарок» из целого зерна овса) // Пищевая и перерабатывающая промышленность: РЖ ВИНТИ 2, 400.
- Пилат Т. Л., Белых О. А., Волкова Л. Ю. 2013. Функциональные продукты питания: своевременная необходимость или общее заблуждение? // Пищевая промышленность 2, 71–73.
- Санжаровская Н. С. 2016. Влияние пектиновых экстрактов на хлебопекарные свойства пшеничной муки // Молодой ученый 21, 213–216.
- Солдатова С. Ю., Бутова С. Н., Голованова К. Ю. 2016. Разработка рецептуры биологически активной добавки для нормализации работы желудочно-кишечного тракта // Бюллетень науки и практики 5 (6), 27–33.
- ТР ТС от 09.12.2011 № 021/2011 «О безопасности пищевой продукции». 2012 // ЦНТД «Регламент», 242.

ТР ТС от 09.12.2011 № 022/2011 «Пищевая продукция в части ее маркировки». 2012 // ЦНТД «Регламент», 29.

Фостер Э. 2004. Диета GI: как использовать гликемический индекс (ГИ) для снижения веса и получения энергии. М.: Кладезь-Букс.

Чернов М. Е., Гнатув Е. М. 2008. Производство макаронных изделий быстрого приготовления. М.: ДеЛи принт.

Шевченко Ю.Л. 2004. Здоровье населения России // Вестник Российской академии наук 74, 5, 399–402.

Bingley C. 2016. Fibers that are fit for purpose // Food ingredients June, 88–90.

Cazcarro I., Duarte R., Sánchez-Chóliz J. 2016. Downscaling the grey water footprints of production and consumption // Journal of Cleaner Production, 132, 171–183. DOI: 10.1016/j.jclepro.2015.07.113.

Cencic A., Chingwaru W. 2010. The role of functional foods, nutraceuticals, and food supplements in intestinal health // Nutrients 2(6), 611–625. DOI: 10.3390/nu2060611.

Duchin F. 2005. Sustainable consumption of food: a framework for analyzing scenarios about changes in diets // Journal of Industrial Ecology 9(1-2), 99–114. DOI: 10.1162/1088198054084707.

Hallström E., Davis J., Woodhouse A., Sonesson U. 2018. Using dietary quality scores to assess sustainability of food products and human diets: a systematic review // Ecological indicators 93, 219–230. DOI: 10.1016/j.ecolind.2018.04.071.

Heller M. C., Keoleian G. A., Walter W. C. 2013. Toward a life cycle-based, diet-level framework for food environmental impact and nutritional quality assessment: a critical review // Environmental science & technology 47.22, 12632–12647. DOI: 10.1021/es4025113.

Ipatova L. G., Kochetkova A. A., Nechaev A. P., Tarasova V. V., Filatova A. A. 2007. Pishhevyye volokna v produktakh pitaniya // Pishhevaya promyshlennost' 5, 8–10.

Johns T., Eyzaguirre P. B. 2006. Linking biodiversity, diet and health in policy and practice // Proceedings of the Nutrition Society 65(2), 182–189. DOI: 10.1079/PNS2006494.

Kearney J. 2010. Food consumption trends and drivers // Philosophical transactions of the royal society B: biological sciences 365(1554), 2793–2807. DOI: 10.1098/rstb.2010.0149.

Lukas M., Rohn H., Lettenmeier M., Liedtke C., Wiesen K. 2016. The nutritional footprint—integrated methodology using environmental and health indicators to indicate potential for absolute reduction of natural resource use in the field of food and nutrition // Journal of cleaner production 132, 161–170. DOI: 10.1016/j.jclepro.2015.02.070.

Milburn M. P. 2004. Indigenous Nutrition: Using Traditional Food Knowledge to Solve Contemporary Health Problems // American Indian Quarterly 28(3/4), 411–434. URL: <http://www.jstor.org/stable/413892>.

Röös E., Karlsson H., Witthöft C., Sundberg C. 2015. Evaluating the sustainability of diets—combining environmental and nutritional aspects // Environmental Science & Policy 47, 157–166. DOI: 10.1016/j.envsci.2014.12.001.

Rosenheck R. 2008. Fast food consumption and increased caloric intake: a systematic review of a trajectory towards weight gain and obesity risk // Obesity reviews 9(6), 535–547. DOI: 10.1111/j.1467-789X.2008.00477.x.

Rothman J. M., Chapman C. A., Hansen J. L., Cherney D. J., Pell A. N. 2009. Rapid assessment of the nutritional value of foods eaten by mountain gorillas: applying near-infrared reflectance spectroscopy to primatology // International Journal of Primatology 30(5), 729–742. DOI: 10.1007/s10764-009-9372-z.

Swinburn B. A., Caterson I., Seidell J. C., James W. P. T. 2004. Diet, nutrition and the prevention of excess weight gain and obesity // Public health nutrition 7(1a), 123–146. DOI: 10.1079/PHN2003585.

van Dooren C., Douma A., Aiking H., Vellinga P. 2017. Proposing a novel index reflecting both climate impact and nutritional impact of food products // Ecological Economics 131, 389–398. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2016.08.029.

Virtanen Y., Kurppa S., Saarinen M., Katajajuuri J. M., Usva K., Mäenpää I., Nissinen A. 2011. Carbon footprint of food—approaches from national input–output statistics and a LCA of a food portion // Journal of Cleaner Production 19(16), 1849–1856. DOI: 10.1016/j.jclepro.2011.07.001.

REFERENCES

Bingley, C. Fibers that are fit for purpose. In: Food ingredients, 2016 June, pp. 88–90.

Gavrilova, O.M. Razrabotka tekhnologii khlebobulochnykh izdeliy s primeneniyyem grechnevoy muki [Development of bakery products technology using buckwheat flour]: Thesis for Candidate Degree in technical sciences. Moscow, 2008. (In Russian).

GOST 31986-2012. Public catering service. Method of sensory evaluation of catering products. (In Russian).

GOST 29033-91. Grain and derived products. Determination of fat content. (In Russian).

Doronin, A.F., Ipatova, L.G., Kochetkova, A.A., Nechayev, A.P., Khurshudyan, S.A., Shubina, O.G. Funktsionalnyye pishchevyye produkty. Vvedeniye v tekhnologii [Functional foods. Introduction to technology]. Moscow DeLi Print, 2009. (In Russian).

Mysakov, D.S., Kryukova, Ye.V., & Chugunova, O.V. Izucheniye khimicheskogo sostava grechnevoy muki i yeye vliyaniya v smesi s pshenichnoy mukoy na kachestvo khleba [Research of the chemical composition of buckwheat flour and its influence in mix with wheat flour on quality of bread]. In: Naukovedeniye, 2015 (7), issue 5. (In Russian). doi: 10.15862/72TVN515

Osmanyán, R.G. Khlebopekarnoye pshenichnoye testo s primeneniye netraditsionnogo syr'ya (biomodifitsirovanny sakharosoderzhashchiy gidrolizat "sakharok" iz tselogo zerna ovsa) [Baking wheat dough with non-traditional raw materials (biomodified sugar-containing hydrolyzate "sakharok" from whole oats). In: *Pishchevaya i pererabatyvayushchaya promyshlennost: Referativny zhurnal VINITI*, 2010 (2), p. 400. (In Russian).

Pilat, T.L., Belykh, O.A., Volkova, & L.Yu. Funktsionalnyyeproduktpitaniya: svoeyvremennaya neobkhodimost iliobshcheyezabluzhdeniye? [Functional food products: well-timed necessity or common delusion?]. In: *Pishchevayapromyshlennost*, 2013 (2), pp. 71–73. (In Russian).

Sanzharovskaya, N.S. Vliyaniye pektinovykh ekstraktov na khlebopekarnyye svoystva pshenichnoy muki [Effect of pectin extracts on baking properties of wheat flour]. In: *Molodoy uchenyy*, 2016 (21), pp. 213–216. (In Russian).

Soldatova, S.Yu., Butova, S.N., & Golovanova, K.Yu. Razrabotka retseptury biologicheski aktivnoy dobavki dlya normalizatsii raboty zheludochno-kishechnogo trakta [Development of biologically active additive formula for normalization of gastrointestinal tract]. In: *Byulleten nauki i praktiki*, 2016(5), issue 6, pp. 27–33. (In Russian).

Technical Regulation of Customs Union TR TS 021/2011 dated December 9, 2011 "On safety of food products". (In Russian).

Technical Regulation of Customs Union TR TS 022/2011 dated December 9, 2011 "Food products with regard to its labeling". (In Russian).

Foster, E. Diyeta GI: kak ispolzovat glikemicheskiy indeks (GI) dlya snizheniya vesa i polucheniya energii [GI Diet: How to use glycemic index (GI) for weight loss and energy]. Moscow: Kladez-Buks, 2004. (In Russian).

Chernov, M.Ye., & Gnativ, Ye.M. Proizvodstvo makaronnykh izdeliy bystrogo prigotovleniya [Production of instant noodles]. Moscow: DeLi Print, 2008. (In Russian).

Shevchenko, Yu.L. Zdorovye naseleniya Rossii [Health of Russia's population]. In: *Vestnik Rossiyskoy akademii nauk*, 2004 (74), issue 5, pp. 399–402. (In Russian).

Cazcarro, I., Duarte, R., & Sánchez-Chóliz, J. Downscaling the grey water footprints of production and consumption. In: *Journal of Cleaner Production*, 2016 (132), pp. 171–183. doi: 10.1016/j.jclepro.2015.07.113.

Cencic, A., & Chingwaru, W. The role of functional foods, nutraceuticals, and food supplements in intestinal health. In: *Nutrients*, 2010 (2), issue 6, pp. 611–625. doi: 10.3390/nu2060611.

Duchin, F. Sustainable consumption of food: a framework for analyzing scenarios about changes in diets. In: *Journal of Industrial Ecology*, 2015 (9), issue 1-2, pp. 99–114. doi: 10.1162/1088198054084707.

Hallström, E., Davis, J., Woodhouse, A., & Sonesson, U. Using dietary quality scores to assess sustainability of food products and human diets: a systematic review. In: *Ecological Indicators*, 2018 (93), pp. 219–230. doi: 10.1016/j.ecolind.2018.04.071.

Heller, Martin C., Keoleian, Gregory A., & Willett, Walter C. Toward a life cycle-based, diet-level framework for food environmental impact and nutritional quality assessment: a critical review. In: *Environmental Science and Technology*, 2013 (47.22), pp. 12632–12647. doi: 10.1021/es4025113.

Ipatova, L.G., Kochetkova, A.A., Nechaev, A.P., Tarasova, V.V., & Filatova, A.A. Pishhevye volokna v produktax pitaniya [Fiber in food products]. In: *Pishhevaya promyshlennost*, 2007 (5), pp. 8–10. (In Russian).

Johns, T., & Eyzaguirre, P.B. Linking biodiversity, diet and health in policy and practice. In: *Proceedings of the Nutrition Society*, 2006 (65), issue 2, pp. 182–189. doi: 10.1079/PNS2006494.

Kearney, J. Food consumption trends and drivers. In: *Philosophical transactions of the royal society B: Biological Sciences*, 2010 (365), pp. 2793–2807. doi: 10.1098/rstb.2010.0149.

Lukas, M., Rohn, H., Lettenmeier, M., Liedtke, C., & Wiesen, K. The nutritional footprint–integrated methodology using environmental and health indicators to indicate potential for absolute reduction of natural resource use in the field of food and nutrition. In: *Journal of Cleaner Production*, 2016 (132), pp. 161–170. DOI: 10.1016/j.jclepro.2015.02.070.

Milburn, M.P. Indigenous Nutrition: Using Traditional Food Knowledge to Solve Contemporary Health Problems. In: *American Indian Quarterly*, 2004 (28), issue 3/4, pp. 411–434.

Röös, E., Karlsson, H., Witthöft, C., & Sundberg, C. Evaluating the sustainability of diets—combining environmental and nutritional aspects. In: *Environmental Science and Policy*, 2015 (47), pp. 157–166. doi: 10.1016/j.envsci.2014.12.001.

Rosenheck, R. Fast food consumption and increased caloric intake: A systematic review of a trajectory towards weight gain and obesity risk. In: *Obesity Reviews*, 2008 (9), issue 6, pp. 535–547. doi: 10.1111/j.1467-789X.2008.00477.x.

Rothman, J.M., Chapman, C.A., Hansen, J.L., Cherney, D.J., & Pelló A.N. Rapid assessment of the nutritional value of foods eaten by mountain gorillas: applying near-infrared reflectance spectroscopy to primatology. In: *International Journal of Primatology*, 2009 (30), issue 5, pp. 729–742. doi: 10.1007/s10764-009-9372-z.

Swinburn, B.A., Caterson, I., Seidell, J.C., & James, W.P.T. Diet, nutrition and the prevention of excess weight gain and obesity. In: *Public Health Nutrition*, 2004 (7), issue 1a, pp. 123–146. doi: 10.1079/PHN2003585.

van Dooren, C., Douma, A., Aiking, H., & Vellinga, P. Proposing a novel index reflecting both climate impact and nutritional impact of food products. In: *Ecological Economics*, 2017 (131), pp. 389–398. doi: 10.1016/j.ecolecon.2016.08.029.

Virtanen, Y., Kurppa, S., Saarinen, M., Katajajuuri, J.M., Usva, K., Mäenpää, I., & Nissinen, A. Carbon footprint of food—approaches from national input–output statistics and a LCA of a food portion. In: *Journal of Cleaner Production*, 2011 (19), issue 16, pp. 1849–1856. doi: 10.1016/j.jclepro.2011.07.001.

Yu.V. Nikolaeva, V.V. Tarasova, A.P. Nechaev
Moscow, Russia

ECOLOGY OF NUTRITION AND PROMISING TRENDS IN PRODUCTION OF DIETARY FIBER BASED INSTANT FOODS

Abstract. The article presents the development of a new formulation of instant noodles based on dietary fiber. Given the trend for functional foods that provide balanced nutrition, the enrichment of instant noodles with micronutrients is becoming increasingly important. The aim of the work was to study the content of dietary fiber in instant noodles with introduced inulin Fibruline XL, fiber SUPERCEL WF600, and methyl cellulose VIVAPUR MC A 4M. It was determined if dietary fiber was preserved after technological processing of the raw material. Buckwheat flour, which has a number of advantages in nutrient composition in comparison with wheat flour, was used as a raw material. Generally accepted and special methods of studying the properties of raw materials, semi-finished food products and finished food products were used. Lipid content, nutritional and caloric values were determined. The effect of dietary fibers with different average lengths on the gluten complex of high grade wheat flour was studied. Organoleptic evaluation was made. The shelf life of the product was calculated using the Rancimat-743 device, with extrapolation of the induction time to room temperature and storage. As a result, we obtained a new, physiologically conditioned product having a balanced composition, low caloric content, and low fat content and enriched with dietary fibers and minerals.

Key words: nutrition ecology; dietary fiber; nutritional value; caloric value, micronutrient.

About the authors: Yulia Vladimirovna Nikolaeva, Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer at the Department of Biotechnology and Technology of Bioorganic Synthesis Products; Veronika Vladimirovna Tarasova, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Biotechnology and Technology of Bioorganic Synthesis Products; Alexey Petrovich Nechaev, Doctor of Technical Sciences, Professor at the Department of Biotechnology and Technology of Bioorganic Synthesis Products.

Place of employment: Moscow State University of Food Production.

Николаева Ю.В., Тарасова В.В., Нечаев А.П. Экология питания и перспективные тенденции производства пищевых продуктов быстрого приготовления на основе пищевых волокон // Вестник Нижневартковского государственного университета. 2019. № 2. С. 117–125.

Nikolaeva Yu.V., Tarasova V.V., Nechaev A.P. Ecology of nutrition and promising trends in production of dietary fiber based instant foods // Bulletin of Nizhnevartovsk State University. 2019. No. 2. P. 117–125.

РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ

УДК 504.062.2

Е.К. Манафова
г. Баку, Азербайджан

ПОЧВЫ КАК ОСНОВА АГРОЦЕНОЗОВ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО СКЛОНА БОЛЬШОГО КАВКАЗА АЗЕРБАЙДЖАНА

Аннотация. В статье описаны геоморфологические, геологические условия формирования, климатические и гидрологические условия северо-восточного склона Большого Кавказа. Представлено морфогенетическое описание почвенного профиля типичных горно-лесных бурых, остаточных карбонатных горно-лесных бурых и горно-серо-коричневых типов почв, характерных для данного региона. Физические, химические и физико-химические анализы почв проводились общепринятыми методами. Морфогенетическое описание почвенных профилей проводилось согласно Международной системе WRB. Проанализированы основные диагностические показатели и проведен сравнительный анализ современного состояния характерных типов северо-восточного склона Большого Кавказа на примере Гусарского района Азербайджана с учетом использования их под посевы. Проведена сравнительная оценка характерных типов почв по наличию гумуса (основного показателя плодородия), общего азота, реакции среды, карбонатности, гранулометрическому составу и емкости поглощения.

Ключевые слова: гумус; гранулометрический состав; карбонатность; емкость поглощения.

Сведения об авторе: Егана Камиль гызы Манафова, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ведущий научный сотрудник.

Место работы: Институт Почвоведения и Агрохимии Национальной Академии Наук Азербайджана.

Контактная информация: AZ 1073, Азербайджан, г. Баку, ул. Мамед Рагима, д. 5; тел. +994 77 455 05 53, e-mail: azad.kerimov59@mail.ru.

Введение

О почвенном покрове Азербайджана впервые высказал свое мнение академик В.В. Докучаев (1898) после посещения Кавказа (Докучаев 1951). Почвенные исследования проводились рядом исследователей с середины прошлого века (Алиев 1964; 1978; 1984; Гасанов 2005; Мамедов 1970; Гасымов 2018). На основе богатого фондового материала Института Почвоведения и Агрохимии НАН Азербайджана под руководством академика М.П. Бабаева почвы Южного, юго- и северо-восточного склонов Большого Кавказа были классифицированы по Всемирной и ФАО ЮНЕСКО системе (Бабаев и др. 2011; 2016; 2017).

Антропогенное воздействие на экосистемы создает ряд экологических проблем. Под действием нерациональных способов хозяйствования разрушаются неустойчивые природные ландшафты. Происходит повсеместная ирригационная деградация, вторичное засоление и другие неблагоприятные явления, способствующие отчуждению сотни тысяч гектаров плодородных земель из сельскохозяйственного оборота (Алиев и др. 2013; 2014; Бабаев 2004; Бабаев 2015; Гасанова и др. 2014; Ганиева и др. 2018; Гусейнов 2014; Джалилова и др. 2017).

Исследования биоты агроценозов на территории Азербайджана приведены в работах ряда авторов. Изучено количественное и качественное изменение видового состава микромицетов почв (Гасанова, Бахбуди 2012; Мурадов и др. 2016; Нуриева 2015; Наджафова 2018), динамика численности микроорганизмов в агрофитоценозах в почвах северо-восточного склона Малого Кавказа Азербайджана (Оруджева 2011; Мустафаев 2018).

Повышение плодородия почв является наиболее актуальным вопросом при изучении различных территорий региона, т. к. сельское хозяйство и регулирование экологического равновесия определяется как стратегическое приоритетное (после нефтяной промышленности) направление социально-экономического развития Азербайджана (Велиев 2015; Бабаев и др. 2014; Керимов 2017). На исследование содержания гумуса и микроэлементов в агроэкосистемах, а также на процессы деградации почв направлено внимание большинства ученых Республики. В настоящее время имеются фундаментальные работы, посвященные эрозионным процессам, истощению почв, трансформации земель под воздействием пестицидов, гербицидов и минеральных удобрений (Алиев

1964; Алиев 2013; Гурбанов 2015; Гумматов 2016; Мамедов 2011, 2016, 2018; Рамазанова 2017; Рамазанова, Бабаев 2012; Самедов 2013).

Изучению изменений состава и свойств почв при посевах различных культур (перца, томата, винограда и др.) посвящен ряд работ по агроэкологической оценке земель (Джафаров 2014; Султанова 2015; Рамазанова 2016; Зама-нов и др. 2018; Гасымов 2019).

Целью представленной работы стало изучение современного состояния сформированных на северо-восточном склоне Большого Кавказа типичных горно-лесных бурых, остаточных карбонатных горно-лесных бурых и горно-серо-коричневых почв, анализ их морфогенетических горизонтов строения на основе Международной системы WRB и определение возможности их использования в сельском хозяйстве.

Район исследования

Исследования проводились на территории Гусарского района, который расположен на северо-восточной части Большого Кавказа и занимает площадь в 1 542 км², что составляет 1,7% от общей площади Азербайджана.

Район граничит на севере с Судурским хребтом и р. Самур, расположенным в Дагестанской АР Российской Федерации, на юге – с Губинским, на западе – с Габалинским и на востоке – с Хачмазским районами. Протяженность района с запада на восток составляет 85 км, а с севера на юг – 35 км. Район расположен в 179 км от г. Баку, географические координаты 41°11' с.ш. и 41°45' в.д. (Ализаде, Тарихазер 2015). Наивысшая точка – 4 466 м, а средняя высота – 2 000 м.

На равнинных территориях региона господствует климат жарких полупустынь и сухих степей, в предгорьях – умеренно теплый, а на средне- и высокогорьях – холодный и влажный и горно тундровый. На равнинной части (7% территории) среднемесячная температура января – 12°С, июля –23–25°С. В предгорной части (22% территории) температура воздуха в январе – –2–6°С, а июля – 18–22°С. В высокогорьях (29% территории) температура января ниже –13°С, а июля – ниже 10°С.

Годовое количество атмосферных осадков 200–600 мм, по побережью оно увеличивается от юго-востока к северо-западу (250–400 мм). По мере возрастания гипсометрического уровня (примерно 1 000 м) с востока на запад количество атмосферных осадков также увеличивается – 250–400 мм (Шихлинский 1966).

В горных местностях распространены горно-лесные бурые, коричневые горно-лесные, горные каштановые (серо-коричневые), и другие почвы (Бабаев 2017).

Объект и методика исследований

Объект исследования – типичные горно-лесные бурые, остаточные карбонатные горно-лесные бурые и горно-серо-коричневые почвы Гусарского района.

Проведено морфологическое описание трех почвенных разрезов, выполнен физический и химический анализ образцов. Общее количество взятых образцов – 65.

Морфогенетическое описание почвенного профиля и характеристика диагностических показателей проведены согласно Международной системе WRB почвенных разрезов, характеризующих типичные горно-лесные бурые, остаточные карбонатные горно-лесные и серо-коричневые почвы объекта исследований.

Физический и химический анализ почв выполнен по общепринятыми методикам, определены: объемная и удельная масса, гранулометрический состав, пористость, гигроскопическая влага, поглощенные основания, реакция среды pH, гумус, карбонатность (Агрофизические... 1966; 1975; Аринушкина 1970; Воробьева 2011).

Все анализы выполнены в 3-кратной повторности и проведена статистическая обработка результатов. Полученные данные представлены в таблице.

Результаты исследования и обсуждение

Разрез № 1 расположен на северо-восточной части Гусарского района в селе Хазри, на высоте 792 м, на типичных горно-лесных бурых почвах (Dystric Cambisols), географические координаты – 41°30' 15,32" с.ш., 48°15' 46,94" в.д.

Основные эдификаторы: бук (*Fagus sylvatica* L.), граб (*Carpinus betulus* L.), тис (*Taxus* L.) и кустарниковая растительность.

АО	изобилие прошлогодней подстилающей
0–3 см	поверхности;
AT vz	более изобильное покрытие прошло-
3–12 см	годней подстилки, окрас буро-
	красноватый, плотный, корни и кореш-
	ки, комковатая, биологически обрабо-
	тана, влажная, переход ясный;
AT vz	более изобильное покрытие
12–35 см	прошлогодней подстилки, корни и
	корешки, комковатая, биологически
	обработана, влажная, переход ясный;

ВТр 35–61 см	несколько темнее предыдущего горизонта, комковатая, зернистая, плотная, влажная, переход ясный;
ВТр _q 61–82 см	желтовато-бурая, сероватые ржавые пятна, белые пятна, корни и корешки, плотная, влажная, переход постепенный;
В/Сg 82– 125 см	желтовато-бурая, сероватые ржавые пятна, белые пятна, корни и корешки, мелкие камни, плотная, влажная, переход не ясный;
СL ниже 125 см	желтоватая, бесструктурная, камни и корни деревьев.

К основным морфологическим признакам, относящимся к типичным горно-лесным бурым почвам относятся: формирование на крутых горных склонах; мощность почвенного профиля; наличие мелкоземистого слоя; резкий переход почвенных горизонтов профиля; высокие значения гумуса в верхней части профиля; превосходство зольных элементов у верхних горизонтов.

Ареал распространения типичных горно-лесных бурых почв – на различных гипсометрических уровнях. Их нижняя граница проходит на высоте 900–1000 м от поверхности моря, а верхняя – на высоте 2000–2200 м. Данный тип почвы формируется в условиях умеренно-теплого климата и выражается среднегодовыми температурами 6,0–11,9 °С. В зимний период подвергается слабому замерзанию.

Типичные горно-лесные бурые почвы в основном сформированы под дубово-буковыми и в некоторых случаях под грабовыми лесами. Распад органического опада имеет огромное влияние на почвообразовательный процесс. Их запасы в буково-грабовых лесах примерно соответствуют 5,3–6,7 т/га. Наличие в составе опада Са, Mg, Si, и изредка Fe замедляет процесс оподзоливания, что в свою очередь отрицательно влияет на накопление зольных элементов в почве.

Анализируя результаты физических, химических и физико-химических анализов горно-лесных бурых (Dystric Cambisols) почв разреза № 1, следует отметить, что по гранулометрическому составу почвы являются средние и тяжело глинистыми. Содержание физической глины (\square 0,01 мм) варьирует в пределах 44–62%, объемная масса 2,13–1,42 г/см³.

Величина гумуса в верхнем 0–3 см слое почвы составляет 12,59%, а общий азот – 0,89%.

По мере возрастания глубины происходит довольно резкое уменьшение значений гумуса, составляя в слое 3–12 см – 2,11% и обще-

го азота – 0,15%, почти в 5 раз меньше, чем в горизонте АО 0–3 см, и ничтожное количество, практически отсутствие, в горизонте В/Сg 79–125 см (0,06%) – в материнской породе.

Соотношение между С:N в верхнем горизонте – в пределах 8,6–7,5, что свидетельствует о средней обеспеченности гумуса азотистыми соединениями. По шкале Р.Г. Мамедова (1970) данные светло-серо-коричневые почвы оцениваются удовлетворительно гумусированными. Значения гигроскопической влаги по профилю почвы – 7,35–4,33%.

Реакция среды рН по профилю почвы изменяется в пределах от 6,15 до 8,41, т. е. от слабо кислой до щелочной.

Наличие карбонатности: почти не карбонатные в 0,5 м слое (0–55 см) – 0,10–0,35%, и значительно резкое возрастание с 55–125 см – 17,34–19,22%, оценивающиеся как окарбонатные, что связано со скоплением пятен белоглазок (Мамедов 1970).

СО₂ в верхней части профиля – 0,04–0,16%, резко увеличиваясь к нижним горизонтам, составляет 6,39–7,45%.

Сумма поглощенных оснований в целом оценивается как наиболее высокая и высококальциевая по шкале Р.Г. Мамедова (1970), составляет 58,12–14,13 мг/экв на 100 г почвы. Следует отметить, что, в связи с низкими значениями Mg 1,8–7,94 мг/экв по профилю, доминирующими являются ионы Са, на долю которых приходится 65–70%.

Разрез № 2 заложен в 2 км от села Мурджуг в лесной зоне на высоте 1 051 м над уровнем моря, с географическими координатами: 41°26′23,01″ с.ш., 48°12′28,80″ в.д. Характерной особенностью для остаточных карбонатных горно-лесных бурых почв (Dystric Edocalcic Combisols) является их распространение на различных высотах. Данный тип почв формируется в зоне с аналогичными биоклиматическими условиями горно-лесных бурых почв, которые создают довольно сложный комплекс. Для остаточных карбонатных горно-лесных бурых почв не существенна определенная зона формирования, т. к. почвообразовательный процесс происходит за счет продуктов выветривания с высокогорьев и встречается на окраинах уничтоженных лесов.

Данные почвы развиваются на хорошо освещенных местах под дубово-буковыми и грабово-буковыми лесами и широко распространены в условиях более теплого климата восточного и северо-восточного склонов с более близким расположением карбонатных пород к поверхности. В горно-лесной зоне почво-

образующие породы представлены продуктами выветривания, известняковыми песчаниками, конгломератами, карбонатно-глинистыми сланцами и мягкими окисленными отложениями. Нижняя граница остаточных карбонатных горно-лесных бурых почв проходит по линии коричневых почв, а верхняя граница – по линии горно-луговых почв. Основными эдификаторами являются граб и частично дуб.

- АО лесная подстилка;
 0–4 см
 АТ vz 4–7 см подстилающий слой, разложившаяся масса с черной окраской, переход ясный;
 АТ vzр 7–23 см бурый, темно-коричневый, суглинистый, ореховатый, плотноватый, корни-корешки, влажный, камешки и гравий, переход ясный;
 ВТ vp 23–40 см желтоватый, светло-бурый, суглинистый, мелкозернистый, плотноватый, корни-корешки, влажный, камешки, переход ясный;
 ВТр 40–66 см светло-бурый, желтоватый, суглинистый, песчаный, бесструктурный, мало плотный, серовато-желтоватый, мягкий, корни-корешки, пятна ржавчины, камешки, переход ясный;
 В/CL 66–88 см светло-бурый, суглинистый, ореховатый, зернистый, мягкий, корни-корешки, камешки, переход ясный;

Для остаточных карбонатных горно-лесных бурых почв существенным является накопление у поверхности растительного обломочного материала и их продолжительное разложение, мощность и дифференциация иллювиального горизонта, а также, в зависимости от рельефа, наличие мелкоземистого слоя перемешанной почвы с растительными останками.

Результаты физических, химических и физико-химических анализов остаточных карбонатных горно-лесных бурых почв разреза № 2 показали, что по гранулометрическому составу почвы являются супесчаными и тяжело суглинистыми. Содержание физической глины (\square 0,01 мм) варьирует в пределах 15,68–45,72%, а илистой фракции (\square 0,001 мм) 5,60–10,0%, объемная масса 1,31–1,49 г/см³.

Величина гумуса в верхнем 0–4 см слое почвы очень высока, составляет 27,72%, а общий азот, соответственно, 1,12%, что напрямую связано с мощным накоплением разлагающейся массы растительных остатков. По мере возрастания незначительной глубины происходит существенно резкое, но закономерное уменьшение наличия гумуса в слое 4–7 см, значение ко-

торого составило 3,26%, общего азота – 0,18%, что в 8–9 раз меньше, чем в горизонте АО 0–4 см, и ничтожное количество, практически отсутствует в горизонте В/CL 66–88 см, в материнской породе, – 0,6%. Соотношение между С:N в пределах 4,5–7,4 по профилю почвы в верхнем горизонте, что свидетельствует о средней обеспеченности гумуса азотистыми соединениями, за исключением горизонта АО, где их соотношение 15:6. По шкале Р.Г. Мамедова (1970) данные остаточных карбонатных горно-лесных бурых почв оцениваются как среднемагумусные. Значения гигроскопической влаги по профилю почвы – 10,00–1,65%.

Реакция среды pH по профилю почвы изменяется в пределах 5,8–7,9, т. е. от кислой среды у поверхности к слабощелочной по профилю. А наличие карбонатности (CaCO₃%) изменяется прямо пропорционально: на поверхности – почти не карбонатные, составляя 0,4%, далее по всему профилю – 24,38–20,0% и оцениваются как среднекарбонатные, что связано со скоплением пятен белоглазок (Мамедов 1970). Величина CO₂ также низкая у поверхности, составляет 0,12–2,75%, резко увеличивается к средним горизонтам профиля до 12,27% и вновь опускается с увеличением глубины до 9,52%.

Сумма поглощенных оснований в целом оценивается от удовлетворительной до наиболее высокой по шкале Р.Г. Мамедова (1970), составляя 59,75–22,08 мг/экв на 100 г почвы в верхней части почвенного профиля, и весьма низкой – 8,45 мг/экв в нижних горизонтах. Следует отметить, что в верхней части профиля доминирующими является ионы Са, на долю которых приходится 60–65%, в нижних слоях их соотношения приравниваются к ионам Mg.

Обыкновенные серо-коричневые почвы (Kastanozems) по морфогенетическому строению несколько отличаются от горно-лесных бурых почв. Исследованные вышеуказанные почвы относятся к зоне сухих субтропиков и характерны для предгорий и низкогорий. Большая часть данного типа распространена в предгорной части северного и северо-восточного склонов Большого Кавказа на высоте 200–600 м над уровнем моря. Климат соответствует субтропической зоне. Среднегодовая температура воздуха 12–13,2°С. Зимой почвы не промерзают, летом климат жаркий (Гасанов 2005).

Естественную растительность можно встретить на ограниченных территориях (Ибрагимов, Набиева 2016). Сильно расчлененный рельеф напоминает низковолнистые холмы, где доминирующими являются аккумулятивные

формы рельефа, подверженные водной эрозии. Остепненные почвы сухой субтропической зоны являются одной из древних территорий земледелия, где по сей день интенсивно развивается как богарное, так и орошаемое земледелие. В зависимости от рельефа местности на данной территории можно встретить серо-коричневые почвы различного морфогенетического профиля.

Обыкновенные серо-коричневые почвы (Разрез № 3) заложены на низких холмах предгорной части восточного склона Бокового хребта, на высоте 275 м над уровнем моря, географические координаты 41°36'03,32" с.ш. и 48°30'09,23" в.д. Почвы используются в богарном земледелии под зерновыми и пастбищами с луговой растительностью.

- AYvz 0–15 см коричневый, глинистый, зернистый, плотноватый, ходы мезофауны, трещины, полуразложившиеся остатки корней, сухой, переход ясный;
- AYvz 15–32 см светло серо-коричневый, глинистый, зернисто-комковатый, плотноватый, трещины, твердый, сухой, корни и корешки, вскипает, переход ясный;
- A/Bzca 32–50 см светло-серый, комковатый, плотный, корни и корешки, наличие ходов мезофауны, сухой, переход ясный; белоглазок мало, влажный, оттенки ржи, переход ясный;
- BTzca 50–86 см светло желтовато серый, комковатый, плотный, наличие карбонатов, сухой, переход ясный;
- Ср 86–110 см карбонатные породы

Обыкновенные серо-коричневые почвы по гранулометрическому составу являются тяжелосуглинистыми, что является характерным для данных почв. Содержание физической глины (\square 0,01 мм) варьирует в пределах 55–60%, а илистая фракция (\square 0,001 мм) – 21,04–29,92%. Объемная масса 3,13–2,17 г/см³.

По морфологии обыкновенные серо-коричневые почвы отличаются как от подтипов

своей группы – светло серо-коричневых, карбонатных, выщелоченных почв, так и от выше проанализированных лесных и послелесных бурых почв. Мощность гумусового слоя не более 30 см. Величина гумуса в верхнем 0–15 см слое почвы составляет 3,10%, а общий азот – 0,23%. К нижним горизонтам по мере возрастания глубины происходит резкое уменьшение наличия гумуса, составляя в 32–50 см слое 0,85%, и общего азота – 0,09%. В материнской породе гумус практически отсутствует, составляя всего 0,12%. За счет верхнего пахотного слоя данные почвы можно оценить как средне гумусированные (Мамедов 1970).

Соотношение между C:N в пределах 7,8–6,4 в верхнем горизонте и 5,7–5,2 – в нижних горизонтах. По шкале Р.Г. Мамедова (1970) данные обычные серо-коричневые почвы оцениваются как малогумусные. Значения гигроскопической влаги по профилю почвы – 4,67–2,91%.

Реакция среды pH по профилю почвы изменяется в пределах 7,1–8,1, т. е. от нейтральной к щелочной. Почвы не карбонатные (CaCO₃%), значения карбонатов до 90 см слоя не превышают 0,24% и только ниже полуметрового горизонта количество карбонатов достигает 14,70% и оцениваются как окарбонатные (Мамедов 1970). Величина CO₂ также очень низка в верхней части профиля, составляя 0,10% и возрастает после 50 см слоя, достигая отметки 6,47%.

Сумма поглощенных оснований в целом оценивается весьма низко (не удовлетворительно) по шкале Р.Г. Мамедова (1970), составляя 19,60–17,84 мг/экв на 100 г почвы. Следует отметить, что в данных типах почв по сравнению с другими типами доминируют ионы Mg, составляя 66–68% от суммы емкости поглощения, и почвы оцениваются как слабомагнезиовысоконатриевые. Са при этом составляет 6,55–7,29 мг/экв, или 33–35% от суммы.

Таблица 1

Основные диагностические показатели характерных типов почв Гусарского района

Глубина, см	Гигроскопическая влага, %	CO ₂	Гумус, %	N, %	C:N	CaCO ₃ , %	pH	Емкость поглощения, мг/экв	
								Са	Mg
№ 1 ГЛБм горно-лесные бурые(DystricCambisols)									
AO0–3	7,35	0,16	12,59	0,89	8,6	0,35	6,15	33,82	24,40
AT vz 3–12	4,33	0,04	2,11	0,15	7,5	0,10	4,53	18,56	3,94
BTp 12–55	5,28	0,04	1,41	0,14	6,2	0,10	6,68	19,90	6,48
BTp _q 55–79	4,64	6,39	1,00	0,10	5,5	17,34	8,41	12,82	1,56
B/Cg 79–125	4,88	7,45	0,46	0,06	4,8	19,22	7,96	12,24	5,23

Окончание таблицы 1

№ 2 ГЛБ ^к остаточно карбонатные горно-лесные бурые (Dystric-Edocalcic Combisols)									
АО 0–4	10,0	0,12	27,72	1,12	15,6	0,40	5,8	31,43	28,32
АТ vz 4–7	4,04	2,75	3,26	0,18	7,4	6,52	7,4	19,26	2,82
АТ vzp 7–23	2,22	12,27	1,99	0,16	7,3	24,38	7,8	11,78	5,29
ВТ vp 23–40	1,92	11,46	0,91	0,10	5,4	22,23	7,8	8,65	2,11
ВТр 40–65	1,65	9,64	0,62	0,07	4,7	20,08	7,9	3,62	3,58
В/CL 6588	1,65	9,52	0,52	0,07	4,5	20,00	7,7	3,11	5,23
№3 ГСКvz ₁ ^{sk} (Kastanozems)									
АУvz 0–15	4,67	0,10	3,10	0,23	7,8	0,24	7,1	6,55	13,10
АУvz 15–32	4,80	0,10	1,32	0,12	6,4	0,24	7,5	7,29	11,55
А/Вzca 32–50	–	–	0,85	0,09	5,5	–	7,1	–	–
ВТzca 50–86	2,91	6,47	0,72	0,08	5,2	7,52	8,1	7,52	4,54
Ср 86–110	4,73	3,77	0,12	0,04	1,7	5,19	7,8	5,19	16,89

Вывод

Итак, следует отметить, что наиболее плодородными среди исследуемых почв оказались остаточно карбонатные горно-лесные бурые почвы, с содержанием гумуса 27,72% и реакцией среды pH 5,8–7,9, срединное положение заняли типичные горно-лесные бурые, с показателями гумуса 12,59% и pH 5,8–7,9 и менее плодородные горные серо-коричневые почвы, с величиной гумуса 3,1% и реакцией среды 7,1–8,1, при этом с наибольшим количеством Mg в

поглощающем комплексе, что позволяет судить о характере почвообразовательного процесса и осуществить объективный анализ экологического состояния характерных типов почв северо-восточного склона Большого Кавказа на примере Гусарского района. Использование в сельском хозяйстве возможно только при условии дополнительных исследований с целью определения культур, как зерновых, так и кормовых, и эффективности их возделывания.

ЛИТЕРАТУРА

- Агрофизические методы исследования почв. М.: Наука, 1966. 257 с.
 Агрохимические методы исследования почв. М.: Наука, 1975. 437 с.
 Алиев Г. А. 1978. Почвы Большого Кавказа в пределах Азербайджанской ССР. Баку.
 Алиев Г. А. 1964. Лесные и остепенно-лесные почвы северо-восточной части Большого Кавказа. Баку.
 Алиев Г. А. 1994. Почвы Большого Кавказа. Т. II. Баку.
 Алиев З. Г. 2013. К вопросу повышения эффективности промывки засоленных почв низменностей на территории Азербайджана // Вестник Омского государственного аграрного университета 3(11), 31–35.
 Алиев З. Г. 2014. Основы противоэрозионной охраны окультуренных почв горных территорий в Азербайджане // Современные наукоемкие технологии 4, 8–15.
 Алиева В. Г. 2013. Биокоррозионная активность почв и грунтов на трассах газопровода различных регионов Азербайджана // Вестник Московского государственного областного университета. Естественные науки 3, 7–11.
 Ализаде Э. К., Тарихазер С. А. 2015. Рельеф. Физическая география Азербайджана // Региональная география. Баку.
 Аринушкина Е. В. 1970. Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во МГУ.
 Бабаев М. П. 2004. Управление процессами восстановления деградированных почв Азербайджана традиционными способами // Вестник Калмыцкого института социально-экономических и правовых исследований 1(1), 191–199.
 Бабаев М. П., Гурбанов Э. А., Рамазанова Ф. М. 2015. Основные виды деградации почв в Кура-Аразской низменности Азербайджана // Почвоведение 4, 501.
 Бабаев М. П., Джафарова Ч. М., Гасанов В. Г., Гусейнова С. М. 2016. Прикладная генетико-производственная классификация почв Азербайджана // Почвоведение – продовольственной и экологической безопасности страны: Тезисы докладов VII съезда Общества почвоведов им. В.В. Докучаева и Всероссийской с международным участием научной конференции, 53–54.
 Бабаев М. П., Оруджева Н. И. 2014. Севооборот – основной фактор воспроизводства плодородия овоще-пригодных почв субтропиков Азербайджана // Агрехимия 10, 34–44.
 Бабаев М. П., Гасанов В. Г., Джафарова Ч. М. 2011. Морфогенетическая диагностика, номенклатура и классификация почв Азербайджана. Баку. (на азерб. яз.)
 Бабаев М. П., Джафаров А. М., Джафарова Ч. М., Гусейнова С. М., Гасымов Х. М. 2017. Современный почвенный покров Большого Кавказа. Баку. (на азерб. яз.)
 Велиев С. Ш. 2005. Улучшение плодородия почв в Азербайджане // Аграрная наука 9, 13–15.

Воробьева Л. А., Ладонин Д. В., Лопухина О. В., Рудакова Т. А., Кирюшин А. В. 2011. Химический анализ почв. Вопросы и ответы. М.

Ганиева С. А., Мутталибова Ш. Ф. 2018. Оценка процессов опустынивания, происходящих в природных районах Куры, на основе космических снимков // Инвестиции, строительство, недвижимое имущество как материальный базис модернизации и инновационного развития экономики: Материалы VIII Международной научно-практической конференции: В 2 ч. / Под ред. Т.Ю. Овсянниковой, И.Р. Салагор, 547–553.

Гасанов А. А. 2005. Природные ресурсы южной части Большого Кавказа и их охрана. Баку.

Гасанова А. Ф. 2014. Эколого-энергетическая оценка пастбищных земель северо-западных регионов Азербайджана // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева 1 (21), 21–26.

Гасанова С. А., Бахбуди Э. 2012. Распространение и антимикробная активность актиномицетов из различных типов почв Азербайджана // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук 12, 33–37.

Гасымов Л. Д. 2019. Агроэкологическая оценка почв сельскохозяйственных угодий Ленкоранской низменности Азербайджана // Агрехимический вестник 1. Вып. 1, 29–32.

Гасымов Л. Д., Джафаров А. Б. 2018. Морфогенетические свойства и оценка почв северной части Ленкоранской низменности Азербайджана // АгроЭкоИнфо 4 (34), 24.

Гумматов Н. Г. 2016. Оценка физического качества каштановых почв в богарных и орошаемых условиях Азербайджана // Почвоведение – продовольственной и экологической безопасности страны: Тезисы докладов VII съезда Общества почвоведов им. В.В. Докучаева и Всероссийской с международным участием научной конференции, 346–347.

Гурбанов Э. А. 2015. Эрозия почв на территории Азербайджана и условия антропогенного воздействия // Роль почв в биосфере и жизни человека: Международная научная конференция: К 100-летию со дня рождения академика Г.В. Добровольского, 40–41.

Гусейнов М. С., Вердиева В. Г. 2014. Деграция пастбищных почв Азербайджана из-за перевыпаса скота и пути их улучшения // Наука и Мир 9 (13), 46–48.

Джалилова Л. З. 2017. Современное мелиоративное состояние почв Муганской степи Азербайджана // Вестник Курганской государственной сельскохозяйственной академии 1(21), 26–28.

Джафаров В. И. 2014. Использование удобрений под культуру перца в условиях орошаемых лугово-лесных почв Азербайджана // Вестник Курганской государственной сельскохозяйственной академии 3 (11), 19–21.

Докучаев В. В. 1951. Собрание сочинений. М.; Л.: Изд-во АН СССР. Т. VI.

Заманов П., Пашаев Р., Векилова Э. 2018. Повышение плодородия и продуктивности почв Азербайджана с помощью органических удобрений // Новые методы и результаты исследований ландшафтов в Европе, Центральной Азии и Сибири: Монография: В 5 т. М., 158–163.

Ибрагимов А. Ш., Набиева Ф. Х. 2016. Геоботаническое районирование флоры и растительности Нахчыванской автономной республики Азербайджана // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук 5-1, 39–44.

Керимов А. М. 2017. Энергетика сероземно-луговых почв и агрофитоценоза хлопчатника в условиях Сальянской степи Азербайджана // Вестник Курганской государственной сельскохозяйственной академии 1(21), 39–42.

Мамедов Г. М. 2012. Применение различных систем удобрения под культуру яблони на лугово-коричневой почве Азербайджана // Агрехимия 1, 50–55.

Мамедов Г. М. 2010. Применение удобрений под культуру томата на лугово-лесных и серо-бурых почвах Азербайджана // Агрехимия 3, 29–33.

Мамедов Г. 2018. Мониторинг внесения удобрений и плодородия почв сельскохозяйственных ландшафтов Азербайджана // Новые методы и результаты исследований ландшафтов в Европе, Центральной Азии и Сибири: Монография: В 5 т. / Под ред. В.Г. Сычева, Л. Мюллера. М., 136–140.

Мамедов Г. Ш., Мамедов Г. М. 2011. Показатели плодородия орошаемой лугово-лесной почвы Куба-Хачмазской зоны Азербайджана // Агрехимия 7, 10–17.

Мамедов Г. М., Махмудова Э. П., Рагимова Г. Р., Ибрагимлы Р. Н. 2016. Сравнительная агрохимическая характеристика почв Азербайджана под различными агроценозами // Почвоведение – продовольственной и экологической безопасности страны: Тезисы докладов VII съезда Общества почвоведов им. В.В. Докучаева и Всероссийской с международным участием научной конференции, 100–101.

Мамедов М. И. 2015. Баланс элементов питания в серо-коричневой (каштановой) почве под виноградником в условиях Азербайджана // Агрехимия 6, 11–18.

Мамедов Р. Г. 1970. Агрофизическая характеристика почв Приараксинской полосы. Баку.

Мурадов П. З., Гахраманова Ф. Х., Бахшалиева К. Ф., Гасанова Л. С., Рзаева А. Л. 2016. Количественное и качественное изменение видового состава микромицетов почв, подвергнувшихся техногенному воздействию в условиях Азербайджана // Актуальные проблемы биологической и химической экологии: Сб. материалов V международной научно-практической конференции, 76–80.

Мустафаев З. М. 2018. Динамика численности микроорганизмов в агрофитоценозах в почвах северо-восточного склона Малого Кавказа Азербайджана // Бюллетень науки и практики 2, 162–168.

Наджафова С. И., Кейсерухская Ф. Ш., Исмаилов Н. М. 2018. Экологическое земледелие в Азербайджане через призму биогенности и ассимиляционного потенциала почв биоклиматических ландшафтных зон страны // *Science Rise* 7, 26–30.

Нуриева К. Г. 2015. Оценка состояния плодородия пахотных почв Мильско-Карабахской равнины Азербайджана // Роль почв в биосфере и жизни человека: Международная научная конференция: К 100-летию со дня рождения академика Г.В. Добровольского, 327–329.

Оруджева Н. И. 2011. Микробиологическая характеристика разных типов орошаемых почв субтропической зоны Азербайджана // *Почвоведение* 11, 1355–1363.

Рамазанова Ф. М. 2016. Влияние промежуточных посевов кормовых культур на свойства и плодородие орошаемых серо-коричневых почв Азербайджана // Экобиологические проблемы Азово-Черноморского региона и комплексное управление биологическими ресурсами: Материалы III научно-практической молодежной конференции / Под ред. С.И. Рубцовой, Н.В. Ляминой, 241–244.

Рамазанова Ф. М. 2017. Изменение содержания гумуса в лугово-сероземных почвах Азербайджана при их сельскохозяйственном использовании // Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность – 2017: Сб. статей по материалам научно-практической конференции с международным участием / Под ред. Ю.А. Омельчук, Н.В. Ляминой, Г.В. Кучерик, 1121–1126.

Рамазанова Ф. М., Бабаев М. П. 2012. Охрана производительности почв Кура-Аракинской низменности Азербайджана // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН 61, 56–59.

Самедов П. А., Баббекова Л. А., Алиева Б. Б., Мамедзаде В. Т., Садыхова М. Э., Алиева М. М. 2013. Биологические показатели и их значение в диагностике засоленных почв аридных биогеоценозов Азербайджана // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева 4 (20), 52–56.

Султанова Н. А. 2015. Агроэкологическая оценка почв под овощными культурами Куба-Хачмасской зоны Азербайджана // Роль почв в биосфере и жизни человека: Международная научная конференция: К 100-летию со дня рождения академика Г.В. Добровольского, к Международному году почв, 356–358.

Шихлинский Э. М. 1966. Климат Азербайджана. Баку: Изд-во АН Азерб.ССР, 340 с.

Юсифова М. М. 2015. Агроэкологическая оценка почв под виноградниками Северной Ленкорани Азербайджана // Роль почв в биосфере и жизни человека: Международная научная конференция: К 100-летию со дня рождения академика Г.В. Добровольского, к Международному году почв, 140–141.

REFERENCES

Agrofizicheskiye metody issledovaniya pochv [Agrophysical methods of soil research]. Moscow: Nauka, 1966. 257 p. (In Russian).

Agrokhimicheskiye metody issledovaniya pochv [Agrochemical methods of soil research]. Moscow: Nauka, 1975. 437 p. (In Russian).

Aliyev, G.A. Pochvy Bolshogo Kavkaza v predelakh Azerbaydzhanskoy SSR [Soils of the Greater Caucasus within the Azerbaijan SSR]. Baku, 1978. (In Russian).

Aliyev, G.A. Lesnyye i ostepnenno lesnyye pochvy severo-vostochnoy chasti Bolshogo Kavkaza [Forest and steppe forest soils of the northeastern part of the Greater Caucasus]. Baku, 1964. (In Russian).

Aliyev, G.A. Pochvy Bolshogo Kavkaza [Soils of the Greater Caucasus], Vol. 2. Baku, 1994. (In Russian).

Aliyev, Z.G. K voprosu povysheniya effektivnosti promyvki zasolennykh pochv nizmennostey na territorii Azerbaydzhana [On the issue of increasing the efficiency of washing saline soils in lowlands in Azerbaijan]. In: Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, 2013(3), issue 11, pp. 31–35. (In Russian).

Aliyev, Z.G. Osnovy protivooerozionnoy okhrany okulturenykh pochv gornykh territoriy v Azerbaydzhane [Basics of anti-erosion protection of cultivated soils of mountain territories in Azerbaijan]. *Sovremennyye naukoemye tekhnologii*, 2014 (4), pp. 8–15. (In Russian).

Aliyeva, V.G. Biokorroziyonnaya aktivnost pochv i gruntov na trassakh gazoprovoda razlichnykh regionov Azerbaydzhana [Biocorrosive activity of soils and soil on the gas pipeline routes of various regions of Azerbaijan]. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo oblastnogo universiteta. Yestestvennyye nauki*, 2013 (3), pp. 7–11. (In Russian).

Alizade, E.K., & Tarikhazer, S.A. Relyef. Fizicheskaya geografiya Azerbaydzhana [Relief. Physical Geography of Azerbaijan]. In: *Regionalnaya geografiya [Regional geography]*. Baku, 2015. (In Russian).

Arimushkina, Ye.V. Rukovodstvo po khimicheskomu analizu pochv [Manual on chemical analysis of soils]. Moscow: Izdatelstvo MGU, 1970. (In Russian).

Babayev, M.P. Upravleniye protsessami vosstanovleniya degradirovannykh pochv Azerbaydzhana traditsionnyimi sposobami [Managing the processes of restoring degraded soils in Azerbaijan by traditional methods]. In: *Vestnik Kalmytskogo instituta sotsialno-ekonomicheskikh i pravovykh issledovaniy*, 2004 (1), pp. 191–199. (In Russian).

Babayev, M.P., Gurbanov, E.A., & Ramazanova, F.M. Osnovnyye vidy degradatsii pochv v Kura-Arazskoy nizmennosti Azerbaydzhana [Main types of soil degradation in the Kura-Araz lowland of Azerbaijan]. In: *Pochvovedeniye*, 2015 (4), p. 501. (In Russian).

Babayev, M.P., Dzhafarova, Ch.M., Gasanov, V.G., & Guseynova, S.M. Prikladnaya genetiko-proizvodstvennaya klassifikatsiya pochv Azerbaydzhana [Applied genetic production classification of the soils of Azerbaijan]. In: Pochvovedeniye - prodovolstvennoy i ekologicheskoy bezopasnosti strany: tezisy dokladov VII syezda Obshchestva pochvovedov im. V.V. Dokuchayeva i Vserossiyskoy s mezhdunarodnym uchastiyem nauchnoy konferentsii [Soil science – to food and ecological safety of the country: Abstracts of the 7th Congress of Dokuchaev Soil Society and All-Russian Scientific]. Moscow-Belgorod, 2016, pp. 53–54. (In Russian).

Babayev, M.P., & Orudzheva, N.I. Sevooborot - osnovnoy faktor vosproizvodstva plodorodiya ovoshcheprirodnikh pochv subtropikov Azerbaydzhana [Crop rotation as the main factor in the reproduction of fertility of vegetable-growing soils in subtropics of Azerbaijan]. In: Agrokhiimiya, 2014 (10), pp. 34–44. (In Russian).

Babayev, M.P., Gasanov, V.G., & Dzhafarova, Ch.M. Morphogenetic diagnostics, nomenclature, and classification of soils in Azerbaijan. Baku, 2011. (In Azeri).

Babayev, M.P., Gasanov, V.G., Dzhafarova, Ch.M., Guseynova, S.M., & Gasymov, Kh.M. Modern soil cover of the Greater Caucasus. Baku, 2017. (In Azeri).

Veliyev, S.Sh. Uluchsheniye plodorodiya pochv v Azerbaydzhanе [Improvement of Soil Fertility in Azerbaijan]. In: Agrarnaya nauka, 2005 (9), pp. 13–15. (In Russian).

Vorobyeva, L.A., Ladonin, D.V., Lopukhina, O.V., Rudakova, T.A., & Kiryushin, A.V. Khimicheskii analiz pochv. Voprosy i otvety [Chemical Analysis of Soils. Questions and answers]. Moscow, 2011. (In Russian).

Ganiyeva, S.A., & Muttalibova, Sh.F. Otsenka protsessov opustynivaniya, proiskhodyashchikh v prigradnykh rayonakh Kury, na osnove kosmicheskikh snimkov [Evaluation of desertification processes in the surrounding Kura regions based on satellite imagery]. In: Investitsii, stroitelstvo, nedvizhimost kak materialnyy bazis modernizatsii i innovatsionnogo razvitiya ekonomiki: Materialy VIII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii [Investments, construction, real estate as the material basis of modernization and innovation development of the economy: Proceedings of the 8th International Scientific and Practical Conference]. Tomsk, 2018, pp. 547–553. (In Russian).

Gasanov, A.A. Prirodnyye resursy yuzhnoy chasti Bolshogo Kavkaza i ikh okhrana [Natural resources of the southern part of the Greater Caucasus and their protection]. Baku, 2005.

Gasanova, A.F. Ekologo-energeticheskaya otsenka pastbishchnykh zemel severo-zapadnykh regionov Azerbaydzhana [Ecological and energy assessment of pasture land in the north-western regions of Azerbaijan]. In: Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta, 2014 (1), issue 21, pp. 21–26. (In Russian).

Gasanova, S.A., & Bakhbudi, E. Rasprostraneniye i antimikrobnaya aktivnost aktinomitsetov iz razlichnykh tipov pochv Azerbaydzhana [Distribution and antimicrobial activity of actinomycetes from different types of soils in Azerbaijan]. In: Aktualnyye problemy gumanitarnykh i yestestvennykh nauk, 2012 (12), pp. 33–37. (In Russian).

Gasymov, L.D. Agroekologicheskaya otsenka pochv selskokhozyaystvennykh ugodiy Lenkoranskoy nizmennosti Azerbaydzhana [Agroecological assessment of agricultural soils in the Lenkoran lowland of Azerbaijan]. In: Agrokhimicheskii vestnik, 2019 (1), pp. 29–32. (In Russian).

Gasymov, L.D., & Dzhafarov, A.B. Morfogeneticheskiye svoystva i otsenka pochv severnoy chasti Lenkoranskoy nizmennosti Azerbaydzhana [Morphogenetic properties and soil assessment in the northern part of the Lenkoran lowland of Azerbaijan]. In: AgroEkoInfo, 2018 (4), issue 34, p. 24. (In Russian).

Gummatov, N.G. Otsenka fizicheskogo kachestva kashtanovykh pochv v bogarnykh i oroshayemykh usloviyakh Azerbaydzhana [Assessment of physical quality of chestnut soils in rainfed and irrigated conditions of Azerbaijan]. In: Pochvovedeniye – prodovolstvennoy i ekologicheskoy bezopasnosti strany: tezisy dokladov VII syezda Obshchestva pochvovedov im. V.V. Dokuchayeva i Vserossiyskoy s mezhdunarodnym uchastiyem nauchnoy konferentsii [Soil science – to food and ecological safety of the country: Abstracts of the 7th Congress of Dokuchaev Soil Society and All-Russian Scientific]. Moscow-Belgorod, 2016, pp. 346–347. (In Russian).

Gurbanov, E.A. Eroziya pochv na territorii Azerbaydzhana i usloviya antropogennogo vozdeystviya [Soil erosion in the territory of Azerbaijan and conditions of anthropogenic impact]. In: Rol pochv v biosfere i zhizni cheloveka: Mezhdunarodnaya nauchnaya konferentsiya k 100-letiyu so dnya rozhdeniya akademika G.V. Dobrovolskogo [Role of soil in biosphere and human life: Proceedings of International Scientific Conference Commemorating the 100th anniversary of Academician G.V. Dobrovolsky]. Moscow, 2015, pp. 40–41. (In Russian).

Guseynov, M.S., & Verdiyeva, V.G. Degradatsiya pastbishchnykh pochv Azerbaydzhana iz-za perevypasa skota i puti ikh uluchsheniya [Degradation of pasture soils in Azerbaijan due to overgrazing of livestock and ways to improve them]. In: Nauka i Mir, 2014 (9), issue 13, pp. 46–48. (In Russian).

Dzhalilova, L.Z. Sovremennoye meliorativnoye sostoyaniye pochv Muganskoy stepi Azerbaydzhana [Current ameliorative state of soils in Azerbaijan's Mugan Steppe]. In: Vestnik Kurganskoy GSKHA, 2017 (1), issue 21, pp. 26–28. (In Russian).

Dzhafarov, V.I. Ispolzovaniye udobreniy pod kulturu pertsy v usloviyakh oroshayemykh lugovo-lesnykh pochv Azerbaydzhana [Use of fertilizers for pepper culture in the conditions of irrigated meadow-forest soils of Azerbaijan]. In: Vestnik Kurganskoy GSKHA, 2014 (3), issue 11, pp. 19–21. (In Russian).

Dokuchayev, V.V. Sobraniye sochineniy [Collected Works], Vol. VI. Moscow-Leningrad: Izdatelstvo AN SSSR, 1951. (In Russian).

Zamanov, P., Pashayev, R., & Vekilova, E. Povysheniye plodorodiya i produktivnosti pochv Azerbaydzhana s pomoshchyu organicheskikh udobreniy [Improving the fertility and productivity of soils of Azerbaijan by organic fertilizers]. In: Novyye metody i rezultaty issledovaniy landshaftov v Yevrope, Tsentralnoy Azii i Sibiri. Monografiya. V 5 tomakh [New methods and results of landscape research in Europe, Central Asia and Siberia. Monograph in 5 vols.]. Ed. by V. Sychev, L. Mueller. Moscow, 2018, pp. 158–163. (In Russian).

Ibragimov, A.Sh., & Nabiyeva, F.Kh. Geobotanicheskoye rayonirovaniye flory i rastitel'nosti Nakhchivanskoys avtonomnoy respubliki Azerbaydzhana [Geobotanical zoning of flora and vegetation of the Nakhchivan Autonomous Republic of Azerbaijan]. In: Aktualnyye problemy gumanitarnykh i yestestvennykh nauk, 2016 (5-1), pp. 39–44. (In Russian).

Kerimov, A.M. Energetika serozemno-lugovykh pochv i agrofytotsenoza khlopchatnika v usloviyakh Salyanskoys stepi Azerbaydzhana [Energy of gray-meadow soils and agrophytocenosis of cotton in the conditions of the Salyan steppe of Azerbaijan]. In: Vestnik Kurganskoy GSKHA, 2017(1), issue 21, pp. 39–42. (In Russian).

Mamedov, G.M. Primeneniye razlichnykh sistem udobreniya pod kulturu yabloni na lugovo-korichnevoy pochve Azerbaydzhana [Use of various fertilizer systems for apple culture in meadow-brown soil of Azerbaijan]. In: Agrokhimiya, 2012 (1), pp. 50–55. (In Russian).

Mamedov, G.M. Primeneniye udobreniy pod kulturu tomatov na lugovo-lesnykh i sero-burykh pochvakh Azerbaydzhana [Use of fertilizers for tomato culture on meadow-forest and gray-brown soils of Azerbaijan]. In: Agrokhimiya, 2010 (3), pp. 29–33. (In Russian).

Mamedov, G.M. Monitoring vneseniya udobreniy i plodorodiya pochv selskokhozyaystvennykh landshaftov Azerbaydzhana [Monitoring of fertilization and soil fertility in agricultural landscapes of Azerbaijan]. In: Novyye metody i rezultaty issledovaniy landshaftov v Yevrope, Tsentralnoy Azii i Sibiri. Monografiya. V 5 tomakh [New methods and results of landscape research in Europe, Central Asia and Siberia. Monograph in 5 vols.]. Ed. by V. Sychev, L. Mueller. Moscow, 2018, pp. 136–140. (In Russian).

Mamedov, G.Sh., & Mamedov, G.M. Pokazateli plodorodiya oroshayemoy lugovo-lesnoy pochvy Kubo-Khachmazskoy zony Azerbaydzhana [Fertility indicators of irrigated meadow-forest soil of the Kuba-Khachmaz zone of Azerbaijan]. In: Agrokhimiya, 2011 (7), pp. 10–17. (In Russian).

Mamedov, G.M., Makhmudova, E.P., Ragimova, G.R., & Ibragimly, R.N. Sravnitel'naya agrokhimicheskaya kharakteristika pochv Azerbaydzhana pod razlichnymi agrotsenozami [Comparative Agrochemical Characteristics of the Soils of Azerbaijan under Different Agroecosystems]. In: Pochvovedeniye - prodovolstvennoy i ekologicheskoy bezopasnosti strany: tezisy dokladov VII syezda Obshchestva pochvovedov im. V.V. Dokuchayeva i Vserossiyskoy s mezhdunarodnym uchastiyem nauchnoy konferentsii [Soil science – to food and ecological safety of the country: Abstracts of the 7th Congress of Dokuchaev Soil Society and All-Russian Scientific]. Moscow-Belgorod, 2016, pp. 100–101. (In Russian).

Mamedov, M.I. Balans elementov pitaniya v sero-korichnevoy (kashtanovoy) pochve pod vinogradnikom v usloviyakh Azerbaydzhana [Balance of nutrients in the gray-brown (chestnut) soil under a vineyard in the conditions of Azerbaijan]. In: Agrokhimiya, 2015 (6), pp. 11–18.

Mamedov, R.G. Agrofizicheskaya kharakteristika pochv Priaraksinskoys polosy [Agrophysical characteristics of the soils along the Araks]. Baku, 1970. (In Russian).

Muradov, P.Z., Gakhramanova, F.Kh., Bakhshaliyeva, K.F., Gasanova, L.S., & Rzayeva, A.L. Kolichestvennoye i kachestvennoye izmeneniye vidovogo sostava mikromitsetov pochv, podvergnuvshikhsya tekhnogennomu vozdeystviyu v usloviyakh Azerbaydzhana [Quantitative and qualitative changes in species composition of soil microfungi subjected to anthropogenic impact in Azerbaijan]. In: Aktualnyye problemy biologicheskoy i khimicheskoy ekologii: sbornik materialov V mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii [Actual problems of biological and chemical ecology: Proceedings of the 5th International Scientific and Practical Conference]. Moscow, 2016, pp. 76–80. (In Russian).

Mustafayev, Z.M. Dinamika chislennosti mikroorganizmov v agrofytotsenozakh v pochvakh severo-vostochnogo sklona Malogo Kavkaza Azerbaydzhana [Dynamics of the number of microorganisms in agrophytocenoses in soils of the northeastern slope of the Small Caucasus in Azerbaijan]. In: Bulletin nauki i praktiki, 2018 (2), pp. 162–168. (In Russian).

Nadzhafova, S.I., Keyserukhskaya, F.Sh., & Ismailov, N.M. Ekologicheskoye zemledeliye v Azerbaydzhane cherez prizmu biogenosti i assimilyatsionnogo potentsiala pochv bioklimaticheskikh landshaftnykh zon strany [Ecological Farming in Azerbaijan through the Prism of Biogenicity and Assimilation Potential of Soils in Bioclimatic Landscape Zones of the Country]. In: ScienceRise, 2018 (7), pp. 26–30. (In Russian).

Nuriyeva, K.G. Otsenka sostoyaniya plodorodiya pakhotnykh pochv Mil'sko-Karabakhskoy ravniny Azerbaydzhana [Assessment of fertility status of arable soils of the Mil-Karabakh Plain of Azerbaijan]. In: Rol pochv v biosfere i zhizni cheloveka: Mezhdunarodnaya nauchnaya konferentsiya k 100-letiyu so dnya rozhdeniya akademika G.V. Dobrovolskogo [Role of soil in biosphere and human life: Proceedings of International Scientific Conference Commemorating the 100th anniversary of Academician G.V. Dobrovolsky]. Moscow, 2015, pp. 327–329. (In Russian).

Orudzheva, N.I. Mikrobiologicheskaya kharakteristika raznykh tipov oroshayemykh pochv subtropicheskoy zony Azerbaydzhana [Microbiological Characteristics of Different Types of Irrigated Soils in the Subtropical Zone of Azerbaijan]. In: Pochvovedeniye, 2011 (11), pp. 1355–1363. (In Russian).

Ramazanova, F.M. Vliyaniye promezhutochnykh posevov kormovykh kultur na svoystva i plodorodiye oroshayemykh sero-korichnevykh pochv Azerbaydzhana [Influence of intermediate crops of forage cultures on properties and fertility of irrigated gray-brown soils of Azerbaijan]. In: Ekobiologicheskiye problemy Azovo-Chernomorskogo regiona i kompleksnoye upravleniye biologicheskimi resursami: materialy III nauchno-prakticheskoy molodezhnoy konferentsii [Ecobiological problems of the Azov-Black Sea region and integrated management of biological resources: Proceedings of the 3rd scientific and practical youth conference]. Sevastopol, 2016, pp. 241–244. (In Russian).

Ramazanova, F.M. Izmeneniye soderzhaniya gumusa v lugovo-serozemnykh pochvakh azerbaydzhana pri ikh sel'skokhozyaystvennom ispolzovanii [Changes in the content of humus in meadow-gray soils of Azerbaijan during their agricultural use]. In: Ekologicheskaya, promyshlennaya i energeticheskaya bezopasnost – 2017: sb. statey po materialam nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem [Environmental, Industrial and Energy Security – 2017: Proceedings of scientific-practical conference]. Sevastopol, 2017, pp. 1121–1126. (In Russian).

Ramazanova, F.M., & Babayev, M.P. Okhrana proizvoditel'noy sposobnosti pochv kura-arakinskoy nizmennosti Azerbaydzhana [Protection of productive capacity of soils of the Kura-Araks lowland in Azerbaijan]. In: Trudy Instituta geologii Dagestanskogo nauchnogo tsentra RAN, 2012 (61), pp. 56–59. (In Russian).

Samedov, P.A., Babbekova, L.A., Aliyeva, B.B., Mamedzade, V.T., Sadykhova, M.E., & Aliyeva M.M. Biologicheskkiye pokazateli i ikh znacheniye v diagnostike zasolennykh pochv aridnykh biogeotsenozov Azerbaydzhana [Biological indicators and their importance in the diagnosis of saline soils of arid biogeocenoses of Azerbaijan]. In: Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta, 2013 (4), issue 20, pp. 52–56. (In Russian).

Sultanova, N.A. Agroekologicheskaya otsenka pochv pod ovoshchnymi kulturami Kuba-Khachmasskoy zony Azerbaydzhana [Agroecological assessment of soils under vegetable cultures of the Kuba-Khachmas zone of Azerbaijan]. In: Rol pochv v biosfere i zhizni cheloveka: Mezhdunarodnaya nauchnaya konferentsiya k 100-letiyu so dnya rozhdeniya akademika G.V. Dobrovolskogo [Role of soil in biosphere and human life: Proceedings of International Scientific Conference Commemorating the 100th anniversary of Academician G.V. Dobrovolsky]. Moscow, 2015, pp. 356–358. (In Russian).

Shikhlin'skiy, E.M. Klimat Azerbaydzhana [Climate of Azerbaijan]. Baku: Izdatel'stvo AN ASSR, 1966. 340 p. (In Russian).

Yusifova, M.M. Agroekologicheskaya otsenka pochv pod vinogradnikami Severnoy Lenkorani Azerbaydzhana [Agroecological assessment of soils under vineyards of Northern Lenkoran in Azerbaijan]. In: Rol pochv v biosfere i zhizni cheloveka: Mezhdunarodnaya nauchnaya konferentsiya k 100-letiyu so dnya rozhdeniya akademika G.V. Dobrovolskogo [Role of soil in biosphere and human life: Proceedings of International Scientific Conference Commemorating the 100th anniversary of Academician G.V. Dobrovolsky]. Moscow, 2015, pp. 140–141. (In Russian).

Y.K. Manafova
Baku, Azerbaijan

SOME DIAGNOSTIC PARAMETERS OF TYPICAL SOILSON NORTH-EASTERN SLOPE OF THE GREAT CAUCASUS IN AZERBAIJAN

Abstract. The article describes the physical-geographical position, geomorphological, geological, climate and hydrological conditions of the North-Eastern slope of the Great Caucasus. The morphogenetic picture of the typical mountain-forest brown, residual calcareous mountain-forest brown, and mountain grey-brown soil profiles is given. The morphogenetic description of the soil resource horizons in the soil profile was performed according to the WRB system. The modern state of agricultural land was comparatively analyzed by examining principal diagnostic indices. The study was confined to Gusar District of the Republic of Azerbaijan. The geographical coordinates of each soil section were determined. The soil formation conditions were characterized depending on vegetation cover, soil forming rock, slope exposition, and hypsometric level. The soils have been comparatively assessed by humus quality (main indicator of soil fertility), total nitrogen content, pH, calcareous quantity, granulometric composition, and base exchange capacity.

Key words: humus; granulometric composition; calcareous quantity; base exchange capacity.

About the author: Yeqana Kamil gyzy Manafova, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Leading Researcher.

Place of employment: Institute of Soil Science and Agrochemistry, Azerbaijan National Academy of Sciences.

Манафова Е.К. Почвы как основа агроценозов северо-восточного склона большого кавказа азербайджана // Вестник Нижнеартовского государственного университета. 2019. № 2. С. 126–136.

Manafova Y.K. Some diagnostic parameters of typical soilson north-eastern slope of the great caucasus in azerbaijan // Bulletin of Nizhnevartovsk State University. 2019. No. 2. P. 126–136.
